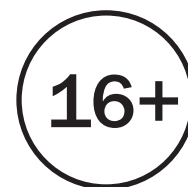


ISSN 2227-7005



АПК России

Научный журнал

Представлены результаты научных исследований, экспериментальных, теоретических и методических разработок в различных областях сельскохозяйственной науки и практики, выполненных в разных природно-экономических зонах

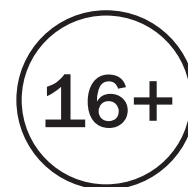
Основан в 1993 году

Том 24
№ 2

Челябинск
2017



ISSN 2227-7005



Agro-Industrial Complex of Russia

Scientific Journal

presents the results of scientific research, experimental, theoretical
and methodological developments in various fields of agricultural science
and practice realized in different natural and economic zones

Published since 1993

Volume 24
Issue 2

Chelyabinsk
2017



АПК России**Agro-Industrial Complex of Russia**

Журнал включен в систему
Российского индекса научного цитирования
(РИНЦ): <http://www.elibrary.ru>
Свидетельство о регистрации СМИ ПИ
№ ФС77-61323 от 10.04.2015 г.

The journal is included in the Russian Science
Citation Index: <http://www.elibrary.ru>
Certificate of registration SMI PI
№ FS77-61323 of 10.04.2015.

Главный редактор

докт. с.-х. наук В. Г. Литовченко

Editor-in-Chief

V. G. Litovchenko, Dr. Sci. (Agriculture)

Экономические науки

В. Ф. Балабайкин, д. э. н.;
Е. А. Захарова, д. э. н.;
А. А. Копченко, д. э. н.;
А. С. Кучеров, к. э. н.
А. Н. Сёмин, чл.-корр. РАН, д. э. н.

Economic Sciences

V. F. Balabaykin, Dr. Sci. (Economics);
E. A. Zaharova, Dr. Sci. (Economics);
A. A. Kopchenov, Dr. Sci. (Economics);
A. S. Kuchеров, Dr. Sci. (Economics)
A. N. Syomin, Academician of Russian Academy
of Sciences, Dr. Sci. (Economics);

Ветеринарные науки

А. Н. Безин, д. вет. н.;
М. А. Дерхо, д. б. н.;
В. И. Косилов, д. с.-х. н.
А. И. Кузнецов, д. б. н.;
А. А. Овчинников, д. с.-х. н.

Veterinary Sciences

A. N. Bezin, Dr. Sci. (Veterinary);
M. A. Derkho, Dr. Sci. (Biology);
V. I. Kosilov, Dr. Sci. (Agriculture)
A. I. Kuznetsov, Dr. Sci. (Biology);
A. A. Ovchinnikov, Dr. Sci. (Agriculture)

**Сельскохозяйственные науки
(растениеводство и агрономия)**

А. Э. Панфилов, д. с.-х. н.;
И. В. Синявский, д. б. н.

**Agricultural Sciences
(crop and plant production, agronomy)**

A. E. Panfilov, Dr. Sci. (Agriculture);
I. V. Sinyavsky, Dr. Sci. (Biology)

Технические науки

Е. И. Бердов, к. т. н.;
А. Г. Возмилов, д. т. н.;
А. М. Плаксин, д. т. н.;
П. Г. Свечников, д. т. н.

Technical Sciences

E. I. Berdov, Dr. Sci. (Engineering);
A. G. Vozmilov, Dr. Sci. (Engineering);
A. M. Plaksin, Dr. Sci. (Engineering);
P. G. Svechnikov, Dr. Sci. (Engineering)

Члены международной редколлегии

К. А. Алымбеков, д. т. н. – Киргизский экономический университет им. Рыскулбекова (г. Бишкек, Киргизия);
Пьер Ги, почетный профессор, член административного Совета Высшей с.-х. школы в г. Анже (ESA), президент, генеральный директор ООО «Анжу Мэн Серааль» (г. Анже, Франция);
Н. Д. Менков, д. т. н. – Университет пищевых технологий (г. Пловдив, Болгария);
Х. Мэннен, докт. аграрных наук, 1-й Председатель Союза LOGO e. V. г-н (Германия);
Н. В. Костюченков, д. т. н., АО «Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина» (г. Астана, Казахстан)

International Editorial Board

K. A. Alymbekov, Dr. Sci. (Engineering) – Kyrgyz Economic University n.a. M. Ryskulbekov (Bishkek, Kyrgyzstan);
Pierre Guy, Honoured Professor, the member of Administration Board of High Agricultural School (Angers, France);
N. D. Menkov, Dr. Sci. (Engineering) – University of Food Technologies (Plovdiv, Bulgaria);
X. Mennen, Dr. Sci. (Agriculture), 1st Chairman of LOGO e.V (Germany);
N. V. Kostyuchenkov, Dr. Sci. (Engineering), S. Seifullin Kazakh Agro Technical University (Astana, Kazakhstan)

Включен в международную БД AGRIS

Рекомендован ВАК: http://vak.ed.gov.ru/documents/10179/0/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D1%8C%20%D0%B6%D1%83%D1%80%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B2_%D0%9C%D0%91%D0%94_16.01.2017.pdf/01eea0b7-91f5-4673-a713-ee6164961183

Учредитель:

ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».
South-Ural State Agrarian University.

СОДЕРЖАНИЕ

РУБРИКА

«СЕГЕТАЛЬНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И МЕТОДЫ ЕЕ КОНТРОЛЯ В ПОСЕВАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР»

Доронина О. М.

Влияние степени засоренности
на продуктивность яровой пшеницы,
кукурузы и подсолнечника.....289

**Панфилов А. Э., Цымбаленко И. Н.,
Казакова Н. И., Сaitов С. Б.**

Взаимодействие гербицидов кросс-спектра
и междурядных обработок
в комбинированных схемах контроля
засоренности кукурузы.....295

**Спиридонов Ю. Я., Будынков Н. И.,
Автаев Р. А., Стрижков Н. И.,
Суминова Н. Б., Даулетов М. А.**

Применение препарата Гермес
при возделывании подсолнечника.....303

**Спиридонов Ю. Я., Будынков Н. И.,
Автаев Р. А., Стрижков Н. И.,
Суминова Н. Б., Критская Е. Е.**

Возделывание льна с применением
Секатора турбо, Фуроре супер, Баритона
и других препаратов в условиях Поволжья...308

Филиппов А. С., Немченко В. В.

Оптимизация фитосанитарного состояния
посевов зерновых культур с помощью
разноплановых гербицидов в современном
земледелии.....314

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

**Горбунов А. К., Васильев А. А.,
Мушинский А. А.**

Урожайность и качество клубней картофеля
в зависимости от срока и глубины посадки...322

Максимов Р. А.

Новый алгоритм отбора
хозяйственно-ценных генотипов ячменя...329

**Постников П. А., Васина О. В.,
Попова В. В.**

Минимализация обработки почвы
в зернотравяном севообороте.....333

Старовойтов В. И., Манохина А. А.

Текстура и структура клубней топинамбура...338

**Старовойтов В. И., Старовойтова О. А.,
Манохина А. А.**

Полевые исследования коллекции
сортообразцов топинамбура на дерново-
подзолистой супесчаной почве ЦФО.....344

CONTENT

THE HEADING

«SEGETAL VEGETATION AND METHODS OF ITS CONTROL IN AGRICULTURAL CROPS SOWING»

Doronina O. M.

The effect of weed infestation degree
on spring wheat, maize and sunflower
productivity.....289

**Panfilov A. E., Tsymbalenko I. N.,
Kazakova N. I., Saitov S. B.**

Interaction of cross-spectrum herbicide
and inter-row treatments in combined
schemes for controlling corn weed
infestation.....295

**Spiridonov Yu. Ya., Budynkov N. I.,
Avtayev R. A., Strizhkov N. I.,
Suminova N. B., Dauletov M. A.**

Hermes herbicide application in sunflower
cultivation.....303

**Spiridonov Yu. Ya., Budynkov N. I.,
Avtayev R. A., Strizhkov N. I.,
Suminova N. B., Kritskaya E. E.**

Flax cultivation with the Sekator Turbo,
Furore Super, Bariton and other herbicides
application in the Volga region conditions.....308

Filippov A. S., Nemchenko V. V.

Optimization of phytosanitary condition
of grain crops fields using different
herbicides in modern agriculture.....314

AGRONOMICAL SCIENCES

**Gorbunov A. K., Vasiliev A. A.,
Mushinskiy A. A.**

Yield and quality of potatoes tubers
depending on the time and depth of planting...322

Maksimov R. A.

A new algorithm for selecting
economically valuable barley genotypes.....329

**Postnikov P. A., Vasina O. V.,
Popova V. V.**

Minimization of soil cultivation
in grain-grass rotation.....333

Starovoytov V. I., Manokhina A. A.

Texture and structure of Jerusalem
artichoke tubers.....338

**Starovoytov V. I., Starovoytova O. A.,
Manokhina A. A.**

Field studies of Jerusalem artichoke variety
samples collection on sod-podzolic
sandy-loam soil of the Central Federal District...344

Субботин И. А., Порсев И. Н., Ильяшенко Ю. А.	
Элементы фитосанитарной технологии возделывания технической конопли в условиях Курганской области.....	352
Якобчук Л. И., Еремина Д. В., Еремин М. Д.	
Создание искусственного почвогрунта с использованием оптимизационной модели плодородия черноземных почв.....	360

ВЕТЕРИНАРНЫЕ НАУКИ

Дерхо М. А., Середа Т. И.	
Влияние микроклимата на сохранность и обмен веществ у ремонтного молодняка кур.....	366
Косилов В. И., Никонова Е. А., Вильвер Д. С.	
Потребление питательных веществ и энергии рациона с кормовой добавкой Ветоспорин-Актив бычками-кастратами симментальской породы.....	371
Кузнецов А. И.	
Влияние стрессовой чувствительности свиней, выращенных в разных условиях технологии, на потребительские и технологические свойства шпика.....	379
Левицкая Т. Т., Фомина Н. В.	
Характеристика роста и показателей естественной резистентности у чистопородного и помесного молодняка герефордской породы.....	385
Литовченко В. Г., Жаймышева С. С., Косилов В. И., Вильвер Д. С., Нуржанов Б. С.	
Влияние пробиотической кормовой добавки Биодарин на рост и развитие телок симментальской породы.....	391

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Бондарь В. Н.	
Оценка пусковых характеристик дизелей размерности 13/14 с индивидуальными головками цилиндров.....	397
Гриценко А. В., Куков С. С., Балясников А. С., Шепелёв В. Д., Шепелёва Е. В.	
Диагностирование систем двигателя по параметрам давления.....	402

Subbotin I. A., Porsev I. N., Ilyashenko Yu. A.	
The elements of phytosanitary technology of technical hemp cultivation in the Kurgan region.....	352
Yakobyuk L. I., Eremin M. D., Eremina D. V.	
The development of an artificial soil using an optimization model of black soil fertility.....	360

VETERINARY SCIENCES

Derkho M. A., Sereda T. I.	
The influence of microclimate on safety and metabolism in replacement chickens.....	366
Kosilov V. I., Nikonova E. A., Vilver D. S.	
Diet nutrients and energy consumption with fodder additive Vetosporin-Active by Simmental steer bull-calves.....	371
Kuznetsov A. I.	
The effect of stress sensitivity of pigs grown under different conditions of technology on the consumer and technological properties of salted pork fat.....	379
Levitskaya T. T., Fomina N. V.	
The characteristics of growth and natural resistance indices in purebred and cross-breeding young animals of Hereford breed.....	385
Litovchenko V. G., Zhaymysheva S. S., Kosilov V. I., Vilver D. S., Nurzhhanov B. S.	
Probiotic fodder additive Biodarin effect on the growth and development of Simmental heifers.....	391

TECHNICAL SCIENCE

Bondar' V. N.	
The evaluation of starting characteristics of diesel engines by 13/14 dimension with individual cylinder heads.....	397
Gritsenko A. V., Kukov S. S., Balyasnikov A. S., Shepelev V. D., Shepeleva E. V.	
Diagnosing engine systems according to pressure parameters.....	402

Игнатьев А. Г., Смагин Н. К., Широков А. С.	
Исследование напряженного состояния восстановленных зубьев шлицевых валов...	411
Ильин Ю. П., Белов А. В., Стабулит И. С., Кузьмина Н. Ю., Рудных Н. В.	
Определение характеристик стационарного случайного процесса в реакторе биогазовой установки по одной реализации.....	418
Козлов А. Н., Барпыбаев Б. Ш., Нурдан У. Н.	
Анализ числовых характеристик бинормального распределения перемещений сосковой резины доильных аппаратов.....	426
Пятаев М. В.	
Результаты теоретического исследования процесса распределения посевного материала вертикальным распределителем при работе агрегата на склонах.....	431
Федоренко И. Я., Садов В. В.	
Структурная сложность технологической системы комбикормового цеха.....	437

ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Захаров И. В., Чаплинский В. В., Столбовая Е. И.	
Результаты оценки безопасности и функциональности сухого биопродукта «Наринар» и его практическое применение...	443
Московенко Н. В., Тихонов С. Л., Тихонова Н. В.	
Разработка и оценка качества подварки из микроклонированной земляники садовой, обогащенной микронутриентами.....	450
Тимакова Р. Т., Романова А. С., Тихонов С. Л., Тихонова Н. В.	
Исследование охлажденной рыбы, обработанной ионизирующим излучением...	456
Тохириен Б., Челнаков А. А., Позняковский В. М.	
Разработка и определение регламентируемых показателей качества специализированного продукта – БАД «Энергия».....	461
Шамова М. М., Австриевских А. Н., Позняковский В. М.	
Определение показателей качества и эффективности новой рецептурной формулы БАД с направленными функциональными свойствами.....	467

Ignatiev A. G., Smagin N. K., Shirokov A. S.	
The investigation of stressed state of the restored teeth in splined shafts.....	411
Il'in Yu. P., Belov A. V., Stabulit I. S., Kuz'mina N. Yu., Rudnykh N. V.	
Determination of the characteristics of a stationary random process in the reactor of a biogas unit using one implementation.....	418
Kozlov A. N., Barpybaev B. Sh., Nurdan U. N.	
Numerical characteristics analysis of binormal distribution of teat cup liner movements in milking machines.....	426
Pyataev M. V.	
The theoretical study results of seed grains distribution process by vertical distributor when machine is operating on slopes.....	431
Fedorenko I. Ya., Sadov V. V.	
The structural complexity of technological system of a compound feed mill.....	437

STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

Zakharov I. V., Chaplinskiy V. V., Stolbovaya E. I.	
Evaluation results of safety and functionality of dry bioproduct "Narinar" and its practical application.....	443
Moskovenko N. V., Tikhonov S. L., Tikhonova N. V.	
Development and quality evaluation of jelly from microcloned strawberry enriched with micronutrients.....	450
Timakova R. T., Romanova A. S., Tikhonov S. L., Tikhonova N. V.	
The examination of chilled fish treated with ionizing radiation.....	456
Tokhirien B., Chelnakov A. A., Poznyakovskiy V. M.	
Development and definition of regulatory quality indicators of specialized product BAA "Energiya".....	461
Shamova M. M., Avstrievskikh A. N., Poznyakovskiy V. M.	
Defining quality and effectiveness indicators of a new formula for BAA with directed functional properties.....	467

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Балабайкин В. Ф., Барышников С. А., Иванов С. А., Елкин К. В.	
Разработка индикативных планов конкурентоспособности сельскохозяйственных предприятий.....	472
Видякин А. В.	
Опыт работы сельскохозяйственного потребительского кооператива «Согласие» Промышленновского района Кемеровской области.....	479

ECONOMIC SCIENCES

Balabaykin V. F., Baryshnikov S. A., Ivanov S. A., Elkin K. V.	
Development of indicative plans for the competitiveness of agricultural enterprises.....	472
Vidyakin A. V.	
Work experience of agricultural consumer cooperative «Soglasie» in the Promyshlennovskiy District of the Kemerovo Region.....	479

РУБРИКА «ВЕКТОР МОЛОДЕЖНОЙ НАУКИ»

Ватолина Е. В., Гриценко А. В.	
Статический способ снятия скоростных характеристик двигателя.....	486
Кузнецов Д. С.	
Исследование эффективности ветроэлектрических станций.....	493
Панферов С. Ю.	
К вопросу измерения влажности тонких слоев материала при помощи отражательного СВЧ-метода.....	498
Попов В. М., Афонкина В. А., Баранова А. И.	
Теоретическое обоснование конструктивных параметров инфракрасной установки для сушки семян овощных культур с целью энергосбережения.....	503
Телюбаев Ж. Б.	
Повышение качества переработки отходов животноводства для получения удобрения...	508

THE HEADING «VECTOR OF YOUTH SCIENCE»

Vatolina E. V., Gritsenko A. V.	
Static method for monitoring the engine speed characteristics.....	486
Kuznetsov D. S.	
The investigation of wind power stations efficiency.....	493
Panferov S. Yu.	
On the question of measuring moisture content in material thin layers using a reflective super-high frequency method.....	498
Popov V. M., Afonkina V. A., Baranova A. I.	
Theoretical justification of infrared equipment design parameters for vegetable seeds drying to save energy.....	503
Telubayev Zh. B.	
Improving the quality of livestock wastes processing for fertilizer production...	508

УДК 633.1: 631.51: 632.954

**ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ЗАСОРЕННОСТИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ
ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ, КУКУРУЗЫ И ПОДСОЛНЕЧНИКА**

О. М. Доронина

Дан анализ результатов полевых исследований, проведенных в 2009–2016 годах в северной лесостепи Челябинской области (Институт агроэкологии Южно-Уральского ГАУ) и имеющих целью изучить влияние степени засоренности на урожайность яровой пшеницы, кукурузы и подсолнечника. В ходе исследований выявлено, что посевы основных полевых культур в Челябинской области при типичной технологии возделывания засорены в средней и сильной степени. Это связано с высокой потенциальной засоренностью почвы семенами малолетних сорняков и вегетативными зачатками размножения многолетних, а также с коротким периодом вегетации растений, не позволяющим применять эффективные приемы контроля засоренности в допосевной и послеуборочный периоды. Снижение урожайности под влиянием сорняков происходит за счет всех основных элементов структуры урожая. Поскольку связанные с засоренностью компоненты урожайности формируются на разных стадиях развития культур, это свидетельствует о длительном отрицательном влиянии сорняков на культурные растения. На основании корреляционно-регрессионного анализа установлено, что наиболее чувствительной к сорнякам культурой является кукуруза, урожайность зерна которой снижается в среднем на 1,4 т/га при увеличении биомассы сорняков на 1 грамм на площади 1 квадратный метр. Несколько менее чувствительна к засоренности при сомкнутом стеблестое яровая пшеница, снижающая урожайность на 0,73 кг на каждый дополнительный грамм сорной биомассы. Наиболее конкурентоспособен по отношению к сорнякам подсолнечник вследствие высокой облиственности и раннего смыкания рядков, однако и для данной культуры вредоносность сорных растений достаточно высока (0,45 кг/г).

Ключевые слова: яровая пшеница, кукуруза, подсолнечник, засоренность, урожайность.

Одним из серьезных препятствий для роста урожайности сельскохозяйственных культур является высокая засоренность посевов. Сорняки не только снижают величину и качество зерна, но и способствуют распространению вредителей и болезней, влияют на баланс элементов питания, физические и биологические свойства почвы, водно-воздушный, тепловой и световой режимы агрофитоценоза [1, 2, 3, 4]. В Челябинской области с 1994 по 1997 года было засорено в сильной и средней степени 72 % посевов, с 1998 по 2000 год – 81 %, в настоящее время – 88–90 %. Ежегодно при средней степени засоренности урожайность снижается на 10–15 %,

при сильной – на 25–40 %. Если не проводит борьбу с сорной растительностью, потери урожая могут достигать до 45–60 %.

Кукуруза – одна из наиболее широко распространенных сельскохозяйственных культур в мировом земледелии. В настоящее время по посевным площадям она занимает второе место в мире после пшеницы, а по урожайности значительно ее превосходит. Ежегодный валовой сбор зерна кукурузы близок к валовому сбору зерна пшеницы. На рост и развитие кукурузы, формирования структуры травостоя и продуктивность влияет степень засоренности посевов. Нетребовательность к условиям произрастания,

пластичность и быстрота размножения сорных растений обуславливают огромную их вредоносность для кукурузы. Замедляя развитие кукурузы, сорные растения приводят к повышению уборочной влажности зерна [5]. На слабо засоренных полях хозяйства не добывают 5–10% урожая, средне засоренных 15–20%, а на сильно засоренных урожай снижается в 1,5–2 раза и более [6, 7, 8]. Засоренность кукурузы резко повышается при ранних сроках посева, необходимость в которых обусловлена требованиями к качеству силоса и уборочной влажности зерна [9].

Кукуруза более чувствительна к сорной растительности в фазу восьмого-девятого листа, что приводит к резкому снижению урожая. В течение 20–30 суток посевы кукурузы должны быть чистыми. В более поздние фазы развития кукурузы сорняки не причиняют особого вреда [5, 10].

Подсолнечник как интенсивная культура также довольно чувствителен к засоренности [11, 12]. Чувствительность этой культуры к сорнякам резко возрастает при минимизации обработки почвы [13, 14, 15].

Основным источником засорения полей является несоблюдение организационно-хозяйственных мероприятий (нарушение севооборотов, сроков обработки почвы, посева, ухода за посевами, посев некондиционными семенами и поступление семян за счет органических удобрений, несвоевременная уборка урожая, которая приводит к осыпанию семян сорняков до 54%). Чистых посевов в Челябинской области практически нет, степень засорения большей части полей средняя и сильная.

Засоренность посевов зависит от выпадающих осадков, температуры воздуха в период вегетации. Так, при теплой и влажной погоде к моменту уборки количество сорняков увеличивается в 3–5 раз, чем в засушливый период. Количество и видовой состав сорняков могут меняться из года в год [4, 6, 7, 8]. Успех борьбы с сорными растениями зависит от комплексного использования организационно-хозяйственных мероприятий, агротехнических и химических методов борьбы с учетом видового состава и уровня засоренности полей.

Цель исследований – изучить влияние степени засоренности на урожайность яровой пшеницы, кукурузы и подсолнечника, а также на видовой состав сорняков.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились на опытном поле Института агроэкологии на черноземе

выщелоченном среднемощном среднегумусном среднесуглинистом при возделывании яровой пшеницы (2009–2013 годы), кукурузы (2013 год) и подсолнечника (2016 годы).

Полевые опыты закладывались в соответствии с методикой опытного дела по Б.А. Доспехову и В.Ф. Моисейченко в трехкратной повторности, способ размещения вариантов рендомизированный, учетная делянка для кукурузы и подсолнечника 14 м², для яровой пшеницы 2 м² в четырехкратной повторности. Засоренность различной степени формировалась искусственно при помощи прополки. Для формирования необходимой степени засоренности посевов яровой пшеницы и при ее учете пользовались градацией А.И. Мальцева: чистые посевы – 0 шт./м²; слабая засоренность – 15 шт./м²; средняя засоренность – 16–50 шт./м²; сильная засоренность – более 51–100 шт./м²; малолетних и многолетних сорняков также пользовались методикой А.И. Мальцева.

Погодные условия в 2009, 2010 и 2012 годах были неблагоприятными для возделывания яровой пшеницы, наиболее засушливым был год 2010, ГТК составил 0,4, в 2009 и 2012 годы ГТК – 0,8. В 2011 году за вегетационный период выпало 366,9 мм осадков, ГТК – 2,0, в 2013 году – 237 мм, ГТК – 1,1.

Результаты исследований

Учет засоренности проводили во время всходов, фазу выхода в трубку и при уборке. Наиболее распространенными сорняками в посевах яровой пшеницы, кукурузы и подсолнечника являлись: паслен черный, просо сорнополевое, щирица запрокинутая, ежовник обыкновенный, пикульник зябра, бодяк полевой, конопля сорная, горец вьюнковый, овсюг обыкновенный и горец шероховатый.

На чистых посевах в гербакритический период посевы были чистыми, сорняки появились позднее в фазу цветения. Поэтому на чистых посевах находится незначительное количество сорняков, высота сорняков в этот период 15–17 см. Наибольшее количество многолетних сорняков наблюдалось на средnezасоренных и сильнозасоренных посевах (табл. 1).

За годы исследований на чистых посевах урожайность составила 3,5 т/га, что выше контроля на 1,46 т/га, а в сравнении с сильно засоренными посевами – на 2,45 т/га. На урожайность яровой пшеницы влияли погодные условия лет (табл. 2).



Между засоренностью и урожайностью существует корреляционная зависимость ($r = -0,99$). При доле сорняков – 35,2 % от общей биомассы на средnezасоренных посевах урожайность яровой пшеницы составила 2,04 т/га, а на слабоzасоренных посевах при доле сорняков 10,2 % урожайность составила 2,04 т/га.

Посевы кукурузы размещались после картофеля. Для исследований использовали гибрид Обский 140 СВ. 2013 год был благоприятный для возделывания кукурузы, за вегетационный период выпало 237 мм осадков, ГТК – 1,1. Наибольшее количество осадков выпало в июле и августе 78–98 мм, температурный режим был выше нормы, это положительно сказалось на урожайности зерна и зеленой массы.

Уход за посевами кукурузы заключался в механических обработках, гербициды не применяли. За вегетацию провели две междурядных

обработки, с интервалом 14–15 дней. Степень засоренности поддерживалась искусственно.

Учет засоренности проводили в фазу цветения початка, учитывали как видовой, так и количественный состав сорняков, определяли их массу. При доли сорняков 9,6 % урожайность зеленой массы кукурузы снижается.

Наименьшая урожайность зеленой массы кукурузы наблюдается на сильно засоренных посевах, что ниже контроля и чистых посевов на 5,41–19,53 т/га. Наибольшая доля сорняков наблюдается на сильно засоренных участках 74,5 %, что выше контроля на 27,3 % (табл. 3).

Урожайность зерна кукурузы зависит от густоты стеблестоя, массы 1000 зерен, количества початков (табл. 4). Максимальная урожайность наблюдается на чистых посевах, что выше контроля на 3,76 т/га, на сильно засоренных посевах – 2,07 т/га.

Таблица 1 – Доля сорняков в посевах яровой пшеницы в зависимости от степени засоренности (Институт агроэкологии, 2009–2013 гг.)

Степень засоренности	Сухая биомасса сорняков, г/м ²	Доля групп, %		
		многолетних двудольных	малолетних	
			двудольных	однолетьных
Чистые посевы	10,5	–	36,8	63,2
Слабая засоренность	50,9	7,7	31,9	60,4
Средняя засоренность	171,9	13,9	36,9	49,2
Сильная засоренность	330,1	16,0	34,9	49,1

Таблица 2 – Влияние степени засоренности на урожайность яровой пшеницы, т/га (Институт агроэкологии, 2009–2013 гг.)

Степень засоренности	Годы исследований					В среднем за 2009–2013
	2009	2010	2011	2012	2013	
Чистые посевы	4,45	3,00	4,17	2,88	3,01	3,50
Слабая засоренность	3,65	2,31	3,62	2,52	2,21	2,86
Средняя засоренность	2,37	1,62	2,85	1,64	1,73	2,04
Сильная засоренность	1,04	0,64	1,05	1,13	1,38	1,05
НСР ₀₅	0,14	0,04	0,08	0,07	0,09	–

Таблица 3 – Засоренность и урожайность кукурузы при уборке на корм, % (Институт агроэкологии, 2013 г.)

Варианты	Сорняки (масса), кг/м ²	Доля сорняков в общей зеленой массе, %	Урожайность зеленой массы, т/га	Урожайность сухой массы, т/га
Чистые посевы	0,189	3,3	56,60	21,56
Слабая засоренность	0,450	9,6	47,05	19,14
Средняя засоренность	2,006	47,2	42,48	17,20
Сильная засоренность	2,764	74,5	37,07	14,75
НСР ₀₅	–	–	6,76	2,23

Одновременно с урожайностью по мере очищения посевов от сорняков наблюдается рост всех основных элементов структуры урожая. Поскольку все перечисленные компоненты урожайности формируются на разных стадиях развития кукурузы, можно говорить о длительном отрицательном влиянии сорняков на культурные растения, продолжающемся как минимум до фазы налива зерна.

Исследования по степени засоренности подсолнечника проводились в 2016 году. Год характеризовался как засушливый, за период вегетации выпало 107,6 мм осадков. Сумма активных температур составила 2158,6 °С.

Учет засоренности проводили в фазу всходов, 3–4 листа подсолнечника и фазу цветения. Учитывали как видовой, так и количественный состав сорняков, определяли их массу.

Таблица 4 – Влияние степени засоренности на элементы структуры урожая и продуктивности гибрида кукурузы Обский 140 СВ (Институт агроэкологии, 2013 г.)

Варианты	Количество початков на 100 растений	Число зерен в початке	Масса 1000 зерен, г	Выход зерна при обмолоте, %	Урожайность зерна, т/га
Чистые посевы	183,0	532,0	252,9	79,4	7,88
Средняя засоренность	125,1	443,0	228,0	72,9	4,12
Слабая засоренность	154,6	485,0	230,3	76,3	5,21
Сильная засоренность	105,3	372,0	204,0	58,6	2,05
НСР ₀₅	50,9	150,6	33,9	11,2	0,17

Таблица 5 – Влияние степени засоренности на элементы структуры урожая и продуктивность гибрида подсолнечника Санай (Институт агроэкологии, 2016 г.)

Варианты	Количество рядов в корзинке, шт.	Число зерен в ряду, шт.	Масса 1000 семян, г	Урожайность, т/га	Сорняки		Доля сорняков в общей массе, %
					масса, кг/м ²	количество, шт./м ²	
Чистые посевы	54,8	22,1	49,6	1,80	0,215	11	4,7
Слабая засоренность	53,1	19,0	38,5	1,12	0,553	26	13,5
Средняя засоренность	48,0	18,3	34,1	0,83	1,409	58	40,8
Сильная засоренность	44,8	17,1	30,9	0,67	2,279	107	84,4
НСР ₀₅	2,08	1,92	1,73	0,03	0,02	5,89	0,38

Таблица 6 – Влияние степени засоренности на морфологические признаки растений и урожайность зеленой массы подсолнечника

Варианты	Высота стебля, м	Длина листа, см	Ширина листа, см	Масса одного растения, кг	Урожайность зеленой массы, т/га
Средняя засоренность (контроль)	1,56	12,8	12,2	1,25	34,5
Чистые посевы	1,68	19,9	16,3	1,70	45,3
Слабая засоренность	1,57	17,0	14,7	1,65	40,8
Сильная засоренность	1,49	12,3	10,6	1,19	27,0
НСР ₀₅	0,07	1,10	1,01	0,05	1,42

Таблица 7 – Параметры связи засоренности и урожайности яровой пшеницы, кукурузы и подсолнечника

Культура	Коэффициент регрессии, кг/г	Коэффициент корреляции
Пшеница	–0,73	–0,99
Кукуруза	–1,44	–0,73
Подсолнечник	–0,45	–0,88



Урожайность семян подсолнечника и ее структура находятся в прямой зависимости от засоренности посевов (табл. 5). Минимальная урожайность отмечена на сильно засоренных посевах – 0,67 т/га, в то время как на чистых посевах она достигает 1,80 т/га.

Засушливые условия отрицательно сказались на высоте стебля, ширине и длине листа, за исключением чистых посевов. Масса одного растения определялась совместно с корзинкой, наименьшая масса растений наблюдается на сильно засоренных посевах.

Проведенные исследования позволили дать количественную оценку вредоносности сорняков для изучаемых культур (табл. 7).

На основании корреляционно-регрессионного анализа установлено, что наиболее чувствительной к сорнякам культурой является кукуруза, урожайность зерна которой снижается в среднем на 1,4 т/га при увеличении биомассы сорняков на 1 грамм на площади 1 квадратный метр. Несколько менее чувствительна к засоренности при сомкнутом стеблестое яровая пшеница, снижающая урожайность на 0,73 кг на каждый дополнительный грамм сорной биомассы. Наиболее конкурентоспособен по отношению к сорнякам подсолнечник вследствие высокой облиственности и раннего смыкания рядков, однако и для данной культуры вредоносность сорных растений достаточно высока (0,45 кг/г).

Выводы

1. Посевы основных полевых культур в Челябинской области при типичной технологии возделывания засорены в средней и сильной степени. Это связано с высокой потенциальной засоренностью почвы семенами малолетних сорняков и вегетативными зачатками размножения многолетних, а также с коротким периодом вегетации растений, не позволяющим применять эффективные приемы контроля засоренности в допосевной и послеуборочный периоды.

2. Снижение урожайности под влиянием сорняков происходит за счет всех основных элементов структуры урожая. Поскольку связанные с засоренностью компоненты урожайности формируются на разных стадиях развития культур, это свидетельствует о длительном отрицательном влиянии сорняков на культурные растения.

3. На основании корреляционно-регрессионного анализа установлено, что наиболее чувствительной к сорнякам культурой является кукуруза, несколько менее чувствительна к за-

соренности яровая пшеница, а наиболее конкурентоспособен по отношению к сорнякам подсолнечник вследствие высокой облиственности и раннего смыкания рядков.

Список литературы

1. Гатаулина Г. Г., Долгодворов В. Е., Обьедков М. Г. Технология производства продукции растениеводства / под ред. проф. Г. Г. Гатаулиной. М. : КолосС, 2007. 528 с.
2. Гаврилова В. А., Анисимова И. Н. Подсолнечник. СПб., 2003.
3. Таскаева А. Г., Доронина О. М., Коновалов А. Е. Борьба с сорняками в трехпольных севооборотах с использованием агротехнического и химического методов // Проблемы аграрного сектора Южного Урала и пути их решения : сб. науч. тр. Челябинск : ЧГАУ, 2002. Вып. 3. С. 82–85.
4. Красножон С. М. Влияние элементов технологии возделывания на сорный компонент агроценоза яровой пшеницы // АПК России. 2015. Т. 74. С. 134–140.
5. Панфилов А. Э., Иванова Е. С. Предуборочная и послеуборочная динамика влажности зерна кукурузы в связи с десикацией посевов // Кукуруза и сорго. 2007. № 5. С. 10–14.
6. Панфилов А. Э., Синицына О. Б. Оптимизация технологических схем контроля засоренности в посевах кукурузы // Кукуруза и сорго. 2012. № 4. С. 25–28.
7. Мальцев А. И. Сорная растительность СССР и меры борьбы с ней. М. ; Л., 1962. С. 244–260.
8. Панфилов А. Э. Сценарный подход к контролю засоренности кукурузы в лесостепи Зауралья // АПК России. 2014. Т. 70. С. 198–204.
9. Казакова Н. И. Урожайность и влажность зерна при различных сроках посева кукурузы в лесостепи Зауралья // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2011. № 9 (83). С. 8–11, 12.
10. Сайтов С. Б. Эффективность мезотриона в контроле засоренности кукурузы // Сельскохозяйственные науки – агропромышленному комплексу России : матер. междунар. науч.-практ. конференции / под ред. М. Ф. Юдина. Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2017. 158 с.
11. Борьба с сорняками в посевах подсолнечника // Яровые масличные культуры / под общ. ред. В. А. Щербакова. Режим доступа : http://agroden.ru/publ/rasteniievodstvo/borba_s_sornjakami_v_posevakh_podsolnechnika/7-1-0-28.

12. Абдуллаева Я. А., Хаблак С. Г. Влияние гербицидов на засоренность посевов и урожайность подсолнечника // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 2 (26). С. 6–9.

13. Tillage effects on weed communities in an organic winter wheat-sunflower-spelt cropping sequence / F. X. Sans, A. Berner, L. Armengot, P. Mäder// Weed research. Vol. 51. P. 413–421.

14. Похоруков Ю. А. Засоренность посевов подсолнечника в зависимости от основной об-

работки почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2012. № 4. С. 126–129.

15. Влияние основной обработки почвы на засоренность подсолнечника и его продуктивность / А. В. Маковеев [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 112. С. 1402–1423.

Доронина Ольга Михайловна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры агротехнологии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: olga.doronina.1956@mail.ru.

* * *

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕРБИЦИДОВ КРОСС-СПЕКТРА И МЕЖДУРЯДНЫХ ОБРАБОТОК В КОМБИНИРОВАННЫХ СХЕМАХ КОНТРОЛЯ ЗАСОРЕННОСТИ КУКУРУЗЫ

А. Э. Панфилов, И. Н. Цымбаленко, Н. И. Казакова, С. Б. Саитов

В условиях лесостепного Зауралья при выращивании кукурузы наиболее проблематичным является контроль малолетних злаковых сорняков. В типичных случаях технологические схемы контроля сеgetальной растительности должны обеспечивать длительную защиту культурных растений с использованием оптимизированного комплекса химических средств и механических приемов. В представленной работе изложены результаты многолетних полевых исследований, объектами которых являются культурный и сорный компоненты агрофитоценоза кукурузы, а также гербициды кросс-спектра трех групп: почвенные, послевсходовые с преимущественно трансламинарным и комбинированным характером действия, сочетающим трансламинарную активность с пролонгированным почвенным эффектом. Цель исследований – выявление роли гербицидов с различным характером действия и междурядных обработок в комбинированных схемах контроля засоренности кукурузы. В ходе исследований установлено, что оптимальные технологические схемы ухода за посевами кукурузы включают использование гербицидов кросс-спектра, преимущественно послевсходовых, в сочетании с минимальным набором междурядных обработок, кратность которых зависит от типа гербицида и ресурсных возможностей предприятия. При недостатке оборотных средств в весенне-летний период удовлетворительный результат достигается последовательным выполнением трех технологических операций: внесение гербицида, культивация междурядий и окучивание растений для подавления сорняков в защитных зонах. Напротив, дефицит трудовых ресурсов делает предпочтительной технологические схемы, отличающиеся усилением химической и снижением механической нагрузки на почву. Наибольшую производительность в сочетании с максимальной экономической эффективностью обеспечивает применение послевсходовых гербицидов кросс-спектра с экраным действием, на фоне которых механический уход за растениями сводится к одной культивации междурядий, а общее число операций сокращается до двух.

Ключевые слова: кукуруза, сеgetальная растительность, засоренность, гербициды, боронования ухода, междурядные обработки, окучивание, урожайность.

Разнообразие приемов и способов контроля засоренности кукурузы является результатом многовекового развития этой культуры. Современная интенсивная технология располагает комплексом средств, унаследованных от предшествующих систем: ручной (междурядные обработки), конно-ручной и механизированной (боронования посевов) и индустриальной (почвенные и послевсходовые гербициды). Обоснование системы защиты кукурузы от сорняков предполагает решение вопроса о соотношении этих приемов, а в широком смысле – о роли агротехнического и химического методов контроля засоренности.

В условиях Зауралья наиболее проблематичным является контроль малолетних злаковых сорняков. Это связано, во-первых, с обилием семян в почве [1, 2, 3], во-вторых, с растянутыми сроками прорастания разнокачественных семян поздних яровых видов (просо сорное, ежовник обыкновенный, виды щетинника и др.) на фоне медленного прогревания почвы [4]. Ситуация еще больше обостряется на полях, засоренных овсюгом: в этом случае, помимо нескольких волн поздних яровых сорняков, имеется как минимум одна волна ранней засоренности. Следовательно, в типичных случаях технологические схемы контроля сеgetальной

растительности должны обеспечивать длительную защиту культурных растений с использованием оптимизированного комплекса химических средств и механических приемов.

Попытки ограничить борьбу с сорняками в рамках агротехнических мер [5, 6, 7] сталкиваются со следующими трудностями: волновая динамика прорастания сорняков, реверсия засоренности при резком снижении ее плотности [8, 9, 10], слабая конкурентоспособность кукурузы, особенно при сравнительно ранних сроках посева [11], низкая производительность метода при оптимальной глубине и кратности обработки [12].

Возможности химических средств подавления сорняков также ограничены спектром их действия, опосредованностью влияния на сорные растения, например, через почву [13, 14]. Так, на плодородных почвах с высокой емкостью поглощения требуется значительное увеличение норм расхода почвенных препаратов для компенсации сорбции действующих веществ [15]. Резкое снижение эффективности гербицидов этого класса наблюдается на засушливом фоне. В свою очередь, влияние послевсходовых гербицидов, не обладающих пролонгированным эффектом, на малолетние сорняки может быть ограниченным при уже упомянутом многоволновом их прорастании. Кроме того, предельные сроки применения гербицидов в Зауралье ограничены пятым листом кукурузы, что связано с особенностями органогенеза раннеспелых и ультраранних форм [16]. Как результат, послевсходовые препараты не могут рассматриваться как эффективное средство подавления сорняков, появляющихся в посевах на сравнительно поздних стадиях развития кукурузы.

Конструктивное решение проблемы контроля засоренности кукурузы должно опираться на обоснование оптимальных сочетаний различных приемов в зависимости от уровня засоренности, состава и динамики прорастания сорняков, ресурсных возможностей производителя [17, 18]. Это связано со значительной продолжительностью гербакритического периода кукурузы и необходимостью поддержания посевов в свободном от сорняков состоянии практически в течение всего периода вегетации. В результате эффективные технологические схемы защиты кукурузы от сеgetальных растений подразумевают неоднократное применение как химических средств защиты растений, так и механических приемов ухода, заведомо менее производительных и более энергоемких. При

этом следует учитывать, что роль механических приемов не исчерпывается уничтожением сеgetальных растений: отмечается их влагосберегающая функция и положительное влияние на мобилизацию азота почвы [19].

Минимизация механического влияния на почву в этом контексте может достигаться за счет реализации новой модели гербицидов, обладающих одновременно трансламинарным и почвенным (экраным) характером действия. Такими свойствами обладают, например, гербициды класса имидазолинонов, широко применяемых в посевах бобовых культур. Их эффективность в условиях Зауралья и Южного Урала выявлена, в частности, в посевах сои [20]. В посевах кукурузы аналогичный эффект обеспечивает новое действующее вещество класса сульфониламино-карбонил-триазилинонов – тиенкарбазон-метил, которое входит в состав двух комбинированных препаратов компании Байер Кроп Сайенз: Аденго и Майстер Пауэр. Пролонгированное действие этих гербицидов в течение периода вегетации подтверждают трехлетние исследования, проведенные на Северном Кавказе [21, 22]. В этот же период эффективность данных препаратов впервые установлена нами в условиях северной лесостепи Зауралья [23, 24]. Это вызвало необходимость в получении экспериментального материала для обоснования места послевсходовых гербицидов с экраным эффектом в комбинированных схемах защиты кукурузы от сеgetальной растительности.

Цель исследований – выявление роли гербицидов с различным характером действия и междурядных обработок в комбинированных схемах контроля засоренности кукурузы.

Материалы и методы

Исследования проведены в три этапа: в период с 1992-го по 1997 годы – в Курганском НИИСХ, с 2008-го по 2011 и с 2013-го по 2015 годы – на опытном поле Института агроэкологии Южно-Уральского ГАУ. Объекты исследований – культурный и сорный компоненты агрофитоценоза кукурузы, выращиваемой на зерно в лесостепной зоне Челябинской области, а также химические средства и механические приемы контроля сеgetальной растительности. Метод исследований – многофакторный полевой опыт. Метод учета засоренности в опытах – количественно-весовой, урожайности кукурузы – сплошной поделочно-очный. В ходе интерпретации результатов исследований пользовались методом дисперсионного анализа.



Результаты исследований

Исходная засоренность опытных участков на всех трех этапах исследований была типичной для региона. Многолетние двудольные виды (бодяк, вьюнок и осот полевые) составляли от 10 до 15–16% сеgetальной биомассы. Поздние яровые злаковые виды были представлены просом сорным, ежовником обыкновенным и щетинником зеленым, ранние – овсюгом и занимали в сумме от 50 до 75% биомассы. Малолетние двудольные виды в посевах кукурузы представляют маргинальную группу, с их количеством урожайность кукурузы в подавляющем большинстве лет практически не связана. Это обусловлено не только небольшой численностью растений этой группы, но и тем, что сами они являются слабыми конкурентами по отношению к двум первым группам сорняков. Исключение составляет паслен черный, способный формировать значительную биомассу в конце гербакритического периода; в посевах кукурузы он занимал заметную нишу спорадически, при сочетании июньской засухи с обильным увлажнением июля.

Как уже отмечено, исследования включали три этапа, что объективно связано с изменением ассортимента гербицидов кросс-спектра. На первом из них (1992–1997 годы) выбор препаратов для контроля смешанной засоренности ограничивался в основном почвенными гербицидами. На фоне допосевного внесения препарата Харнес оптимальный комплекс приемов ухода за растениями представлен двумя междурядными обработками (вторая – с окучиванием) (табл. 1). При этом максимальная урожайность сухой массы в среднем за шесть лет составила 9,08 т/га. Сокращение числа междурядных обработок до одной на этом же фоне привело к снижению урожайности более чем на одну

тонну с гектара. Напротив, увеличение числа междурядных обработок и боронование посевов во взаимодействии с гербицидом не привели к достоверному росту продуктивности. Более того, проведение трех междурядных обработок привело к некоторому снижению урожайности (до 8,68 т/га), возможно, за счет повреждения корневой системы культуры, неоправданного технологической целесообразностью.

Необходимо отметить, что полный отказ от использования гербицидов потребовал использования значительно более напряженной технологической схемы ухода за посевами, включающей последовательное выполнение трех боронований и трех междурядных обработок. Однако даже при этом максимальная урожайность составила лишь 6,13 т/га – почти на 3 т/га ниже, чем в оптимальном варианте.

Противоположный подход, имеющий в основе только химический контроль засоренности при полном отказе от механических приемов ухода, обеспечил почти такой же уровень урожайности (6,3 т/га). Это связано как с реверсией засоренности, так и с появлением в посевах поздних волн малолетних сеgetальных растений по мере распада гербицида и сорбции его почвенным поглощающим комплексом. Именно в подавлении этих волн заключается роль междурядных обработок на фоне почвенного гербицида. При этом для полного контроля засоренности необходимы как минимум три технологические операции: внесение гербицида, культивация междурядий и окучивание.

Второй этап исследований характеризуется значительным обогащением ассортимента гербицидов кросс-спектра за счет послевсходовых препаратов на основе производных сульфонилмочевины, которые в технологических схемах могут играть роль как базовых, так и страховых.

Таблица 1 – Влияние способов борьбы с сорняками и их взаимодействия на урожайность сухой массы кукурузы (т/га), 1992–1997 годы

Гербицид	Междурядные обработки + окучивания	Боронование до + по всходам		
		0 + 0	1 + 0	1 + 2
Без гербицида	0 + 0	1,32	1,31	2,36
	1 + 0	2,61	3,20	4,31
	1 + 1	4,45	5,05	5,90
	1 + 2	5,24	5,85	6,13
Харнес, 2,5 л/га	0 + 0	6,30	6,26	6,66
	1 + 0	7,93	7,87	8,26
	1 + 1	9,08	9,18	9,09
	1 + 2	8,68	8,47	8,49

В первом случае они выступают альтернативой почвенным препаратам, во втором – используются во взаимодействии с ними для контроля поздних волн сорняков. Одна из задач исследований на данном этапе заключалась в выявлении роли междурядных обработок в обоих из описанных случаев.

Экспериментальные данные подтвердили основной тезис, сформулированный на первом этапе: применение почвенного гербицида Дуал голд, аналогичного по спектру действия Харнесу, обеспечило максимальный урожай (3,85 т/га) лишь во взаимодействии с двумя междурядными обработками, вторая из которых проведена с окучивающими органами (табл. 2). Аналогичная ситуация, но на более высоком уровне продуктивности (5,92 т/га), выявлена при замене почвенного гербицида послеуборочным препаратом Дублон голд. В обоих случаях отказ от междурядных обработок или уменьшение их числа приводили к статистически достоверному снижению урожайности.

Только последовательное внесение почвенного и послеуборочного гербицидов позволило ограничиться одной междурядной обработкой. Максимальная урожайность на фоне этого комплекса составила 6,1 т/га. Это довольно близко к результату, полученному на фоне послеуборочного гербицида и двух междурядных обработок. Таким образом, выбор между двумя технологическими схемами сводится к оценке материальных и трудовых ресурсов сельхозпроизводителя: при дефиците первых предпочтительна классическая схема (один гербицид +

две обработки междурядий), вторых – комплексная схема (два гербицида + одна механическая обработка). Однако и эта схема, в целом менее трудоемкая, предусматривает выполнение не менее трех технологических операций.

К началу третьего этапа исследований ситуация принципиально изменилась в связи с появлением на рынке новой группы гербицидов, отличающихся двойным действием на сорняки: трансламинарным и экраным. Это потребовало проведения дополнительных исследований по оптимизации технологических схем контроля засоренности с применением таких гербицидов, которые были проведены на опытном поле Института агроэкологии в 2013–2015 годы на примере препарата Аденго. В качестве эталонных вариантов использованы схемы защиты растений, выявленные как оптимальные на предыдущих этапах исследований, при этом установлена высокая воспроизводимость ранее полученных результатов.

Как показал учет сегетальной массы, для контрольного фона без гербицидов и междурядной обработки характерна типичная для региона высокая засоренность – 448 г/м² (табл. 3). Междурядные обработки привели к снижению засоренности: с одной культивацией – на 40,8 г/м², вторая (с окучиваем) обеспечила наибольший эффект – на 139,3 г/м². Однако даже на этом фоне остаточная засоренность оставалась высокой – 309 г/м².

Так, наибольшая биологическая эффективность (более 80%) достигается только при двукратном применении гербицидов кросс-

Таблица 2 – Влияние приемов защиты растений на урожайность зерна кукурузы, т/га, 2008–2011 годы

Гербициды (НСП ₀₅ = 0,16 т/га)	Междурядная обработка (НСП ₀₅ = 0,17)		
	0	1	2
Контроль (без гербицида)	1,49	2,26	2,82
Дуал голд до посева, 1,6 л/га	2,39	3,54	3,85
Дублон голд в фазу 3–4 листа, 70 г/га	4,37	5,25	5,92
Дуал голд до посева, 1,6 л/га + Дублон голд в фазу 3–4 листа, 70 г/га	4,84	6,10	6,28

Таблица 3 – Влияние приемов ухода за посевами на сухую биомассу сорняков, г/м², 2013–2015 годы

Гербициды	Междурядная обработка		
	0	1	2
Контроль (без гербицида)	448,4	407,6	309,1
Харнес до посева, 2,5 л/га	188,8	108,2	83,2
Майстер в фазу 3–4 листа, 150 г/га	131,8	92,7	52,8
Харнес до посева, 2,5 л/га + Майстер в фазу 5–6 листа, 150 г/га	73,8	34,4	14,0
Аденго в фазу 2–3 листа, 0,5 л/га	62,0	27,8	13,6



спектра, которые на данном этапе представлены почвенным гербицидом Харнес и послевсходным – Майстер. Их последовательное применение позволило подавить ранние всходы овсяга и поздние волны проса сорного и ежовника обыкновенного.

Раздельное применение Харнеса и Майстера привело к снижению засоренности, соответственно, лишь на 260 и 357 г/м² при биологической эффективности 58 и 70%. Хозяйственно значимая эффективность (не ниже 80%), как и на втором этапе исследований, при использовании этих гербицидов достигалась только во взаимодействии с двумя междурядными обработками.

Благодаря инновационному действующему веществу тиенкарбазон-метил препарат Аденго при раннем опрыскивании обеспечил пролонгированное действие на сорняки: ранние яровые сорняки были уничтожены трансламинарно, путем непосредственного действия гербицида на всходы, а поздние яровые виды сдерживались благодаря экранному действию тиенкарбазона и изоксафлютола. В результате эффект от однократного применения этого гербицида был равноценен биологической эффективности последовательного применения двух гербицидов, в том числе на фоне междурядных обработок.

Урожайность зерна находилась в обратной зависимости от засоренности посевов (табл. 4).

В среднем за три года продуктивность в контроле составила 0,28 т/га. Применение Харнеса привело к увеличению урожайности в сравнении с контролем примерно в 9 раз, а вариант с Майстером – примерно в 15 раз. Сочетание Харнеса и Майстера обеспечило урожайность 5,59 т/га, что превышало уровень контрольного варианта в 20 раз. Максимальную урожайность (на 0,3 т/га выше, чем в предыдущем варианте) показал послевсходный гербицид с экраным действием Аденго.

Междурядные обработки во всех вариантах приводили к повышению урожайности зер-

на, однако эффект от их применения зависел от типа и сочетания гербицидов. Так, в контроле без гербицидов прибавка урожая от проведения первой междурядной обработки составила лишь 0,2 т/га, тогда как вторая обеспечила дополнительное увеличение урожайности (по отношению к первой) на 0,9 т/га. Следовательно, при исключении гербицидов из технологической схемы основное значение имеет выполнение двух междурядных обработок, причем эффектом от одной культивации можно пренебречь.

На фоне Харнеса и Майстера (при их раздельном применении) обе междурядные обработки также обеспечили достоверные прибавки урожая (первая – 0,8–0,9 т/га, вторая – 0,7–1,0 т/га). Принципиальное отличие от контрольного варианта заключается в том, что обе операции по эффективности являются равноценными.

Напротив, при последовательном применении Харнеса и Майстера в одной технологической схеме значение второй междурядной обработки резко снижается: прирост урожайности от ее выполнения составляет лишь 0,1 т/га и является статистически недостоверным. Основную роль играет первая культивация междурядий с прибавкой 0,7 т/га. Необходимо отметить, что эта прибавка несколько ниже, чем при раздельном применении данных гербицидов, благодаря более низкой стартовой засоренности на фоне гербицидов.

Эта тенденция еще более усиливается при использовании препарата Аденго. Прирост урожая от первой междурядной обработки снижается до 0,4 т/га, вторая обработка также не играет роли в формировании урожайности. Принципиальное отличие от предыдущего варианта заключается в том, что для получения максимальной урожайности зерна достаточно двух технологических операций: внесения гербицида и одной междурядной обработки, причем возможные потери от ее невыполнения почти в два раза ниже.

Таблица 4 – Влияние приемов ухода за посевами на урожайность зерна, т/га, 2013–2015 годы

Гербициды (НСП ₀₅ = 0,20 т/га)	Междурядная обработка (НСП ₀₅ = 0,15 т/га)		
	0	1	2
Контроль (без гербицида)	0,28	0,49	1,35
Харнес до посева, 2,5 л/га	2,74	3,51	4,53
Майстер в фазу 3-4 листа, 150 г/га	4,13	5,00	5,70
Харнес до посева, 2,5 л/га + Майстер в фазу 5-6 листа, 150 г/га	5,59	6,31	6,37
Аденго в фазу 2-3 листа, 0,5 л/га	5,88	6,30	6,38

Таким образом, гербициды нового поколения позволяют снизить напряженность технологической схемы защиты сорняков за счет уменьшения технологических операций, а также повышают устойчивость технологий к внешним факторам, в частности снижают риск ситуации, когда проведению одной из операций

будут препятствовать неблагоприятные погодные условия.

Засоренность посевов приводит к значительной депрессии основных элементов структуры урожая зерна, величина которых находится в тесной обратной зависимости от сегетальной массы сорняков (рис. 1).

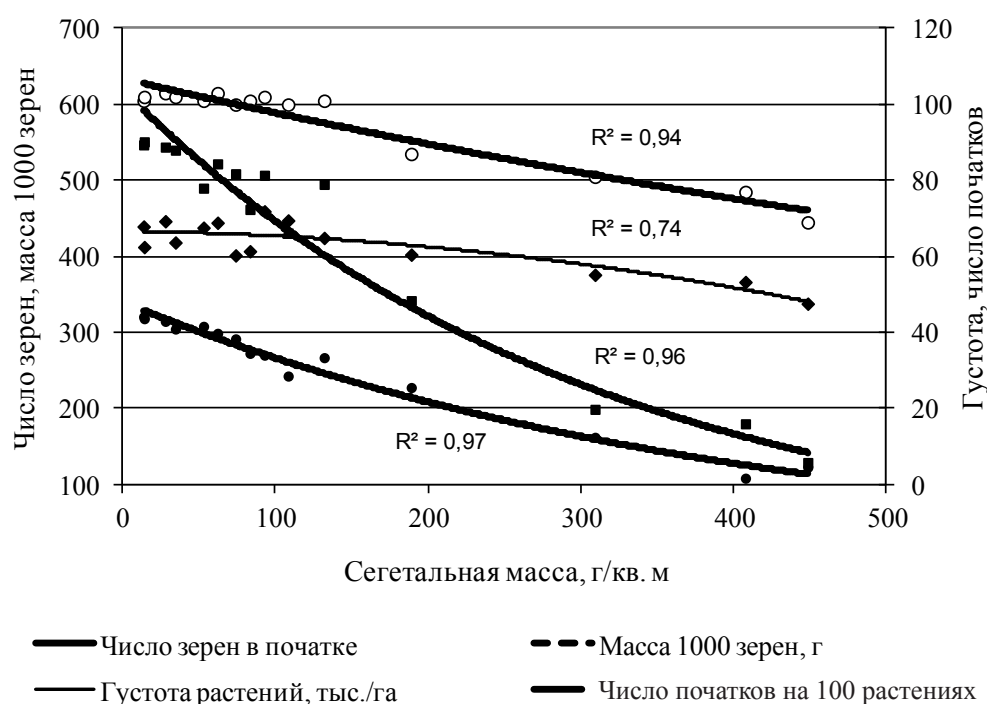


Рис. 1. Зависимость элементов структуры урожая кукурузы от засоренности посевов, 2013–2015 гг.

Таблица 5 – Связь элементов структуры урожая с зерновой продуктивностью кукурузы, 2013–2015 гг.

Параметр	Коэффициент корреляции (r)	Критерий Стьюдента t_r ($t_{05} = 2,16$)
Густота растений	0,78	4,49
Число початков на 100 растениях	0,93	8,96
Число зерен в початке	0,97	15,43
Масса 1000 зерен	0,98	20,24

Таблица 6 – Показатели экономической эффективности технологических схем защиты растений, 2013–2015 гг.

Показатель	Технологическая схема*			
	1	2	3	4
Урожайность, т/га	0,28	4,13	5,59	5,88
Материально-денежные затраты, руб./га	11 223	16 317	17 934	18 341
Стоимость валовой продукции с 1 га, руб.	2240	33040	44 720	47 040
Условно чистый доход с 1 га, руб.	–8983	167 231	26 786	28 699
Себестоимость 1 т зерна, руб.	40 083	3951	3208	3119
Рентабельность, %	–80,0	102,5	149,4	156,5

*1 – Без гербицидов, 2 междурядные обработки.

2 – Майстер, 150 г/га, 2 междурядные обработки.

3 – Харнес, 2,5 л/га + Майстер, 150 г/га, 1 междурядная обработка.

4 – Аденго, 0,5 л/га, 1 междурядная обработка.



Корреляционный анализ показывает также тесную связь урожайности со всеми перечисленными элементами, статистически доказанную по критерию Стьюдента (табл. 5).

Поскольку все параметры продуктивности закладываются и формируются на разных этапах органогенеза, можно утверждать, что сорные растения оказывают негативное влияние на кукурузу на протяжении всего периода вегетации, включая стадию налива зерна. Этим и обусловлена высокая эффективность комплексного применения почвенного и послевсходового гербицидов, а также препаратов с экраным действием, обеспечивающих длительный контроль засоренности.

Как показывают данные таблицы 6, из анализируемых вариантов опыта экономически эффективными можно назвать третий и четвертый, основанные на комплексном применении средств защиты растений и использовании послевсходового гербицида с экраным действием.

Однако четвертый вариант при близких значениях экономических параметров оптимален с организационной точки зрения, так как позволяет уменьшить число операций по уходу за посевами до двух.

Выводы

На фоне высокой засоренности кукурузы малолетними злаковыми видами, обусловленной некоторыми климатическими и фитоценологическими особенностями лесостепной зоны Зауралья, необходимо применение комплексных схем защиты растений, обеспечивающих длительный контроль сеgetальной растительности от момента появления всходов до окончания налива зерна.

Оптимальные технологические схемы включают использование гербицидов кросс-спектра, преимущественно послевсходовых, в сочетании с минимальным набором междурядных обработок, кратность которых зависит от типа гербицида и ресурсных возможностей предприятия. При недостатке оборотных средств в весенне-летний период удовлетворительный результат достигается последовательным выполнением трех технологических операций: внесение гербицида, культивация междурядий и окучивание растений для подавления сорняков в защитных зонах. Напротив, дефицит трудовых ресурсов делает предпочтительной технологические схемы, отличающиеся усилением химической и снижением механической нагрузки на почву. Наибольшую

производительность в сочетании с максимальной экономической эффективностью обеспечивает применение послевсходовых гербицидов кросс-спектра с экраным действием, на фоне которых механический уход за растениями сводится к одной культивации междурядий, а общее число операций сокращается до двух.

Список литературы

1. Доронина О. М. Продуктивность кукурузы в зависимости от степени засоренности // Материалы LIV междунар. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству» / под ред. П. Г. Свечникова. Челябинск : ЧГАА, 2015. С. 118–122.
2. Доронина О. М. Использование промежуточных культур и электрического тока высокого напряжения в борьбе с сорными растениями в лесостепной зоне Южного Урала : дис. ... канд. с.-х. наук. Челябинск, 1999. 169 с.
3. Красножон С. М. Эффективность применения гербицидов при обработке чистого пара // Материалы LIV междунар. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству» / под ред. П. Г. Свечникова. Челябинск : ЧГАА, 2015. С. 129–134.
4. Корыстин Е. С. Граминициды в посевах кукурузы: особенности применения в северной лесостепи // Вестник ЧГАУ. 2006. Т. 46. С. 117–122.
5. Барнаков Н. В., Шуханов Н. Л. Междурядные обработки и гербициды // Кукуруза и сорго. 1988. № 3. С. 33–34.
6. Азаренкова А. С. Эффективность окучивания // Кукуруза и сорго. 1990. № 3. С. 27.
7. Карпенко В. Д. Оптимальные параметры и режимы боронования посевов кукурузы // Кукуруза и сорго. 2000. № 6. С. 3.
8. Кашеваров Н. И. Влияние приемов ухода и гербицидов на урожайность кукурузы в лесостепи Приобья // Интенсификация кормопроизводства в Сибири. Новосибирск, 1986. С. 76–85.
9. Ливочка В. П., Петров Г. Н. Влияние способов борьбы с просом волосовидным на динамику видового состава сорняков // Технология возделывания и урожай кукурузы и сорго. Кишинев : Штиинца, 1989. С. 74–79.
10. Циков В. С., Матюха Л. А. Интенсивная технология возделывания кукурузы. М. : Агропромиздат, 1989. 247 с.
11. Казакова Н. И. Урожайность и влажность зерна при различных сроках посева кукурузы в лесостепи Зауралья // Вестник Алтайского

государственного аграрного университета. 2011. № 9. С. 8–11.

12. Lazic V. Analiza kvaliteta i prinosnog efekta medjuredne kultivacije kukuruza // Vojvodjansko drustvo za poljoprivrednu tehniku. Novi Sad, 1990.

13. Weed suppression and crop productivity by different arrangement patterns of maize / M. Simic [et al.] // Plant, soil and environment, 58, 2012 (3). P. 148–153.

14. Hailegiorgis M., Huluka M., Mekuria M. Determination of the critical period of weed control and the effect of a mixed weed population on maize (Zea mays) yield and yield components // Scientific World Journal. 2012. № 7. P. 253–267.

15. Глухих М. А. Содержание гумуса в почве и урожай // Земледелие. 1994. № 3. С. 5.

16. Казакова Н. И. Дифференциация апикальных меристем ультрараннего и раннеспелого гибридов кукурузы в лесостепи Южного Зауралья // Кукуруза и сорго. 2011. № 4. С. 31–33.

17. Combined mechanical-chemical weed control in corn-experiences of several yearly trials in Bavaria / M. Estler, L. Resch, H. Kees, A. Lutz // Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. Sonderheft. 1992. № 13. S. 637–646.

18. Effectiveness of flame weeding and cultivation for weed control in organic maize / S. Stepanovic

[et al.] // Biological agriculture & horticulture. 2016. Vol. 32. P. 47–62.

19. The effect of inter-row cultivation on yield of weed-free maize / Werf, H.M.G. van der; Klooster, J.J.; Schans, D.A. van der; Boone, F.R.; Veen, B.W. // Journal of agronomy and crop science. 1986. Vol. 166. P. 249–258.

20. Ваулин А. Ю. Внесение гербицидов при выращивании сои в условиях Южного Урала // Аграрный вестник Урала. 2010. № 2 (68). С. 50–52.

21. Багринцева В. Н., Кузнецова С. В., Губа Е. И. Послевсходовые гербициды с почвенным действием для кукурузы // Кукуруза и сорго. 2015. Т. 1. № 1. С. 22–26.

22. Багринцева В. Н., Кузнецова С. В., Губа Е. И. Гербицид Аденго на кукурузе // Защита и карантин растений. 2015. № 9. С. 47.

23. Панфилов А. Э., Саитов С. Б. Эффективность тиенкарбазон-метила в контроле засоренности кукурузы // Кукуруза и сорго. 2015. Т. 1. № 3. С. 15–19.

24. Иванова Е. С. Обоснование оптимальных сроков применения гербицидов кросс-спектра в посевах кукурузы в Зауралье // Кукуруза и сорго. 2016. № 1. С. 19–24.

Панфилов Алексей Эдуардович, д-р с.-х. наук, профессор кафедры экологии, агрохимии и защиты растений, Институт агроэкологии – филиал ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: al_panfilov@mail.ru.

Цымбаленко Иван Николаевич, канд. с.-х. наук, зав. отделом земледелия, ФГБНУ «Курганский научно-исследовательский институт сельского хозяйства».

E-mail: kniish@ketovo.zaoral.ru.

Казакова Наталья Ивановна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры агротехнологии, селекции и семеноводства, Институт агроэкологии – филиал ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: nauka@insagro.ru.

Саитов Салимхан Букумбаевич, аспирант, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: stepnai@bk.ru.

* * *

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕПАРАТА ГЕРМЕС ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПОДСОЛНЕЧНИКА

**Ю. Я. Спиридонов, Н. И. Будынков, Р. А. Автаев, Н. И. Стрижков,
Н. Б. Суминова, М. А. Даулетов**

Экспериментальные данные научных исследований, полученные в НИИСХ Юго-Востока показали возможность увеличения продуктивности подсолнечника в зависимости от сроков применения современного отечественного препарата Гермеса 1,0 л/га. Изучено его влияние на фитосанитарное состояние посева и урожайность культуры в 3-летних исследованиях (2014–2016 гг.), в условиях Нижнего Поволжья. Наиболее высокие результаты в борьбе с сорными растениями получены на подсолнечнике при его обработке в фазу 2 и 4 листьев. На экспериментальных вариантах количество сорных растений было в 15–28 раз меньше по сравнению с контролем, в том числе против многолетних в 6–7,5 раза, однолетних – 15–29 раз, то есть биологическая эффективность составила против однолетних сорняков 93,4–96,6 %, а многолетних – 83,8–87,1 %, а всех сорных растений – 93,3–96,5 %. Гербицид был высокоэффективен в течение всего вегетационного периода. Перед уборкой общая засоренность снизилась на 89,0–92,7 %, а масса сорных растений уменьшилась при использовании препарата в эти сроки на 93,3–96,5 %. При обработке посевов в более поздние фазы – 6, 8, 10 листьев эффективность была ниже. Так, внесение гербицида в фазу 6 листьев снизило засоренность на 90,1 %, 8 листьев – 84,1 %, 10 листьев – 72,4 %. От использования агротехнических приемов (2 культивации) ее уменьшение составило всего 30,0 %. Применение Гермеса способствовало значительно повышению урожайности культуры. Наилучшие результаты по увеличению продуктивности получены при применении гербицида в фазу 4 листьев – 0,84 т/га (55,6 %). Несколько меньше – 0,73 т/га (48,3 %) при внесении препарата в фазу 2 листьев. Использование его в фазу 6 листьев способствовало сохранению урожая – 0,68 т/га (45,1 %), 8 листьев – 0,56 т/га (37,1 %), 10 листьев – 0,49 т/га (32,5 %). Наименьшие прибавки – от использования двух культиваций 0,25 т/га при урожае на контроле 1,51 т/га.

Ключевые слова: подсолнечник, сорняки, болезни, гербициды, урожай.

Проблема защиты посевов сельскохозяйственных культур от вредных организмов за последние годы из-за невыполнения многих технических приемов, дороговизны ГСМ, изменения климата и других причин [2, 8, 9] приобретает серьезное значение [1, 3, 4, 5, 10].

Установлено, что средние потери урожая сельскохозяйственных культур в Поволжье только от сорных растений составляют не менее 30 % [1, 7, 8, 13, 15].

Предыдущие результаты исследований, полученные разными учеными, показывают, что на современном этапе развития сельского хозяйства, использование комплексных мер борь-

бы является высокоэффективным приемом, позволяющим снизить негативное влияние вредных объектов, что позитивно сказывается на урожайности культур [6, 9, 11, 12, 14].

В Поволжье подсолнечник является главной масличной культурой, но он не обладает высокой конкурентной способностью по отношению к сорнякам. Поэтому была поставлена задача разработать эффективные меры борьбы с сорными растениями на подсолнечнике.

Материалы и методы

Полевой опыт проводили с 2014-го по 2016 гг. на опытном поле лаборатории защиты

растений НИИСХ Юго-Востока (г. Саратов), расположенном в зоне засушливой черноземной степи Поволжья, которая характеризуется проявлением засухи и опасностью ветровой эрозии. В черноземно-степной зоне Правобережья годовая сумма осадков составляет 420–480 мм. За вегетационный период выпадает 200–250 мм осадков. Сумма активных температур выше +10 °С составляет 2400–2800 °С. Среднегодовая температура воздуха 4,1–5,2 °С. Продолжительность безморозного периода 115–125 дней, вегетационного 160–165 дней.

Погодные условия в годы исследований в полной мере охватывали всю совокупность климатических особенностей региона, отличающуюся разнообразием.

Сумма осадков за апрель 2014 г. составила 34,7 мм, то есть 120 % от нормы за май 17,2 мм (40 %), июнь – 73,5 % (163 % нормы).

Апрель, май характеризовались повышенным температурным режимом, июнь – пониженным, июль – неустойчивым при остром дефиците осадков – 13,9 мм (27 % нормы).

Апрель 2015 г. характеризовался температурными режимами выше нормы, осадков выпало 39 мм, то есть 137 % нормы. В мае, июне выпало 58 мм (134 % нормы), в июне 108 %, в июле 30,2 мм (59 % нормы). Температурный режим за май, июнь, июль был выше нормы.

Сумма осадков в апреле 2016 года составила 148 % нормы, в мае 160 %. Лето характеризовалось пониженным температурным режимом в первой половине июня и преобладанием экстремально высоких температур в июле и августе. В июне наблюдался дефицит осадков. За основной период вегетации зерновых культур (май, июнь в среднем по области выпало 136 мм осадков, или 110 % нормы).

Почвы опытного поля НИИСХ Юго-Востока – чернозем южный, среднемощный, тяжело-суглинистый. Пахотный слой характеризовался следующими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) – 4,56 %, азота в пахотном слое 0,238 %, валового фосфора 0,127 %. Сумма поглощенных оснований в горизонте А – 40,0 мг/ экв на 100 г почвы, pH – 7,0.

Наименьшая влагоемкость (НВ) слоя 0–30 см, составляет 111,9 мм, 0–100 см – 354,6 мм, 0–150 см – 514,9 мм – соответственно 38,9; 166,8 и 262,4 мм.

В исследованиях изучалась эффективность применения Гермеса МД в разные фазы внесения (МАС87). Опыт полевой, заложен в 4-кратной повторности, площадь делянки – 450 м², распределение делянок в опыте систематическое – в один ярус.

Варианты применения гербицидов были следующими.

Контроль (без обработки); Гермес 1,0 л/га в фазу 2 листьев; Гермес 1,0 л/га в фазу 4 листьев; Гермес 1,0 л/га в фазу 6 листьев; Гермес 1,0 л/га в фазу 8 листьев; Гермес 1,0 л/га в фазу 10 листьев; 2 культивации после всходов.

Состав сорной флоры был типичным для посевов подсолнечника, преобладали однолетние двудольные: виды щириц, мари, редька дикая, осот огородный, горчица, из однодольных – виды щетинников, куриное просо. Многолетние двудольные представлены осотом розовым.

Результаты исследований

Высокую эффективность в борьбе с сорняками в посевах подсолнечника показал Гермес. Гибель сорняков от его применения составила 65,5–96,5 % (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние гербицидов на снижение численности сорняков в посевах подсолнечника (среднее 2014–2016 гг.)

Вариант и фаза развития культуры	Через месяц после внесения препаратов					
	многолетние		однолетние		всего	
	шт./м ²	% гибели	шт./м ²	% гибели	шт./м ²	% гибели
контроль	3,1		380,0		383,1	
Гермес 1,0 л/га 2 листьев	0,5	83,8	25,0	93,4	25,5	93,3
Гермес 1,0 л/га 4 листьев	0,4	87,1	13,0	96,6	13,4	96,5
Гермес 1,0 л/га 6 листьев	0,8	74,2	35,0	90,8	35,8	90,7
Гермес 1,0 л/га 8 листьев	0,9	70,9	68,0	82,1	68,9	82,0
Гермес 1,0 л/га 10 листьев	1,2	61,3	131,0	65,5	132,3	65,5
2 культивации	1,9	38,7	259,0	31,8	260,9	31,9



Сильное токсическое действие он оказывал как на двудольные, так и на злаковые сорняки. Так, снижение засоренности многолетними сорняками составило 61,3–87,1 %, а однолетними двудольными и злаковыми 65,5–96,6 %.

Отмечалась тенденция повышения токсичности к сорным растениям Гермеса, внесенного в фазу 2 и 4 листьев – 93,3 и 96,5 %. Эффективность Гермеса, внесенного в фазу 6 листьев против сорняков, была на уровне 90,7 %, в фазу 8 листьев – 82,0 %, в фазу 10 листьев – 65,5 %.

Гербицид не терял токсичности в течение всего вегетационного периода. Общая засоренность посевов подсолнечника перед уборкой снизилась на 62,1–92,7 %.

Высокая фитотоксичность препарата оказала свое влияние и на снижение вегетативной массы сорных растений. К концу вегетации подсолнечника она уменьшилась при применении Гермеса, внесенного в фазу 2 листьев – на 95,1 %, в фазу 4 листьев – на 96,1 %. В другие сроки внесения эффект был ниже, в фазу 6 листьев – 90,1 %, 8 листьев – 84,1 %, 10 листьев – 72,4 %. От культивации ее уменьшение составило 30,0 % (табл. 2).

Резкое снижение засоренности, вследствие применения гербицидов, обеспечило высокие прибавки урожая.

Наибольшие прибавки обеспечил Гермес, примененный в фазу 2 и 4 листьев при норме расхода 1,0 л/га – 0,73 (48,3 %), 0,84 т/га (55,6 %). Прибавка от использования его в фазу 6 листьев 0,68 т/га (45,1 %), 8 листьев – 0,56 т/га (37,1 %), 10 листьев – 0,49 т/га (32,5 %). Наименьшая прибавка получена от 2 культиваций – 0,25 т/га (16,6 %) при урожае в контроле 15,1 т/га (табл. 3).

Повышение урожая на обработанных участках обусловлено повышением массы 1000 семян.

В посевах подсолнечника применяемый гербицид Гермес (1,0 л/га) не оказывал отрицательного влияния на густоту посевов перед уборкой, рост и развитие растений в течение всего вегетационного периода: через 3, 7, 15, 30, 60, 90 дней, не вызывал ожогов листьев растений (0 баллов).

Выводы и рекомендации

Исследования, проведенные в 2014–2016 гг., позволили выявить реакцию подсолнечника на засоренность посевов и формирование урожая, в зависимости от сроков внесения Гермеса 1 л/га.

Таблица 2 – Влияние гербицидов на снижение массы сорняков на посевах подсолнечника (среднее за 2014–2016 гг.)

Вариант и фаза развития культуры	Перед уборкой					
	многолетние		однолетние		всего	
	г/м ²	% гибели	г/м ²	% гибели	г/м ²	% гибели
контроль	122,0		1711,0		1833,0	
Гермес 1,0 л/га 2 листьев	38,0	68,8	51,0	97,0	89,0	95,1
Гермес 1,0 л/га 4 листьев	37,0	69,3	34,0	98,0	71,0	96,1
Гермес 1,0 л/га 6 листьев	45,0	63,1	137,0	92,0	182,0	90,1
Гермес 1,0 л/га 8 листьев	53,0	56,5	219,0	87,2	272,0	84,1
Гермес 1,0 л/га 10 листьев	64,0	47,5	408,0	76,1	472,0	72,4
2 культивации	91,0	25,4	1200,0	30,0	1291,0	30,0

Таблица 3 – Хозяйственная эффективность применения Гермеса на подсолнечнике (среднее за 2014–2016 гг.)

Варианты опыта	Норма расхода препаратов, кг, л/га	Фаза развития культуры	Урожайность, т/га	Прибавка урожая	
				т/га	%
1. Гермес, мд	1,0 л/га	2 листьев	2,24	0,73	48,3
2. Гермес, мд	1,0 л/га	4 листьев	2,35	0,84	55,6
3. Гермес, мд	1,0 л/га	6 листьев	2,19	0,68	45,1
4. Гермес, мд	1,0 л/га	8 листьев	2,07	0,56	37,1
5. Гермес, мд	1,0 л/га	10 листьев	2,00	0,49	32,5
6. Контроль (без обработки)			1,51		
7. 2 культивации после всходов			1,76	0,25	16,6

Наиболее высокую биологическую и хозяйственную эффективность против многолетних двудольных, особенно осота розового, однолетних двудольных, однолетних однодольных сорных растений показывает Гермес внесенный в фазу 4 листьев. Снижение засоренности составляет 96,5%. Препарат был высокоэффективен против сорной флоры в течение всего вегетационного периода.

Общая засоренность перед уборкой снизилась на 92,7% по численности и 96,1% по массе.

В этот срок применения препарата получены максимальные прибавки урожая 0,84 т/га (55,6%) при урожае в контроле 1,51 т/га. Наименьшие прибавки получены от двух культиваций – 0,25 т/га (16,6%). Прибавка защищенного урожая получена за счет повышения массы 1000 семян.

При обработке в более поздние фазы развития культуры и, как следствие, сорных растений хозяйственная эффективность (прибавка урожая) снижается более чем в 1,5 раза (до 0,49 т/га).

Список литературы

1. Эффективность гербицидов и протравителей в посевах овса / И. Д. Еськов, Д. Р. Ленович, Н. И. Стрижков, С. С. Х. Атаев // Научное обозрение. 2012. № 5. С. 80–83.
2. Многолетние травы как предшественники и фитомелиоранты зерновых культур / Е. П. Денисов [и др.] // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. 2013. № 11. С. 23–27.
3. Комплексные меры борьбы с вредными организмами, водный и пищевой режим в посевах кукурузы, овса на черноземах Поволжья / Ю. Я. Спиридонов [и др.] // Аграрный научный журнал. 2016. № 5. С. 39–42.
4. Борьба с вредными организмами на посевах полевых культур / Ю. Я. Спиридонов [и др.] // Аграрный научный журнал. 2016. № 9. С. 43–48.
5. Технология возделывания яровой твердой пшеницы с применением Секатора турбо, Баритона, Фалькона, Нагро и других препаратов / Ю. Я. Спиридонов [и др.] // Аграрный научный журнал. 2017. № 3. С. 30–36.
6. Каменченко С. Е., Стрижков Н. И., Наумова Т. В. Вредоносность остроголовых клопов на зерновых культурах в Поволжье // Земледелие. 2015. № 2. С. 37–38.
7. Каменченко С. Е., Стрижков Н. И., Наумова Т. В. Эколого-биоценотические закономерности размножения лугового мотылька в агроценозах Нижнего Поволжья // Земледелие. 2013. № 3. С. 37–39.
8. Каменченко С. Е., Стрижков Н. И., Наумова Т. В. Факторы, влияющие на динамику популяций вредных саранчовых в Нижнем Поволжье // Земледелие. 2012. № 1. С. 41–43.
9. Лебедев В. Б., Стрижков Н. И. Основные направления борьбы с пыреем ползучим // Достижения науки и техники АПК. 2007. № 8. С. 30–31.
10. Лебедев В. Б., Стрижков Н. И. Системы защиты от сорняков в севообороте // Агро XXI. 2008. № 1–3. С. 14–15.
11. Влияние химических средств защиты на обменные процессы в растениях, их химический состав, прохождение фенофаз / В. Б. Лебедев [и др.] // Аграрный научный журнал. 2007. № 5. С. 18–20.
12. Лебедев В. Б., Стрижков Н. И. Последствие гербицидов в севообороте // Агро XXI. 2007. № 4–6. С. 43–44.
13. Стрижков Н. И. Экологически обоснованные минимально необходимые нормы и сроки применения гербицидов на полевых культурах // Достижения науки и техники АПК. 2007. № 9. С. 19–20.
10. Влияние различных факторов на формирование видового состава сорняков и уровень засоренности культур в севооборотах Поволжья / Н. И. Стрижков [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 5. С. 15–17.
14. Стрижков Н. И. Пороги вредоносности сорных растений и оптимальные сроки // Зерновое хозяйство. 2007. № 3–4. С. 39–40.
15. Эффективность применения гербицидов на посевах суданской травы сорта Зональская 6 / М. Н. Худенко [и др.] // Аграрный научный журнал. 2015. № 2. С. 34–37.

Спиридонов Юрий Яковлевич, д-р биол. наук, академик, профессор, зав. отделом гербологии ВНИИФ.

E-mail: vniif@vniif.ru.



Будынков Николай Иванович, канд. биол. наук, вед. науч. сотрудник лаборатории экологии микроорганизмов ВНИИФ.

E-mail: vniif@vniif.ru.

Автаев Руслан Аптиевич, зам. директора, ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока».

E-mail: raiser-saratov@mail.ru.

Стрижков Николай Иванович, д-р с.-х. наук, гл. научный сотрудник лаборатории Защиты растений, ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока».

E-mail: raiser-saratov@mail.ru.

Сумина Наталья Борисовна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Защита растений и плодово-овощеводство», Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова.

E-mail: suminovan@mail.ru.

Даулетов Махат Аскарбекович, канд. с.-х. наук, старший преподаватель кафедры «Ботаника, химия и экология», Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова.

E-mail: mahatd@mail.ru.

* * *

ВОЗДЕЛЫВАНИЕ ЛЬНА С ПРИМЕНЕНИЕМ СЕКАТОРА ТУРБО, ФУРОРЕ СУПЕР, БАРИТОНА И ДРУГИХ ПРЕПАРАТОВ В УСЛОВИЯХ ПОВОЛЖЬЯ

**Ю. Я. Спиридонов, Н. И. Будынков, Р. А. Автаев, Н. И. Стрижков,
Н. Б. Суминова, Е. Е. Критская**

В данной статье рассмотрено влияние протравителей, гербицидов, инсектицидов на вредные организмы, урожайность и качество семян льна сорта Золотистый, возделываемого на южных черноземах. В ходе проведенных исследований установлено, что предпосевная обработка семян протравителем Баритон 1,5 л/т обеспечивает снижение пораженности антракнозом на 83,1 %. Выявлено, что применение гербицидов (Секатор турбо 0,08 л/га в баковой смеси с Футоре супер 0,9 л/га) способствовало снижению засоренности многолетними двудольными сорняками на 90,1 %, однолетними двудольными 93,5 %, однолетними однодольными 97,2 %. Общая засоренность снизилась на 95,1 %, перед уборкой на 90,6 %. Масса сорных растений при этом уменьшилась на 94,6 %. Наиболее сильно у однолетних однодольных сорняков – 97,0 % и двудольных – 94,4 %, у многолетних двудольных – 91,7 %. Обработка посевов инсектицидом Децис профи 0,25 кг/га снижала количество льняных блошек на 96,2 %. Комплексное применение препаратов способствовало сохранению урожайности льна в среднем за 2013–2016 гг. на 0,54 т/га (98,2 %). Наиболее высокий вклад в этот показатель был получен при использовании гербицидов. Сохраненный урожай от действия гербицидов по отношению к контролю составил 0,35 т/га (64,8 %). На втором месте инсектицид – 0,1 т/га (18,5 %), на последнем протравитель семян – 0,09 т/га (16,4 %). Комплексные меры борьбы с вредными организмами не только позитивно повлияли на сохранность урожая, но и положительно отразились на его качестве. Содержание белка увеличилось с 15,4 (контроль) до 18,6 %. Структурный анализ показывает, что дополнительная урожайность на этих вариантах получена за счет более высоких показателей: количества растений культуры сохранившихся к уборке, количества семян в коробочке и веса 1000 семян. Прибавка защищенного урожая получается за счет суммарного воздействия всех компонентов, входящих в систему комплексной защиты (протравитель, гербицид, инсектицид). Этот показатель может изменяться в зависимости от складывающихся погодных условий и вредоносности болезней, сорняков и вредителей.

Ключевые слова: лен, сорняки, болезни, вредители, гербициды, фунгициды, протравливатели семян, инсектициды, урожай.

Лен является ценной масличной культурой, интерес к которой в последние годы значительно возрос.

Поволжье является одним из ведущих регионов по производству сельскохозяйственной продукции. Однако получение стабильных урожаев сдерживается неблагоприятной фитосанитарной ситуацией (вспышки массового размножения вредителей, эпифитотии болезней, широкое распространение сорных растений) [1, 3, 4, 5, 11].

Упрощение технологии возделывания сельскохозяйственных культур, нередко доходящие до крайности, неправильное использова-

ние пестицидов, потепления климата, недостаточное финансирование негативно сказываются на фитосанитарном состоянии посевов возделываемых культур.

В Поволжье только по причине засоренности не добывается до трети урожая [6, 7, 8, 13, 15].

Многочисленные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что задача очищения полей от различных болезней, вредителей, сорных растений достигается за счет комплексного применения высокоэффективных средств защиты растений на фоне зональной агротехники [2, 9, 10, 12, 14, 16].



Цель нашей работы – разработать элементы технологии борьбы с комплексом вредных организмов в посевах льна и оценить вклад в нее каждого приема защиты.

Материалы и методы

Для решения поставленных задач в ОНО «Экспериментальное» НИИСХ Юго-Востока (г. Саратов), расположенном в зоне засушливой черноземной степи Поволжья, которая характеризуется проявлением засухи и опасностью ветровой эрозии, в 2013–2016 гг. были заложены полевые опыты, включающие варианты исследований с комплексом применения гербицида, протравителя, инсектицида.

Годовая сумма осадков в черноземно-степной зоне Правобережья составляет 420–480 мм. За вегетационный период выпадает 200–250 мм осадков. Сумма активных температур выше +10 °С составляет 2400–2800 °С. Среднегодовая температура воздуха 4,1–5,2 °С. Продолжительность безморозного периода 115–125 дней, вегетационного 160–165 дней.

Погодные условия в годы исследований за период 2013–2016 гг. в полной мере охватывали всю совокупность климатических особенностей региона отличаясь разнообразием.

В 2013 г. апрель и май характеризовались преобладанием положительных аномальных температур выше нормы на 3–4 °С и выпадением осадков в пределах климатической нормы 106 % и 102 %.

В июне сумма осадков составила 141,0 мм, то есть 313 % нормы. В июле среднемесячная температура была ниже средней нормы, а количество осадков составило 73 % от нормы.

Сумма осадков за апрель 2014 г. составила 34,7 мм, то есть 120 % от нормы за май 17,2 мм (40 %), июнь – 73,5 % (163 % нормы).

Апрель, май характеризовались повышенным температурным режимом, июнь – пониженным, июль – неустойчивым при остром дефиците осадков - 13,9 мм (27 % нормы).

Апрель 2015 г. характеризовался температурными режимами выше нормы, осадков выпало 39 мм, то есть 137 % нормы. В мае, июне выпало 58 мм (134 % нормы), в июле – 30,2 мм (59 % нормы). Температурный режим за май, июнь, июль был выше нормы.

Сумма осадков в апреле 2016 года составила 148 % нормы, в мае – 160 %. лето характеризовалось пониженным температурным режимом в первой половине июня и преобладанием

экстремально высоких температур в июле и августе. В июне наблюдался дефицит осадков. За основной период вегетации зерновых культур по области выпало 136 мм осадков, или 110 % нормы.

Почвы опытного поля НИИСХ Юго-Востока – чернозем южный, среднесиловой, тяжелосуглинистый. Пахотный слой характеризовался следующими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) – 4,56 %, азота в пахотном слое 0,238 %, валового фосфора 0,127 %. Сумма поглощенных оснований в горизонте А – 40,0 мг/ экв на 100 г почвы, pH – 7,0.

Наименьшая влагоемкость (НВ) слоя 0–30 см, составляет 111,9 мм, 0–100 см – 354,6 мм, 0–150 см – 514,9 мм – соответственно 38,9; 166,8 и 262,4 мм.

В опыте площадь опытной делянки 1710 м², повторность 3-кратная, расположение делянок в опыте последовательное. Агротехника возделывания культуры общепринятая для зоны Поволжья. Предшественник – яровая пшеница. Норма высева – 8,0 млн/га. Перед посевом семена обрабатывались протравителем Баритон 1,5 л/т. Обработку посевов проводили с помощью опрыскивателя «Монсанто», гербициды вносили проводили в фазу «елочки» культуры.

При закладке опытов с комплексным использованием гербицидов с инсектицидом также проводили учеты засоренности, развития болезни и /или распространения вредителей посевов по общепринятым методикам.

Урожай убирали сплошным методом с каждой делянки отдельно, используя комбайн «Сампо-500». Определяли массу зерна с каждой делянки в пересчете на 1 га при 14 % влажности и 100 % чистоты.

Исследования проводились на сорте льна Золотистый. Объектом исследований был гербицид Секатор турбо МД, Фуроре Супер 7.5, ЭМВ; протравитель Баритон КС; инсектицид Децис профи ВДГ.

Схема:

1 – Секатор турбо, МД 0,08 л/га + Фуроре Супер 7.5, ЭМВ 0,9 л/га.

2 – Баритон, КС 1,5 л/т + Секатор турбо, МД 0,08 л/га + Фуроре Супер 7.5, ЭМВ 0,9 л/га.

3 – Баритон, КС 1,5 л/т + Секатор турбо, МД 0,08 л/га + Фуроре Супер 7.5, ЭМВ 0,9 л/га + Децис профи, ВДГ 0,025 кг/га.

4 – Баритон, КС 1,5 л/т + Децис профи, ВДГ 0,025 кг/га.

5 – контроль без обработки пестицидами.

Результаты исследований

В ходе проведения исследований (2013–2016 гг.) было установлено следующее: количество и биомасса сорных растений изменялись по годам и зависели от сложившихся погодных условий в период вегетации. Перед обработкой в фазу «елочки» уровень засоренности, например, в 2013 г. составил 349 шт./м², а в 2014 г. – 280 шт./м², в 2015 г. – 272 шт./м², в 2016 г. 143 шт./м².

Такая ситуация складывалась в связи с тем, что лен в первоначальный период своего развития обладает медленным ростом и слабой облиственностью, что не позволяет культуре конкурировать с сорняками.

Высокую эффективность в борьбе с сорняками в посевах льна показал Секатор турбо в дозе 0,08 л/га в баковой смеси с Фуроре супер 7.5 0,9 л/га. Гибель сорняков от этих доз через месяц после внесения составила 95,1 % (табл. 1).

Сильное токсическое действие эта баковая смесь оказала как на двудольные, так и на злаковые сорняки. Так, снижение засоренности многолетними двудольными составило 90,1 %, однолетними двудольными – 93,5 %, однолетними однодольными – 97,2 %. Эта комбинация препаратов была высокоэффективна в течение всего вегетационного периода.

В уборку гибель сорняков на этом варианте составила 90,6 %, в т.ч. против многолетних двудольных 86,8 %, однолетних двудольных 91,1 %, однолетних однодольных 95,4 %.

Высокая фитотоксичность испытываемых препаратов оказала свое влияние и на снижение вегетативной массы сорных растений. К концу вегетации льна она уменьшилась при их применении на 94,6 %. Наиболее сильно у однолетних однодольных сорняков – 97,0 % и двудольных 94,4 %, у многолетних двудольных несколько меньше – 91,7 %.

Таблица 1 – Влияние гербицидов на снижение численности сорняков к испытываемым препаратам на льне сорта Золотистый (в среднем за 2013–2016 гг.)

Варианты опыта	Название сорняков	Численность сорняков, шт./м ²	Биологическая эффективность, %
Контроль	многолетние двудольные	8,1	
	однолетние двудольные	156,9	
	однолетние однодольные	96,0	
	Всего	252,9	
Секатор турбо, МД 0,08 л/га + Фуроре супер 7.5, ЭМВ 0,9 л/га	многолетние двудольные	0,8	90,1
	однолетние двудольные	10,1	93,5
	однолетние однодольные	2,7	97,2
	Всего	12,8	95,1

Таблица 2 – Влияние различных приемов защиты посевов от комплекса вредных объектов на урожайность льна (среднее за 2013–2016 гг.)

Вариант	Урожайность зерна по вариантам, т/га		Уровень защищенного урожая зерна	
	всего	в т.ч. сохраненный урожай	фактически, %	долевой вклад, условно, %
1. Секатор турбо, МД 0,08 л/га + Фуроре супер 7.5, ЭМВ 0,9 л/га	0,90	0,35	63,6	64,8
2. Баритон, КС 1,5 л/т и Секатор турбо, МД 0,08 л/га + Фуроре супер 7.5, ЭМВ 0,9 л/га	0,99	0,44	80,0	81,5
3. Баритон, КС 1,5 л/т и Секатор турбо, МД 0,08 л/га + Фуроре супер 7.5 0,9 л/га и Децис профи, ВДГ 0,025 кг/га	1,09	0,54	98,2	100,0
4. Баритон, КС 1,5 л/т + Децис профи, ВДГ 0,025 кг/га	0,74	0,19	34,6	35,2
5. Контроль	0,55			
НСР ₀₅	0,07			



Следующий этап исследований с Секатором турбо + Фуроре супер 7.5, Баритоном + Децис профи заключался в изучении комплексного применения химических средств защиты растений, когда каждый из компонентов создает условия для того, чтобы другие составляющие интегрированной системы могли проявить свое максимальное действие, обеспечивая создание благоприятных условий для роста культуры и способствующих формированию ее высококачественного урожая семян.

Наблюдения за фитосанитарной обстановкой опытных участков в течении вегетации позволили объяснить природу формирования прибавки урожайности льна сорта Золотистый от примененных средств защиты.

Более сильное засорение посевов льна, например, в 2014 году, чем в 2016 году способствовало относительно большему показателю защищенного урожая от действия гербицида Секатора турбо + Фуроре супер 7.5 от 0,29 до 0,40 т/га, однако наибольший эффект (в среднем 0,54 т/га защищенного урожая зерна) за годы исследований был получен от комплексного применения средств защиты растений: гербицида Секатора турбо+ Фуроре супер 7.5, протравителя семян – Баритона, инсектицида Децис профи (табл. 2). Это свидетельствует о хозяйственной

целесообразности введения комплексной защиты посевов в практику растениеводства.

Снижение засоренности от 3,5 до 8,1 % по численности и 5,7–11,6 % по биомассе относительно контроля наблюдалось на варианте, где посевы обрабатывали только протравителем и инсектицидом, без гербицида. Это обусловлено повышением конкурентоспособности культуры при создании благоприятных фитосанитарных условий для роста и развития культуры, за счет подавления болезней и вредителей.

Выявлена высокая биологическая эффективность препарата Баритона против антрактоза – 74,1–89,7 (в среднем 83,1 %). Контроль поражен 7,3–14,5 % (в среднем 10,1 %).

Обработка посевов льна Децис профи была высокоэффективной – численность льняных блошек снизилась на 96,2 %.

Оценивая действие каждого препарата, включенного в комплексную систему, на урожайность культуры, следует отметить, что самым существенным фактором за годы исследований, влияющим на урожайность, является применение гербицида, который обеспечил получение 0,35 т/га (64,8 %) суммарного защищенного урожая семян. На втором месте инсектицид – 0,1 т/га (18,5 %), на третьем протравитель – 0,09 т/га (16,7 %).

Таблица 3 – Оценка вклада индивидуальных приемов защиты посевов льна от сорняков, болезней и вредителей в общую эффективность интегрированной системы защиты (в среднем за 2013–2016 гг.)

Варианты опыта	Биологическая эффективность индивидуальных приемов	Урожайность зерна по вариантам, т/га		Уровень защищенного урожая зерна от соответствующих приемов защиты	
		всего	в т.ч. сохраненный урожай	фактически, %	долевой вклад, условно, %
Интегрированная защита (протравитель семян, гербицид, инсектицид)	Оценка по индивидуальным приемам	1,09	0,54	98,2	принято за 100 %
Применение протравителя (Баритон, КС 1,5 л/т)	83,1 % снижение антрактоза от контроля	0,64	0,09	16,4	16,7
Применение гербицида (Секатор турбо, МД 0,08 л/га + Фуроре супер 7.5, ЭМВ 0,9 л/га)	95,1 % снижение уровня засоренности от контроля	0,90	0,35	63,6	64,8
Обработка посевов инсектицидом Децис профи 0,025 кг/га	96,2 % гибель льняных блошек от контроля	0,65	0,10	18,2	18,5
Контроль (без химических обработок)		0,55			

Установлено, что комплексное применение пестицидов способствовало повышению в зерне содержания белка с 15,4 до 18,6%.

Данные структуры урожая показали, что прибавка защищенного урожая зерна получена за счет большего количества растений, сохранившихся к уборке, большего количества семян в коробочке и веса 1000 семян.

При применении изучаемых гербицидов в сочетании с другими пестицидами в системе комплексной защиты прибавка урожая получается за счет суммарного воздействия всех компонентов системы на показатели структуры. Больше всего суммарный положительный эффект проявился на варианте с полным комплексным применением средств химизации, используемых для защиты посевов культуры от вредных объектов, что позволило получить достоверные прибавки урожая семян льна.

Выводы и рекомендации

Исследованиями установлена высокая эффективность технологии комплексной защиты посевов льна от вредных организмов, в которую включен Секатор турбо 0,08 л/га + Фуроре супер 7,5 0,9 л/га в сочетании с протравителем семян Баритон 1,5 л/т и инсектицидом Децис профи 0,025 кг/га, обеспечивающая величину защищенного урожая льна от 0,45 до 0,63 т/га в зависимости от года исследований.

В среднем за годы исследований при комплексном применении приемов защиты растений урожай культуры был сохранен в общей сложности на уровне 0,54 т/га, фактически 98,2% при контроле 0,55 т/га, из них первое место в технологии защиты посевов занимает гербицид – 0,35 т/га (64,8%) суммарного защищенного урожая, на втором месте инсектицид – 0,1 т/га (18,5%), на третьем протравитель семян 0,09 т (16,7%).

Отрицательного влияния на технологические свойства семян разработанная технология применения пестицидов, при соблюдении регламентов их применения, не оказывает: содержание белка в семенах в среднем возрастает до 18,6% по сравнению с контролем 15,4%.

Полученные данные по комплексной системе защиты льна нельзя считать универсальными, так как они могут изменяться в зависимости от фитосанитарной обстановки посевов, складывающихся на момент оценки, зависящей от погодно-климатических условий, а также фитопатологических и гербологических особенностей зоны возделывания культуры.

Список литературы

1. Денисов Е. П., Солодовников А. П., Мокин А. С. Улучшение агрофизических свойств южных черноземов под влиянием многолетних трав // Кормопроизводство. 2006. № 3. С. 19–21.
2. Комплексные меры борьбы с вредными организмами, водный и пищевой режим в посевах кукурузы, овса на черноземах Поволжья / Ю. Я. Спиридонов [и др.] // Аграрный научный журнал. 2016. № 5. С. 39–42.
3. Технология возделывания яровой твердой пшеницы с применением Секатора турбо, Баритона, Фалькона, Нагро и других препаратов / Ю. Я. Спиридонов [и др.] // Аграрный научный журнал. 2017. № 3. С. 30–36.
4. Борьба с вредными организмами на посевах полевых культур / Ю. Я. Спиридонов [и др.] // Аграрный научный журнал. 2016. № 9. С. 43–48.
5. Каменченко С. Е., Стрижков Н. И., Наумова Т. В. Вредоносность остроголовых клопов на зерновых культурах в Поволжье // Земледелие. 2015. № 2. С. 37–38.
6. Каменченко С. Е., Стрижков Н. И., Наумова Т. В. Эколого-биоценотические закономерности размножения лугового мотылька в агроценозах Нижнего Поволжья // Земледелие. 2013. № 3. С. 37–39.
7. Каменченко С. Е., Стрижков Н. И., Наумова Т. В. Факторы, влияющие на динамику популяций вредных саранчовых в Нижнем Поволжье // Земледелие. 2012. № 1. С. 41–43.
8. Лебедев В. Б., Стрижков Н. И. Основные направления борьбы с пыреем ползучим // Достижения науки и техники АПК. 2007. № 8. С. 30–31.
9. Региональные критерии оценки потерь урожая пшеницы от вредных организмов / В. Б. Лебедев, Д. А. Юсупов, Н. И. Стрижков, С. Е. Каменченко // Агро XXI. 2003. № 7–12. С. 11–14.
10. Фронтьер для защиты нута / В. Б. Лебедев [и др.] // Защита и карантин растений. 2003. № 12. С. 28.
11. Лебедев В. Б., Стрижков Н. И., Калмыков С. И. Чему учит опыт Поволжья // Защита и карантин растений. 2007. № 3. С. 32–35.
12. Лебедев В. Б., Стрижков Н. И. Последствие гербицидов в севообороте // Агро XXI. 2007. № 4–6. С. 43–44.
13. Стрижков Н. И. Экологически обоснованные минимально необходимые нормы и сроки применения гербицидов на полевых культурах // Достижения науки и техники АПК. 2007. № 9. С. 19–20.



14. Влияние различных факторов на формирование видового состав сорняков и уровень засоренности культур в севооборотах Поволжья / Н. И. Стрижков [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 5. С. 15–17.

15. Гербицид евро-лайтнинг в посевах подсолнечника / Н. И. Стрижков, В. Б. Лебедев, А. П. Силкин, Ю. И. Мулин // Защита и карантин растений. 2009. № 2. С. 31–32.

16. Стрижков Н. И. Интегрированные системы защиты сельскохозяйственных культур от сорной растительности в полевых севооборотах черноземной степи Поволжья : дис. ... д-ра с.-х. наук / НИИ сельского хозяйства Юго-Востока. Саратов, 2007.

Спиридонов Юрий Яковлевич, д-р биол. наук, академик, профессор, зав. отделом гербологии, ВНИИФ.

E-mail: vniif@vniif.ru.

Будынков Николай Иванович, канд. биол. наук, вед. науч. сотрудник лаборатории экологии микроорганизмов, ВНИИФ.

E-mail: vniif@vniif.ru.

Автаев Руслан Аптиевич, зам. директора, ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока».

E-mail: raiser-saratov@mail.ru.

Стрижков Николай Иванович, д-р с.-х. наук, гл. научный сотрудник лаборатории Защиты растений, ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока».

E-mail: raiser-saratov@mail.ru.

Суминова Наталья Борисовна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Защита растений и плод-овощеводство», Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова.

E-mail: suminovan@mail.ru.

Критская Елена Евгеньевна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Защита растений и плод-овощеводство», Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова.

E-mail: minkleit@yandex.ru.

* * *

ОПТИМИЗАЦИЯ ФИТОСАНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ ПОСЕВОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР С ПОМОЩЬЮ РАЗНОПЛАНОВЫХ ГЕРБИЦИДОВ В СОВРЕМЕННОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

А. С. Филиппов, В. В. Немченко

В статье рассматривается проблема сильной засоренности полей, которая связана с переходом на технологии с минимальной обработкой почвы. В первую очередь, отмечено резкое распространение на полях таких злостных сорняков, как молочай лозный *Euphorbia virgata*, вьюнок полевой *Convolvulus arvensis*, молочкан татарский *Mulgedium tataricum*. Возросла вредоносность зимующих, злаковых и однолетних двудольных сорняков. Решение этой проблемы связано с эффективным применением гербицидов как основного средства борьбы с сорняками в современных условиях. Возникает необходимость в системе применения гербицидов, включающей не только традиционное опрыскивание во время вегетации культуры, но и допосевную, послеуборочную химические прополки и использование гербицидов в паровых полях. Целью наших исследований является разработка и уточнение рекомендаций по рациональному использованию избирательных и общеистребительных гербицидов при возделывании зерновых культур в условиях минимизации обработки почвы. Исследования проводились методом полевого опыта в 2008–2015 гг. на Центральном опытном поле Курганского НИИСХ. Объекты исследований – яровая пшеница (сорт Терция и Зауралочка), яровой ячмень (сорт Прерия). В результате испытаний гербицидов при различных сроках их использования определили, что прием допосевной химпрополки наиболее эффективен против зимующих сорняков, видов осота и молочая лозного. В борьбе с вьюнком полевым лучше подходит осеннее применение гербицидов и его искоренение по технологии химического пара. В борьбе с молочаем, вьюнком и молочканом татарским в фазу кущения пшеницы были наиболее эффективны препараты на основе эфиров 2,4-Д, для расширения спектра действия против некоторых однолетних сорняков рекомендуем применять смеси эфир 2,4-Д + сульфонилмочевина. Применение гербицидов в паровых полях обеспечило более чистые от сорняков посевы и существенное увеличение урожайности яровой пшеницы (на 3,4–4,6 ц/га) в сравнении с механически обработанным паром (5 культиваций за вегетацию).

Ключевые слова: минимальная обработка почвы, избирательные гербициды, глифосат, сорняки, зерновые культуры, допосевное и послеуборочное применение гербицидов, паровое поле.

Основной вектор развития современного земледелия направлен в сторону минимизации обработки почвы, так как глубокая вспашка и многократные культивации, помимо высоких энергозатрат, усиливают эрозию почвы и физическое испарение почвенной влаги, что особенно негативно для территорий с недостаточным и нестабильным увлажнением. Сокращение глубины и количества операций по обработке почвы и даже полный отказ от них при использовании современной техники позволяет обеспечить экономию топлива на 30–50 % и значительное сокращение трудовых затрат [1, 2]. Однако переход к минимизации обработки по-

чвы приводит к серьезным изменениям в фитосанитарном состоянии агроценозов. В первую очередь, увеличивается засоренность посевов и частично меняется видовой состав сорняков, а также усиливается дефицит минерального азота. Так, в ряде исследований, выполненных в Урало-Сибирском регионе и в странах ближнего Зарубежья, при минимизации почвообработки засоренность увеличивалась в 1,5–3 раза и существенно изменялся видовой спектр сорняков [3–12].

По нашим наблюдениям и данным Курганского филиала «Россельхозцентра» (в среднем за 2011–2016 гг.), выявлено, что в Курганской



области вследствие широкого использования приемов минимизации обработки почвы и «прямого» посева резко возросла засоренность посевов зерновых культур такими злостными корнеотпрысковыми сорняками, как выюнок полевой *Convolvulus arvensis* (76% от обследованных площадей) и молочай лозный *Euphorbia virgata* (61% от обследованных площадей). От 63 до 89% площади обследованных полей засорены разными видами осотов (бодяк щетинистый *Cirsium setosum*, осот полевой *Sonchus arvensis*, молокан татарский *Mulgedium tataricum*), от 68 до 74% обследованных полей засорены овсюгом *Avena fatua* и видами проса (*Echinochloa crus-galli*, *Panicum miliaceum*) и щетинника (*Setaria viridis*, *Setaria glauca*). Растет число полей засоренных коостром безостым *Bromus inermis* и сурепкой обыкновенной *Barbarea vulgaris*. При сокращении и даже отказе от осенних почвообработок существенно увеличилось распространение и вредоносность зимующих сорняков: пастушьей сумки *Capsella bursa-pastoris*, ярутки полевой *Thlaspi arvense*, мелколепестника канадского *Erigeron canadensis*, подмаренника цепкого *Galium aparine*, ромашки непахучей *Matricaria inodora* и других. Поэтому сейчас, в условиях ресурсосберегающих технологий, имеет особую значимость научно обоснованное и грамотное применение гербицидов как основного средства борьбы с сорняками. Целью наших исследований является разработка и уточнение рекомендаций по рациональному использованию избирательных и общеистребительных гербицидов при возделывании зерновых культур в условиях минимизации обработки почвы.

Материалы и методы

Исследования проводились методом полевого опыта на Центральном опытном поле Курганского НИИСХ в период с 2008–2015 гг., при этом по гидротермическим условиям наиболее благоприятным годом был только 2011 г. (ГТК = 1,15), 2010 и 2012 гг. были острозасушливыми (ГТК = 0,31 и 0,35). В 2008, 2009, 2013–2015 гг. условия вегетации были умеренно засушливыми (ГТК = 0,65–1,07), так как в эти годы дефицит увлажнения наблюдался только в мае-июне, а не в течение всей вегетации (в июле или августе выпадали обильные осадки). Почва опытного участка – чернозем выщелоченный маломощный малогумусный среднесуглинистый.

Посев осуществлялся сеялкой СКП-2,1. Предшественник в опытах с допосевным при-

менением и избирательными гербицидами – бессменная яровая пшеница. Обработка почвы в опыте с избирательными гербицидами – осеннее лущение дисковой бороной БДТ-3. Использовались среднеспелые сорта яровой пшеницы Терция, Зауралочка и ячмень сорта Прерия (в опыте с допосевным применением). Гербициды вносились ручным опрыскивателем с расходом рабочего раствора 250–300 л/га в разные сроки в зависимости от схем опытов: селективные гербициды применяли в кушение культуры, допосевное внесение проводилось за 10–12 дней до посева культуры. Подготовка парового поля проводилась по следующим технологиям: механическая обработка – за период парования на поле проводилось 5 обработок культиватором КПС-4 или сеялкой СКП-2,1 на глубину 7–10 см; комбинированный пар – в середине июня на поле проводилась культивация, затем через 30–35 дней проводили опрыскивание гербицидами, а еще через 40–45 дней – вторую механическую обработку (культивацию); химический пар – проводились две обработки гербицидами (в середине июня и в конце августа). По вариантам подготовки пара на следующий год проводился посев яровой пшеницы сеялкой СКП-2,1. Площадь делянки – 20 м² и 36 м² (в опыте с паром). Повторность трехкратная. Засоренность опытных делянок определялась по методике ВИЗР [13, 14]. Уборка пшеницы осуществлялась в фазе полной спелости комбайном «Сампо-130».

Результаты исследований

В связи с уменьшением площадей, обрабатываемых механически в осенний период, существенно увеличилась и продолжает расти засоренность уже упомянутыми зимующими сорняками: пастушьей сумкой, яруткой полевой и некоторыми другими. Эти сорняки, возобновляя вегетацию сразу после таяния снега, иссушают и истощают почву, что приводит не только к трудностям при посеве, но и становится причиной изреженных «рваных» всходов. Кроме зимующих сорняков очень рано на полях начинает вегетировать и молочай лозный, который к моменту применения избирательных гербицидов на зерновых культурах (в фазу кушения) уже наносит значительный ущерб посевам и становится устойчивыми к большинству гербицидов. Поэтому допосевная химпрополка полей с высокой засоренностью в условиях минимизации обработки почвы и особенно прямого посева является нормой.

Допосевное опрыскивание глифосатом следует проводить в сроки не позднее 3–5 или 10–14 дней до посева. Разница по срокам обусловлена видовым составом и численностью сорняков. При засорении малолетними сорняками (зимующие или яровые ранние виды, падалица предшествующей культуры) достаточно выдержать срок 3–5 дней, а при численности корнеотпрысковых сорняков (осоты и молочай) более 3 экз./м² необходим больший срок ожидания (10–14 дней) иначе подавление этих видов будет малоэффективным. Эти сроки необходимо выдерживать при посеве сеялками с сошниками культиваторного типа. При использовании анкерных и дисковых сошников (не подрезающих сорняк) посев можно проводить уже на 3 день после обработки.

Наши исследования по допосевному применению глифосатсодержащих гербицидов в 2011–2013 гг. показали (табл. 1), что этот прием не обеспечивает полного очищения посевов от сорняков до конца вегетации, скорее он необходим для сохранения влаги в почве и создания конкурентного преимущества культуре в начальный период роста и развития на засоренных участках (особенно если сорняки – зимующие виды или молочай).

По нашим данным, допосевная химическая прополка достаточно эффективно снижала повторное отрастание бодяка и молочана (хотя отрастание все-таки происходило, особенно к завершению вегетации) и «снимала» засоренность однолетними яровыми и зимующими сорняками на период всходы-кущение культуры. Но в последующем, в зависимости от осадков и температурного режима, однолетние сорняки (виды щирицы, мари, злаковые сорняки) в большей или меньшей численности прорастали повторно,

особенно если засушливые условия в мае и июне определяли изреженность и низкорослость посевов культуры, поэтому к концу вегетационного периода снижение массы однолетних сорняков к контролю было незначительным.

Против вьюнка полевого прием допосевной химпрополки малоэффективен в силу биологических особенностей вьюнка – он поздно прорастает и развивает недостаточную листовую поверхность и вегетативную массу для поглощения эффективной дозы гербицида при допосевном опрыскивании. Кроме того, в период отрастания (при длине плетей до 20 см) у вьюнка преобладает восходящий поток питательных веществ из корней в листья, за счет чего при химической прополке в эту фазу не происходит глубокого проникновения гербицида в корневую систему [15]. Поэтому в нашем опыте с допосевным применением гербицидов эффективность подавления вьюнка не превышала 41% даже на варианте с высокой нормой расхода глифосата. Также следует отметить, что применение 36% глифосата (раундап) в невысокой норме расхода (2 л/га) без добавления эфира 2,4-Д было неэффективным против корнеотпрысковых сорняков, что повлияло и на хозяйственную эффективность указанного варианта (табл. 1).

Как показывает практика, не обязательно при допосевной обработке использовать глифосатсодержащие гербициды. Так, если основные сорняки на поле – зимующие виды и отсутствуют злаковые сорные растения или падалица зерновых, то достаточно обработки полей недорогим сульфонилмочевинным гербицидом на основе метсульфурон-метила или смесью эфир 2,4-Д + сульфонилмочевина (но при условии что поле предназначено под посев зерно-

Таблица 1 – Эффективность допосевного применения гербицидов при возделывании зерновых культур (Курганский НИИСХ, 2011–2013 гг.)

Вариант допосевной химпрополки	Снижение массы сорняков, % к контролю					Урожайность, ц/га	
	всех	однолетние	вьюнок полевой	молочан татарский	бодяк	всего	+ (–) к контролю
Контроль	854 г/м ²	66 г/м ²	61 г/м ²	233 г/м ²	494 г/м ²	9,8	–
Раундап 2 л/га	45	10	10	58	47	12,0	2,2
Раундап 6 л/га	71	-4	41	79	82	14,7	4,9
Ураган форте 1,5 л/га + эстерон 0,7 л/га	63	6	48	79	65	14,3	4,5
НСР ₀₅						1,4	

Примечание: учет засоренности сделан через 45 дней после допосевной обработки, посев проводился на 10–12 сутки после допосевной обработки.



вых культур). А если на поле есть многолетние сорняки (осоты, молочай) или злаковые виды, или высеваются чувствительные к сульфонилмочевинам культуры, то следует использовать баковые смеси глифосата с эфирами 2,4-Д или чистый глифосат.

Обработка селективными гербицидами в кушение культуры в условиях минимизации обработки почвы является обязательным приемом и зачастую даже при проведении допосевного опрыскивания. Для борьбы с широколистными сорняками на зерновых культурах применяют, в основном, 3 группы избирательных гербицидов: производные сульфонилмочевины, 2,4-Д к-ты, препараты на основе дикамбы и всевозможные их смеси и комбинации.

Гербициды группы сульфонилмочевин при низких нормах расхода обладают достаточно высокой эффективностью против осота полевого и бодяка, однолетних двудольных сорняков (особенно гречишек, щирицы, зимующих видов) и невысокой стоимостью обработки на гектар. Однако при производстве масличных и зернобобовых культур следует учитывать, что многие сульфонилмочевины (в особенности метсульфурон-метил, хлорсульфурон, триа-сульфурон) обладают эффектом последствия на рапсе, кукурузе, сое, горохе, подсолнечнике,

гречихе и других культурах в случае их посева в севообороте после зерновых. Не имеют последствий при посеве на следующий год гербициды на основе быстроразлагающихся в почве сульфонилмочевин (трибенурон-метил, тифенсульфурон-метил).

Кроме того, по результатам наших испытаний (табл. 2), большинство гербицидов на основе сульфонилмочевин слабо действуют против вьюнка и молочая, малоэффективны против молокана татарского (осот голубой) и не всегда подавляют марь белую. Поэтому при возможном риске последствия сульфонилмочевин и высокой засоренности осотами, бодяком, вьюнком или же при наличии на полях молочая лозного, следует использовать гербициды группы 2,4-Д или смесевые препараты в зависимости от сорного ценоза и севооборота. По нашим данным, из группы 2,4-Д хорошие показатели обеспечивал эстерон и аналогичные препараты на основе сложного эфира 2,4-Д, а также элант премиум (2,4-Д + дикамба). По биологической эффективности эти препараты подавляли молочай лучше, чем 2,4-Д + флорасулам (гербицид прима), но были малоэффективны против гречишки вьюнковой. Смесевые препараты, содержащие сульфонилмочевину (эламет и аналогичные баковые смеси), кроме корнеотпрысковых

Таблица 2 – Эффективность гербицидов на яровой пшенице, 2011–2015 гг.

Вариант химпрополки	Урожайность, ц/га	+ (–) к контролю, ц/га	Снижение сырой массы сорняков, % к контролю					
			всего	осоты*	вьюнок полевой	гречишки	прочие*	молочай
Контроль (без обработки)	10,6	–	671 г/ м²	393 г/ м²	132 г/м²	14 г/м²	88 г/м²	45 г/м²
на основе сульфонилмочевин								
Ларен 10 г/га	13,0	2,4	68	77	59	93	75	–3
Гранстар 20г/га + ПАВ 0,2 л/га	12,4	1,8	56	78	23	57	71	–74
Секатор турбо 0,1 л/га	13,5	2,8	59	76	30	79	65	–17
на основе 2,4-Д (+сульфонилмочевина, флорасулам или дикамба)								
Эстерон 0,7 л/га	13,4	2,8	85	87	85	46	88	80
Эламет*	13,0	2,3	87	90	83	79	90	63
Прима 0,6 л/га	13,1	2,5	78	83	79	68	75	42
Элант премиум 0,8 л/га	12,6	2,0	84	86	87	36	85	62
Триатлон*	13,3	2,7	86	89	86	46	92	66
на основе дикамбы (+ сульфонилмочевина)								
Банвел 0,3 л/га	11,5	0,8	64	60	82	75	72	30
Прополол 120 г/га	12,1	1,5	73	75	74	79	96	15
НСР ₀₅		0,7						

Примечание: осоты* – бодяк щетинистый и молокан татарский; прочие* – щирица запрокинутая, марь белая; эламет – элант 0,5 л/га + метурон 5 г/га, триатлон* – элант премиум 0,5 л/га + сталкер 7 г/га.

видов были эффективны и против однолетних сорняков, включая гречишек (табл. 2).

По стоимости обработки 1 га наиболее приемлемы комбинации эфиров 2,4-Д (элант, эстерон) с препаратами на основе метсульфурон-метила (ларен, метурон), например смесевой гербицид эламет. Однако если требуется смесь, не обладающая последствием в севообороте, то наиболее «безопасный» и эффективный вариант – эфир 2,4-Д 0,4-0,5 л/га + трибенурон-метил 10–12 г/га (гранстар, сталкер), например, смесевой гербицид триатлон.

Гербицид на основе дикамбы в чистом виде банвел был неэффективен против молочая и молокана татарского, а в засушливые годы показал наибольшую фитотоксичность к культуре. В сравнении с банвелом комбинированный препарат прополол (дикамба + хлорсульфурон) был более эффективен против осотов и однолетних сорняков (включая гречишек) и менее фитотоксичен к культуре, но также неэффективен против молочая, как и дикамба в чистом виде.

В среднем за 5 лет испытаний на фоне засоренности корнеотпрысковыми сорняками (включая выюнок, молочай и молокан татарский) максимальную биологическую эффективность обеспечили гербициды на основе эфира 2,4-Д (снижение массы сорняков 78–87%), однако по количеству сохраненного урожая были не хуже и гербициды на основе сульфонилмочевин – ларен и секатор турбо, которые снизили общую массу сорняков только на 59–68%, но, очевидно, мягче действовали на культуру. Гербицид гранстар показал наименьшую биологическую эффективность при такой видовой засоренности, а банвел – наименьшую прибавку урожая (табл. 2).

Для искоренения корнеотпрысковых сорняков на полях недостаточно традиционных химических прополок по вегетации, нужна система, включающая дополнительно не только применение гербицидов до посева, а, возможно, и после уборки культуры и в паровом поле.

В частности, против выюнка полевого эффективен прием осенней обработки полей гербицидами, так как в этот период (после созревания семян) у выюнка происходит запасание питательных веществ в корни, поэтому такая химпрополка позволяет гербицидам глубже проникнуть в корневую систему сорняка, что значительно повышает вероятность его полной гибели.

Но при осеннем послеуборочном применении необходимо дождаться отрастания вегетивной сорняков (после их скашивания комбай-

ном) до уязвимой фазы, а только потом применять гербициды. Обычно в благоприятных условиях (теплая влажная осень) для отрастания многолетних сорняков достаточно 10–14 дней. Данный прием также позволяет в осенний период «снять» засоренность и зимующими сорняками без механической обработки почвы.

Что касается норм расхода гербицидов, то регламент применения и результаты наших исследований показали, что и при допосевном, и послеуборочном применении, и в паровом поле наиболее эффективными нормами расхода общеистребительных гербицидов с концентрацией глифосата кислоты 36% (РАП, глдер, дефолт, раундап и др.) являются: 4–6 л/га – против злостных корнеотпрысковых сорняков, 2–4 л/га – в борьбе с пыреем, 1,5–2 л/га – против малолетних сорняков. При использовании более концентрированных «глифосатов» (45%, 50%, 54%, 60%) (глифос премиум, ураган форте, торнадо 500, спрут экстра, рап 600) максимальную норму расхода можно снизить до 3–4 л/га (минимальная – 1,2–1,5 л/га). В баковых смесях с эфирами 2,4-Д (в нормах 0,3–0,7 л/га) и сульфонилмочевинами (в нормах 5–15 г/га) нормы внесения 36% глифосата могут быть снижены до 1,5–2,5 л/га, а при использовании более концентрированных гербицидов – до 1,0–1,5 л/га. Использование в смесях с глифосатом препаратов на основе дикамбы, по нашим данным малоэффективно.

Несмотря на высокую эффективность вышеперечисленных приемов, следует отметить, что все же самый действенный способ борьбы с корнеотпрысковыми сорняками (включая молочай и выюнок), позволяющий расширить выбор препаратов, их нормы и сроки применения в зависимости от биологии сорняка и погодных условий – это использование гербицидов при подготовке чистого пара (табл. 3). Именно такая технология позволяет проводить химпрополки в наиболее уязвимые фазы сорняков: осоты (осот полевой, молокан, бодяк) – в фазе розетки, выюнок полевой – при длине плетей не менее 30–40 см (лучше всего перед цветением), пырей – при высоте растений 15–20 см.

Технология комбинированного пара включает частичную замену механических обработок почвы в период парования применением общеистребительных гербицидов и их баковых смесей. При такой технологии подготовки пара первую механическую обработку рекомендуется проводить на глубину 8–12 см с целью провокации и истощения корневой системы сорняка.



Вторая обработка химическая – опрыскивание гербицидами проводится в середине июля, но не раньше чем через 2–3 недели после культивации, так как необходимо дожидаться появления как можно большего количества сорняков, а розетки корнеотпрысковых видов должны быть хорошо развиты. Последующую механическую обработку проводят не ранее чем через 2 недели после опрыскивания – по мере отрастания сорняков.

При высокой засоренности полей корнеотпрысковыми сорняками, в частности вьюнком полевым и осотами, многочисленные культивации неэффективны, а одной химической обработки оказывается недостаточно, поэтому такие поля рекомендуем подготавливать по технологии химического пара, которая полностью заменяет механические обработки двумя или тремя химпрополками за период парования. Первую гербицидную обработку рекомендуется проводить, когда доминирующий сорняк достигнет наиболее уязвимой фазы роста и развития. Вторую обработку проводят по мере отрастания новых сорняков, что обычно наступает не ранее чем через 25–30 дней.

В исследованиях А.М. Заргаряна [16] достаточно высокую эффективность в борьбе с многолетними сорняками обеспечивала полная доза 36% глифосата при технологии химического пара (не менее 4 л/га – первая обработка, 3 л/га – вторая), однако этот вариант наиболее дорогостоящий. Использование баковой смеси 36% глифосат 2 л/га + эфир 2,4-Д 0,5–1 л/га является менее затратным, но при этом обеспечивает хорошее подавление вьюнка и даже эффективнее действует против осотов и молочая в сравнении с чистым глифосатом (табл. 3).

При высокой засоренности гречишными сорняками (гречишка вьюнковая, гречиха татарская) рекомендуем применение смеси глифосат 2 л/га + метсульфурон-метил 10 г/га, которая эффективно подавляет осот, бодяк и малолетние виды, и менее затратная, чем смеси с 2,4-Д эфирами или дикамбой. Однако при наличии в сорном ценозе кроме однолетних сорняков молочая лозного, вьюнка или молочана татарского эффективнее будет тройная смесь: глифосат 2–2,5 л/га + эфир 2,4-Д 0,5–0,7 л/га + метсульфурон-метил 5 г/га.

Таблица 3 – Засоренность и урожайность первой пшеницы в зависимости от технологии подготовки пара, 2009–2011 гг.

Вариант подготовки чистого пара	Урожайность, ц/га		Сырая масса сорняков, г/м ²		
	всего	+/- к стандарту	всего	многолетние*	однолетние*
Механическая обработка (стандарт) 5 культиваций	18,4	–	450	152	298
комбинированный пар					
1) Мех. обр.* 2) Рап* 4 л/га 3) Мех. обр.	22,4	4,0	279	86	193
1) Мех. обр. 2) Рап 2 л/га + элант* 1 л/га 3) Мех. обр.	23,0	4,6	259	85	174
химический пар					
1) Рап 4 л/га 2) Рап 3 л/га	21,8	3,4	168	24	144
1) Рап 2 л/га + элант 1 л/га 2) Рап 2 л/га + элант 0,7 л/га	22,2	3,8	153	22	132
1) Рап 2 л/га + элант 1 л/га + метурон* 5 г/га 2) Рап 1,5 л/га + элант 0,7 л/га + метурон 5 г/га	23,0	4,6	134	14	120
1) Рап 1,5 л/га + элант 1 л/га + метурон 5 г/га 2) Рап 1 л/га + элант 0,7 л/га + метурон 5 г/га	22,6	4,2	142	28	114
НСР ₀₅		1,7			

Примечание: мех. обр. – механическая обработка; рап – глифосат 36%, элант – эфир 2,4-Д 564 г/л; метурон – метсульфуронметил 600 г/кг; многолетние – осот полевой, молочан татарский, вьюнок; однолетние – гречишка вьюнковая и татарская, марь, щирица и просовидные сорняки.

Положительной стороной технологии химического пара является также сбережение влаги, так как почва не обрабатывается, однако вместе с тем следует учесть, что и нитратов в период парования накапливается меньшее количество в сравнении с комбинированным и механическим парами (особенно на средних и легких по гранулометрическому составу почвах).

Упомянутые варианты комбинированного и химического пара в опыте А. М. Заргаряна существенно снизили засоренность и обеспечили прибавку зерна пшеницы в первом поле после пара на 3,4–4,6 ц/га в сравнении со стандартом (механически обрабатываемый пар – 5 культур за вегетацию) (табл. 3).

Выводы

1. В условиях минимизации обработки почвы существенно изменяется видовой состав ценоза сорных растений: возрастает распространение и вредоносность озимых и зимующих сорняков, среди корнеотпрысковых начинают преобладать молочай лозный, вьюнок полевой, молокан татарский, усиливается засорение злаковыми сорняками (овсюгом, видами проса и щетинников) и однолетними двудольными (виды щирицы, мари, гречишек).

2. В связи с изменением спектра сорняков требуется система применения разноплановых гербицидов, которая включает в себя наряду с традиционным опрыскиванием по вегетации также допосевное, послеуборочное и применение гербицидов в паровых полях. Это позволяет эффективнее бороться со злостными корнеотпрысковыми сорняками, учитывая их различные биологические особенности.

Рекомендации

Прием допосевной химпрополки наиболее эффективен против зимующих сорняков и молочая лозного, а также подходит в борьбе с осотами (осот желтый, бодяк, молокан). Против вьюнка полевого лучше применять осеннюю химпрополку гербицидами, а для его искоренения следует использовать технологию химического пара.

Для борьбы с молочаем, вьюнком и молоканом татарским в фазу кущения пшеницы наиболее эффективны препараты на основе эфиров 2,4-Д. По широте спектра действия рекомендуем смесевые гербициды эфир 2,4-Д (0,4–0,5 л/га) + метсульфурон-метил (5–7 г/га) (например, эламет) или эфир 2,4-Д (0,4–0,5 л/га) + трибенурон-метил (7–12 г/га). Если в севообороте нет чув-

ствительных к сульфонилмочевинам культур, а в посевах нет высокой засоренности вьюнком полевым, молочаем лозным, видами осотов (более 5 розеток/м²) и марью белой, то можно использовать недорогой и наиболее эффективный гербицид из группы сульфонилмочевин на основе метсульфурон-метила (ларен и аналоги).

Список литературы

1. Система защиты растений в ресурсосберегающих технологиях / под общ. ред. В. В. Немченко. Куртамыш : ГУП «Куртамышская типография», 2011. 525 с.
2. Власенко А. Н., Шарков И. Н., Иодко Л. Н. Экономические аспекты минимизации основной обработки почвы // Земледелие. 2006. № 4. С. 18–20.
3. Каличкин В. К. Минимальная обработка почвы в Сибири: проблемы и перспективы // Земледелие. 2008. № 5. С. 24–26.
4. Эффективность минимизации обработки черноземов выщелоченных лесостепи Приобья / А. Н. Власенко [и др.] // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2010. № 6. С. 5–11.
5. Кирюшин В. И. Проблема минимизации обработки почвы: перспективы развития и задачи исследований // Земледелие. 2013. № 7. С. 3–6.
6. Рзаева В. В. Засоренность яровой пшеницы при различных способах обработки почвы в Северном Зауралье // Земледелие. 2013. № 8. С. 25–26.
7. Синещеков В. Е., Васильева Н. В. Фитосанитарная ситуация в зерновых агрофитоценозах при минимизации обработки почвы. Новосибирск : СибНИИЗиХ, 2015. 138 с.
8. Karnaukh O. B. Weed infestation of plantings and yielding capacity of spring barley under various tillage operations // Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2013. № 82. Р. 100–106.
9. Main weed infestation factors in modern systems of crop growing in Belarus / S. Soroka, G. Romanjuk, L. Soroka, A. Khaibullin // Zeitschrift für pflanzenkrankheiten und pflanzenschutz. 2000. № 107. Р. 99–103.
10. Woźniak A., Soroka M. Effects of long-term reduced tillage on weed infestation of pea (*Pisum sativum* L.) // Acta agrobotanica. 2014. Т. 67 № 3. Р. 119–126.
11. Панфилов А. Э. Продуктивный потенциал кукурузы и факторы его реализации в лесостепи южного Зауралья : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Новосибирск, 2005. 35 с.



12. Вредоносность сорняков различных биологических групп в посевах кукурузы / А. Э. Панфилов, Д. С. Корыстина, Е. С. Корыстин, И. Н. Цымбаленко // Кукуруза и сорго. 2007. № 6. С. 16–19.

13. Экологический мониторинг и методы совершенствования защиты зерновых культур от вредителей, болезней и сорняков (методические рекомендации). СПб. : ВИЗР, 2002. 76 с.

14. Методические указания по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве. СПб. : ВИЗР, 2013. 280 с.

15. Садовникова Н. Н. Эффективность применения гербицидов против вьюнка полевого в паровом поле и посевах пшеницы в условиях Приобья Алтая : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Красноярск, 2013. 17 с.

16. Немченко В. В., Филиппов А. С., Заргарян А. М. Применение общеистребительных гербицидов при минимальной и нулевой технологиях возделывания зерновых культур // Защита и карантин растений. 2015. № 11. С. 22–24.

Филиппов Анатолий Сергеевич, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, лаборатория регуляторов роста и защиты растений, ФГБНУ «Курганский НИИСХ».

E-mail: tolifil@yandex.ru.

Немченко Владимир Васильевич, д-р с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник, лаборатория регуляторов роста и защиты растений, ФГБНУ «Курганский НИИСХ».

E-mail: kniish@ketovo.zaural.ru.

* * *

УДК 635.21: 631.5

**УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКА И ГЛУБИНЫ ПОСАДКИ****А. К. Горбунов, А. А. Васильев, А. А. Мушинский**

Целью проведенных в 2011–2016 гг. являлось изучение влияния срока и глубины посадки на урожайность и качество клубней картофеля в условиях лесостепной зоны Южного Урала. Приводится анализ влияния изученных факторов на продуктивность и качественные показатели клубней трех сортов картофеля: Тарасов (2011–2013 гг.), Розара и Кузовок (2014–2016 гг.) – в зависимости от погодных условий вегетационного периода. В благоприятных условиях 2011-го и 2015 гг. растения картофеля формировали наибольший урожай в варианте мелкой посадки во второй декаде мая (у сорта Тарасов высокий урожай в 2011 г. также обеспечивала посадка в начале июня на глубину 10–12 см). В условиях засухи 2012 г. и недостаточно влажного 2016 г. преимущество имела глубокая заделка семенного материала во все сроки посадки, наибольшая продуктивность сорта Тарасов отмечалась при посадке 1 июня 2012 года, сортов Розара и Кузовок – 25 мая 2016 года. В среднем за годы исследований двухнедельная задержка с посадкой не снижала урожайности изученных сортов картофеля (среднеспелый сорт Тарасов в этом варианте даже повышал свою продуктивность на 0,86–3,59 т/га). Однако при этом происходит достоверное снижение крахмалистости клубней (у сорта Тарасов – на 0,09–0,23 %, Кузовок – на 1,05–1,25 %, Розара – на 1,49–2,08 %) по сравнению с посадкой во второй декаде мая (контроль). Поздняя посадка картофеля (5–12 июня) приводила к существенному снижению урожайности (у сорта Розара – на 2,98–4,49 т/га, Кузовок – на 4,13–6,26 т/га) и крахмалистости клубней (на 2,15–2,24 и 1,92–2,16 %), при этом отмечалось резкое (в 3,8 и в 2,5 раза соответственно) увеличение содержания в клубнях нитратов. Мелкую заделку семенных клубней (на 5–6 см) следует использовать только при посадке во второй декаде мая, в более поздние сроки глубину заделки семенного материала следует увеличить до 10–12 см. Это обеспечивает повышение величины урожая и качества клубней картофеля.

Ключевые слова: картофель, срок посадки, глубина посадки, урожайность, крахмалистость, нитраты.

Важнейшим фактором, определяющим величину и качество урожая картофеля, является сорт. Однако потенциал сорта может быть в полной мере реализован только при соблюдении сортовой технологии, когда биологические требования конкретного генотипа удовлетворяются с помощью приемов агротехники [1]. Для этого необходимо изучить реакцию перспективных и вновь районированных сортов на различные приемы агротехники в конкретных почвенно-климатических условиях. В лесостепной зоне Челябинской области, в комплексе мероприятий, направленных на получение планируемых урожаев картофеля, как показывают опыты на-

шего института, важную роль играют возделывание адаптивных сортов, сбалансированное минеральное питание (макро- и микроэлементами), оптимальная густота посадки, использование фитосанитарных предшественников и защитно-стимулирующих препаратов, повышающих устойчивость растений и сдерживающих развитие сорняков, возбудителей болезней и вредителей в пределах экономического порога вредоносности [2]. В этом аспекте вопросы подбора оптимальных сроков и глубины посадки картофеля остаются малоизученными [3].

Цель исследований – изучить влияние срока и глубины посадки на урожайность и качество



клубней картофеля (*Solanum tuberosum* L.) в условиях лесостепной зоны Челябинской области.

Условия, материалы и методы

Исследования проведены в 2011–2016 гг. на опытном поле Южно-Уральского НИИ садоводства и картофелеводства. Предшественник картофеля в 2011–2013 гг. – сидеральный пар (яровой рапс), в 2014–2016 гг. – чистый пар. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый с содержанием гумуса (по Тюрину) – 5,90–7,26 %, легкогидролизуемого азота (по Тюрину и Кононовой) – 7,0–7,9 мг/100 г почвы, подвижного фосфора (по Чирикову) – 11,8–16,0 мг/100 г почвы, обменного калия (по Чирикову) – 19,3–25,7 мг/100 г почвы, $pH_{\text{сол}}$ – 5,12–5,28. Агротехника картофеля общепринятая для зоны. В опытах изучали: в 2011–2013 гг. – среднеспелый сорт Тарасов, в 2014–2016 гг. – ранний сорт Розара и среднеспелый сорт Кузовок. Посадку проводили семенными клубнями массой 50–70 г.

Схема опыта № 1 (2011–2013 гг.)

Фактор А – срок посадки:

1. 17–20 мая (контроль);
2. 1–5 июня.

Фактор В – глубина посадки:

1. Мелкая (5–6 см);
2. Глубокая (10–12 см);

Фактор С – протравливание семенных клубней:

1. Без обработки (контроль);
2. Обработка клубней во время посадки препаратом ТМТД, ТПС (2,5 л/т).

Фактор D – густота (схема) посадки:

1. 49,3 тыс. клубней на 1 га (75×27 см);
2. 70,1 тыс./га (75×19 см).

Фактор E – уровень минерального питания:

1. Без удобрений (контроль);
2. Удобрения в расчете на урожай 25 т/га (в среднем за 3 года – $N_{60}P_{36}K_{60}$); 3. Удобрения в расчете на урожай 40 т/га ($N_{176}P_{157}K_{234}$).

Схема опыта № 2 (2014–2015 гг.):

Фактор А – срок посадки:

1. Ранний (12–15 мая) – контроль;
2. Средний (25–29 мая);
3. Поздний (5–12 июня).

Фактор В – глубина посадки:

1. Мелкая (5–6 см);
2. Глубокая (10–12 см);

Фактор С – сорт:

1. Розара (ранний);
2. Кузовок (среднеспелый).

Фактор D – густота (схема) посадки:

1. 49 тыс. клубней на 1 га (75×27 см);
2. 70 тыс./га (75×19 см).

Фактор E – уровень минерального питания:

1. Без удобрений (контроль);
2. Удобрения в расчете на урожай 25 т/га (в среднем за 3 года – $N_{62}P_{62}K_{51}$); 3. Удобрения в расчете на урожай 40 т/га ($N_{162}P_{194}K_{243}$).

Опыт закладывали в четырехкратной повторности. Размещение вариантов в повторениях рендомизированное. Площадь делянки – 27 м². Обработку данных проводили методом многофакторного дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [4].

По величине гидротермического коэффициента вегетационный период (май–сентябрь) 2011, 2014 и 2015 гг. был признан достаточно влажным (ГТК = 1,41; 1,30 и 1,54 соответственно), 2012 г. – засушливым (0,79), 2013 и 2016 гг. – недостаточно-влажным (1,19 и 1,13).

Результаты и обсуждение

Срок и глубина посадки картофеля оказывали непосредственное влияние на процессы прорастания клубней и все последующие процессы роста и развития растений картофеля. Задержка с посадкой приводила к сокращению вегетационного периода, уменьшала площадь листьев и фотосинтетический потенциал посев картофеля [5–6]. Мелкая посадка ускоряла появление всходов (на 2–3 дня), повышала полевую всхожесть (в среднем на 0,7%) и площадь листьев картофеля (на 10,7%) по сравнению с посадкой на глубину 10–12 см [7]. Полученные нами данные по степени влияния изученных факторов на сроки появления всходов, полевую всхожесть, фенологию развития и формирование ассимиляционной поверхности листьев в целом согласуются с результатами других исследований [8–9]. В этой статье основное внимание уделяется влиянию изученных факторов на величину и качество урожая картофеля (табл. 1).

Влияние срока посадки и глубины заделки семенного материала на урожайность и качество клубней картофеля сорта Тарасов в значительной мере зависело от погодных условий вегетационного периода. Так, в условиях достаточно влажного 2011 г. посадка 17 мая на глубину 5–6 см обеспечивала достоверное увеличение урожая на 2,42 т/га и крахмалистости клубней – на 0,09% по сравнению с глубокой посадкой. Тогда как при позднем сроке посадки (1 июня) более высокая урожайность (+2,69 т/га) и крахмалистость клубней (+0,16%) отмечалась

в варианте заделки семенного картофеля на глубину 10–12 см. Это можно объяснить благоприятной температурой и влажностью почвы на глубине залегания клубневого гнезда. В начале вегетации почва только начала прогреваться, что дает преимущество мелкой заделке, а при посадке в начале июня почва в верхних слоях обычно перегревается, что оказывает отрицательное влияние на прорастание клубня, рост и развитие растений [10–11].

В условиях засухи 2012 г. преимущество обеспечивала глубокая посадка. Урожайность картофеля при первом сроке посадки (17 мая) была на 2,82 т/га, а при втором (1 июня) – на 1,44 т/га больше, чем при мелкой посадке. Это связано с повышенными температурами воздуха и верхнего слоя почвы в течение вегетации [12]. Кроме того, в вариантах глубокой заделки посадочного материала отмечалось достоверное повышение содержания в клубнях крахмала и снижение содержания нитратов. Посадка в начале июня повышала урожай клубней на 11–23% по сравнению с посадкой в середине мая.

В условиях затяжной весны 2013 г. лучшие условия для формирования урожая картофеля складывались при позднем сроке посадки (5 июня). Прибавка урожая по сравнению с посадкой 20 мая при мелкой заделке семенных клубней составила 1,96 т/га, а при глубокой – 6,41 т/га. Одновременно с этим отмечено снижение

крахмалистости клубней на 0,19 и 0,05% соответственно. Это можно объяснить повышением (в среднем в 1,73 раза) вредоносности ризоктониоза (*Rhizoctonia solani*) в непрогретой почве в вариантах первого срока посадки. Г. А. Ганзин и А. Х. Абазов [8] отмечают, что из-за медленного прорастания ростков в холодной почве, они часто заболевают, а иногда и погибают, что вызывает изреженность посадок, приводит к недобору урожая при одновременном снижении крахмалистости клубней.

В среднем за годы исследований посадка в начале июня обеспечивала повышение продуктивности картофеля сорта Тарасов на 0,86–3,59 т/га, но снижала крахмалистость клубней на 0,19–0,23%, тогда как накопление нитратов изменялось незначительно. Мелкая заделка семенного материала способствовала увеличению содержания в клубнях крахмала на 0,04–0,10%, но существенно снижала урожайность (на 2,70 т/га) при позднем сроке посадки. Лучшим вариантом оказалась глубокая поздняя посадка (1–5 июня).

Повышение урожайности картофеля при посадке в начале июня можно объяснить тем, что наблюдаемое при этом уменьшение площади листьев (в среднем на 7,7%) компенсировалось ростом хозяйственной продуктивности листьев (на 17,8%). Аналогичное влияние на продуктивность фотосинтеза (+14,8%) оказывало увели-

Таблица 1 – Урожайность и качество клубней картофеля сорта Тарасов в зависимости от срока и глубины посадки, т/га

Срок посадки (А)	Глубина посадки (В)	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Среднее за 2011–2013 гг.
Урожайность клубней, т/га					
17–20 мая	5–6 см	44,54	14,17	16,67	25,13
	10–12 см	42,12	16,99	16,18	25,10
1–5 июня	5–6 см	41,94	17,41	18,63	25,99
	10–12 см	44,63	18,85	22,59	28,69
НСР ₀₅ (А, В)		1,49	0,55	0,64	0,71
Крахмалистость клубней, %					
17–20 мая	5–6 см	12,35	13,92	12,70	12,99
	10–12 см	12,26	14,02	12,57	12,95
1–5 июня	5–6 см	12,11	13,65	12,51	12,76
	10–12 см	12,27	13,79	12,52	12,86
НСР ₀₅ (А, В)		0,09	0,09	0,03	0,04
Содержание нитратов в клубнях, мг/кг					
17–20 мая	5–6 см	83,9	68,8	84,2	79,0
	10–12 см	89,4	54,7	87,9	77,3
1–5 июня	5–6 см	91,3	74,2	91,5	85,7
	10–12 см	86,6	61,9	80,9	76,5
НСР ₀₅ (А, В)		3,6	3,2	2,1	2,0



чение глубины заделки семенных клубней [13]. Однако сокращение периода вегетации растений при задержке с посадкой уменьшало образование органических веществ в результате фотосинтеза (за счет уменьшения количества усвоенной ФАР), а, как следствие, снижало накопление крахмала в клубнях сорта Тарасов в среднем на 0,16%.

Опыт № 2 выявил, что влияние глубины и срока посадки картофеля на величину и качество урожая зависит как от погодных условий вегетационного периода, так и от генотипа. В условиях достаточно влажного 2014 г. растения раннего сорта Розара наибольшую продуктивность имели при посадке 15 мая, а средне-спелого сорта Кузовок – 26 мая. В 2015 г. оба сорта наибольшую урожайность обеспечивали при первом сроке посадки (15 мая), а в 2016 г. – при втором (25 мая) (табл. 2).

В среднем за 3 года изученные сорта картофеля формировали примерно одинаковую урожайность при первом и втором сроках посадки и заметно снижали продуктивность при позднем сроке посадки. Задержка с посадкой на 3–4 недели в условиях лесостепной зоны Челябинской области приводила к падению урожайности сорта Розара в среднем на 2,98–4,49 т/га, а сорта Кузовок – на 4,13–6,26 т/га. Большее снижение по обоим сортам отмечалось в вариантах мелкой посадки.

Глубина заделки семенных клубней оказывала неоднозначное влияние на продуктивность картофеля по годам исследований. Так, в 2014 г. мелкая посадка картофеля обеспечивала достоверное преимущество при посадке сорта Розара 12 мая и 12 июня 2016 г., а сорта Кузовок – при посадке 26 мая 2016 г. Глубокая заделка клубней

Таблица 2 – Урожайность и качество клубней картофеля в зависимости от сорта, срока и глубины посадки, т/га

Сорт (С)	Срок посадки (А)	Глубина посадки (В)	2014 г.	2015 г.	2016 г.	Среднее за 2014–2016 гг.
Урожайность клубней, т/га						
Розара	12–15 мая	5–6 см	34,46	35,86	24,42	31,58
		10–12 см	34,13	36,62	22,84	31,19
	25–29 мая	5–6 см	32,53	31,19	26,12	30,00
		10–12 см	33,55	33,69	25,41	30,94
	5–12 июня	5–6 см	29,65	28,15	23,44	27,09
		10–12 см	31,83	32,08	21,65	28,51
Кузовок	12–15 мая	5–6 см	38,25	39,99	25,29	34,47
		10–12 см	38,85	37,85	25,91	34,17
	25–29 мая	5–6 см	40,52	33,63	28,12	34,13
		10–12 см	42,35	36,45	27,14	35,34
	5–12 июня	5–6 см	32,71	28,07	23,91	28,21
		10–12 см	31,46	35,53	23,23	30,04
НСР ₀₅ (А)			1,08	1,27	0,95	0,68
НСР ₀₅ (В, С)			0,80	1,03	0,77	0,55
Крахмалистость клубней, %						
Розара	12–15 мая	5–6 см	–	15,20	18,87	17,03
		10–12 см	–	14,99	18,75	16,87
	25–29 мая	5–6 см	–	14,60	15,30	14,95
		10–12 см	–	14,89	15,87	15,38
	5–12 июня	5–6 см	–	14,27	15,50	14,88
		10–12 см	–	14,27	14,98	14,63
Кузовок	12–15 мая	5–6 см	–	14,33	16,15	15,24
		10–12 см	–	14,73	16,43	15,58
	25–29 мая	5–6 см	–	13,86	14,12	13,99
		10–12 см	–	14,59	14,47	14,53
	5–12 июня	5–6 см	–	13,10	13,07	13,08
		10–12 см	–	13,70	13,61	13,66
НСР ₀₅ (А)				1,27	0,95	0,68
НСР ₀₅ (В, С)				1,03	0,77	0,55

повышала урожайность сорта Розара в вариантах второго и третьего срока посадки в 2014 и 2015 гг., а сорта Кузовок – при посадке 26 мая 2014 г., 29 мая и 12 июня 2015 г.

Срок и глубина посадки картофеля оказывали существенное влияние на качественные показатели клубней. Посадка в конце мая снижала содержание крахмала в клубнях картофеля сорта Розара в среднем на 0,35% в 2015 г. и на 3,22% в 2016 г., а в начале июня – соответственно на 0,82 и 3,57% по сравнению посадкой во второй декаде мая. У сорта Кузовок снижение крахмалистости клубней в 2015 г. составило 0,31 и 1,13%, а в 2016 г. – на 2,00 и 2,95% в зависимости от глубины посадки.

Поздняя посадка приводила к резкому увеличению содержания нитратов в клубнях картофеля: у сорта Розара – в среднем в 2,1 раза в 2015 г. и в 5,0 раз в 2016 г., а у сорта Кузовок – в 1,6 и 3,2 раза по сравнению с посадкой во второй декаде мая. В среднем за 2 года исследований накопление нитратов в клубнях картофеля сорта Розара возрастало в 3,8 раза, а у сорта Кузовок – в 2,5 раза (рис. 1).

А. В. Коршунов в 1983 г. отмечал, что при задержке с посадкой растения не успевают реализовать потенциальные возможности по накоплению высокого урожая клубней и крахмала. Поступивший в растения нитратный азот остается в свободном, не связанном с углеводами состоянии, что приводит к его накоплению в клубнях. На выщелоченных черноземах Сред-

него Поволжья задержка срока посадки сорта Лорх на 10 дней увеличивала количество нитратов в клубнях в среднем на 6,2 мг, на 20 дней – на 25,2 мг [14]. Аналогичные данные в своем опыте получил Е. В. Палилов [15].

Выводы

1. Срок и глубина посадки оказывает существенное влияние на урожайность и качество клубней картофеля в условиях лесостепной зоны Челябинской области. Это влияние зависит от сорта и погодных условий вегетационного периода. В благоприятных условиях 2011 и 2015 гг. растения изучаемых сортов картофеля наибольший урожай формировали при мелкой посадке во второй декаде мая (у сорта Тарасов в 2011 г. такой же эффективной была посадка в начале июня на глубину 10–12 см). В условиях засушливого 2012 г. и недостаточно влажного 2016 г. преимущество обеспечивала глубокая заделка семенного материала во все сроки посадки, а наибольший урожай формировался при посадке сорта Тарасов 1 июня 2012 г., а сортов Розара и Кузовок – 25 мая 2016 г.

2. Мелкая посадка ускоряла появление всходов (на 2–3 дня), повышала полевую всхожесть (на 0,7%) и площадь листовой поверхности (на 10,7%), что обеспечивало повышение урожайности картофеля при посадке во второй декаде мая в благоприятные годы. Однако в связи с повышением (на 14,8%) хозяйственной продуктивности листьев при поздних сро-

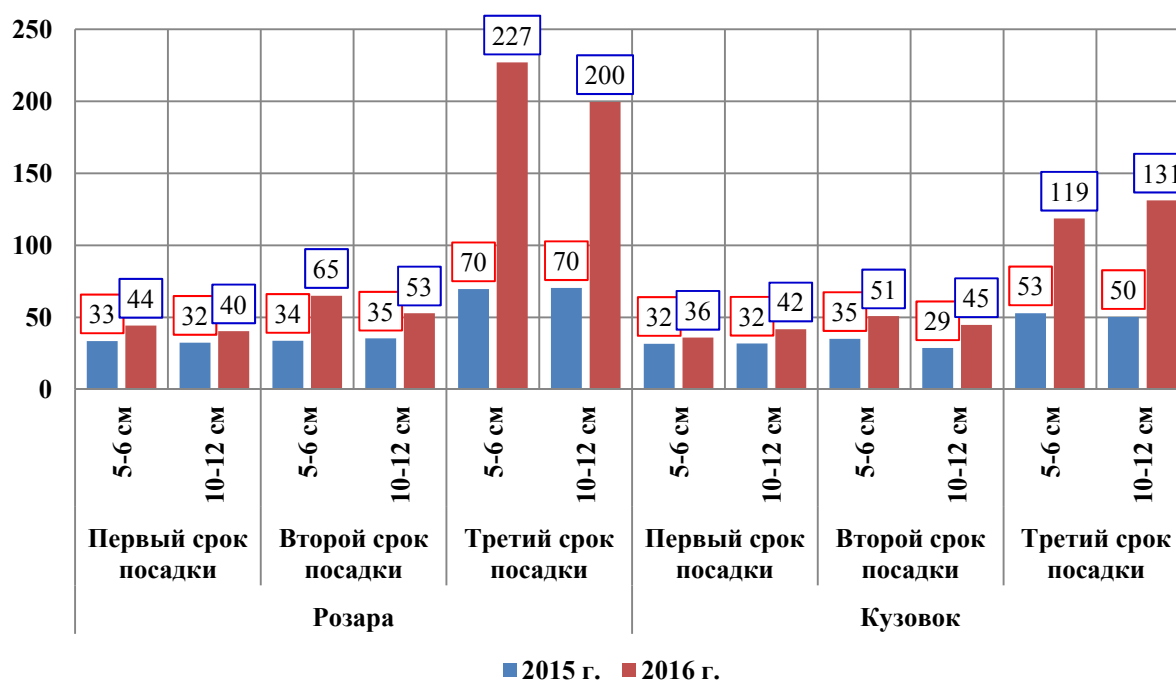


Рис. 1. Содержание нитратов в клубнях картофеля, мг/кг



ках посадки лучшим вариантом, обеспечивающим наибольший урожай картофеля сорта Тарасов (28,69 т/га), оказался вариант поздней (1–5 июня) посадки на глубину 10–12 см, крахмалистость клубней при этом снижалась на 0,13 % по сравнению с ранней мелкой посадкой. У сортов Розара и Кузовок варианты глубокой заделки картофеля также имели достоверное преимущество по величине урожая как при посадке в третьей декаде мая (+0,94 и 1,21 т/га), так и при посадке в начале июня (+1,42 и 1,83 т/га соответственно).

3. В лесостепи Южного Урала посадка картофеля в третьей декаде мая обеспечивает формирование высокой урожайности клубней (у сорта Тарасов она в этом варианте на 0,86–3,59 т/га больше, чем при посадке 12–15 мая). Однако крахмалистость клубней при этом достоверно снижается (у сорта Тарасов – на 0,09–0,23 %, Кузовок – на 1,05–1,25 %, Розара – на 1,49–2,08 %) по сравнению с посадкой по второй декаде мая. Поздняя посадка (5–12 июня) существенно снижает урожайность картофеля (у сорта Розара – на 2,98–4,49 т/га, Кузовок – на 4,13–6,26 т/га) и содержание в клубнях крахмала (на 2,15–2,24 и 1,92–2,16 %), в то время как накопление нитратов в клубнях резко увеличивается (в 3,8 и в 2,5 раза соответственно).

4. Мелкую заделку семенных клубней (на 5–6 см) в лесостепи Южного Урала следует использовать только при посадке во второй декаде мая, в более поздние сроки глубину заделки клубней следует увеличить до 10–12 см. Это обеспечивает повышение урожайности и улучшение качества клубней картофеля. Прибавка урожая сорта Тарасов при глубокой посадке 1–5 июня составила 2,70 т/га, а крахмалистости клубней – 0,10 % по сравнению с мелкой заделкой клубней. Урожайность сорта Розара в варианте глубокой посадки 25–29 мая повышалась на 0,94 т/га, сорта Кузовок – на 1,21 т/га. Содержание крахмала в клубнях при этом возрастало на 0,43 и 0,54 % соответственно. При посадке 5–12 июня глубокая заделка семенного материала повышала урожай сорта Розара на 1,42 т/га, Кузовок – на 1,83 т/га, а также крахмалистость клубней сорта Кузовок – на 0,58 %.

Список литературы

1. Мингалев С. К. Реакция сортов на разные виды удобрений // Аграрный вестник Урала. 2014. № 7. С. 74–76.
2. Васильев А. А. Зависимость урожая и качества картофеля в лесостепной зоне Южного Урала от уровня минерального питания и густоты посадки // Доклады Россельхозакадемии. 2014. № 5. С. 25–28.
3. Васильев А. А., Горбунов А. К. К вопросу о сроках и глубине посадки картофеля (научный обзор) // Селекция, семеноводство и технология плодово-ягодных культур и картофеля: сб. науч. тр. / ФГБНУ ЮУНИИСК. Челябинск, 2017. Т. XIX. С. 207–223.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
5. Горбунов А. К. Урожайность клубней картофеля сорта Тарасов в зависимости от приемов агротехники // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2013. № 7. С. 74–78.
6. Горбунов А. К. Влияние сроков посадки на ассимиляционную поверхность листьев и урожайность картофеля // АПК России. 2014. Т. 67. № 1. С. 74–79.
7. Горбунов А. К. Влияние глубины посадки на урожайность клубней картофеля сорта Тарасов // АПК России. 2013. Т. 63. С. 95–100.
8. Романова И. Н., Карамулина И. А. Оптимальные сроки посадки // Картофель и овощи. 2007. № 3. С. 7.
9. Чамышев А. В. Агроэкологическое обоснование сроков посадки картофеля в Саратовском правобережье // Аграрный научный журнал. 2016. № 2. С. 32–33.
10. Жеруков Б. Х., Архипова В. А., Харченко В. М. Глубина посадки и урожайность картофеля в степной зоне КБР // Картофель и овощи. 2008. № 1. С. 8.
11. Усов С. В., Фирсов В. Ф. Агроэкологическое обоснование раннего срока посадки картофеля в Тамбовской области // Агро XXI. 2008. № 1–3. С. 37–39.
12. Бутов А. В. Правильная агротехника сохраняет плодородие почвы и обеспечивает высокий урожай // Картофель и овощи. 2006. № 5. С. 17–19.
13. Горбунов А. К. Роль глубины посадки в формировании урожая картофеля в зависимости от приемов агротехники // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 2. С. 32–36.
14. Коршунов А. В. Содержание нитратов в клубнях можно снизить // Картофель и овощи. 1987. № 6. С. 20–21.
15. Оценка сортов картофеля по биохимическим показателям в условиях Среднего Урала / Е. П. Шанина [и др.] // АПК России. 2016. Т. 23. № 2. С. 337–341.

16. Логинов Ю. П., Казак А. А., Якубышина Л. И. Совершенствование элементов технологии выращивания сорта картофеля Адретта в лесостепной зоне Тюменской области // АПК России. 2016. Т. 60. С. 10–14.

Горбунов Анатолий Константинович, научный сотрудник, заведующий кафедрой элитного семеноводства картофеля, ФГБНУ «Южно-Уральский научно-исследовательский институт садоводства и картофелеводства».

E-mail: kartofel_chel@mail.ru.

Васильев Александр Анатольевич, д-р с.-х. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Южно-Уральский научно-исследовательский институт садоводства и картофелеводства».

E-mail: kartofel_chel@mail.ru.

Мушинский Александр Алексеевич, д-р с.-х. наук, доцент, заведующий отделом картофелеводства, ФГБНУ «Оренбургский научно-исследовательский институт сельского хозяйства».

E-mail: san2127@yandex.ru.

* * *

УДК 633.16: 631.52

НОВЫЙ АЛГОРИТМ ОТБОРА ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫХ ГЕНОТИПОВ ЯЧМЕНЯ

Р. А. Максимов

Целью исследования является определение возможности использования индекса отношения массы 1000 зерен к числу зерен в колосе в селекции ячменя. Результатом является разработка алгоритма селекционной работы на начальных этапах (селекционные питомники 1 и 2 года). Работа проведена по результатам полевых опытов 2005–2016 гг. Материалом для исследования служили сорта Вереск, Сонет, Эколог, Ача, Бинном, Багрец, включенные в Государственный реестр селекционных достижений и имеющие высокую коммерческую ценность в Волго-Вятском регионе. Для каждого сорта был исследован индекс отношения массы 1000 зерен к числу зерен в колосе ($I_{M1000/K}$), позволяющий на начальном этапе селекции (СП1) объединять сорта в группы по экологической пластичности, стабильности и толерантности к загущению. Согласно результатам вариационного анализа, применение искомого индекса достаточно надежно, поскольку степень рассеивания данных по сортам Бинном, Эколог, Ача и Сонет ($V - 2,6...7,6\%$) незначительна, по сортам Багрец и Сонет ($V - 10,0...10,3\%$) близкая к незначительной. По изучаемому индексу сорта делятся на три группы, каждая из которых характеризуется экологической пластичностью, стабильностью, а также толерантностью к загущению. В конкурсном испытании (2005–2016 гг.) на заключительном этапе отбора номера по частоте встречаемости групп распределяются следующим образом: группа 1 ($I_{M1000/K} \leq 2,2$) – 38%, группа 2 ($I_{M1000/K} 2,3-2,6$) – 47%, группа 3 ($I_{M1000/K} \geq 2,7$) – 15%. Группировка номеров по $I_{M1000/K}$ возможна в полевых условиях визуально, для этого опытному селекционеру достаточно провести 400-500 определений числа зерен в колосе и массы 1000 зерен. Определен алгоритм селекционной работы для каждой группы по $I_{M1000/K}$.

Ключевые слова: селекционные индексы, пластичность, стабильность, ячмень, урожайность.

Фундаментальной предпосылкой данной работы является теория эколого-генетической организации количественных признаков растений (ТЭГОКП), позволяющая предсказывать поведение генетических параметров популяции при изменениях онтогенетических, экологических и ценотипических условий формирования количественных признаков [1–4].

Работы В. А. Драгавцева и соавторов послужили теоретической основой для написания этой статьи, здесь мы адаптировали теорию селекционных индексов и принципы отбора по количественным признакам номеров двурядного ячменя на начальных этапах

в конкретной экологической точке (г. Красноуфимск). Рассмотрели возможность применения в селекционной практике индекса отношения массы 1000 зерен к количеству зерен в колосе. Разработали алгоритм селекционной работы и отбор генотипов ячменя по количественным признакам, начиная с селекционного питомника первого года.

В последние годы, несмотря на значительный набор сортов ячменя, допущенных к использованию, селекция этой культуры продолжает быть актуальной [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14].

Цель исследований – определить возможность использования индекса отношения массы

1000 зерен к числу зерен в колосе, а также с его помощью разработать алгоритм селекционной работы.

Материалы и методы

Исследования проведены в 2005–2016 гг. в стационарном двухфакторном опыте Краснотимского селекционного центра. Предшественник – чистый пар. Площадь делянки – 17 м². Повторность четырехкратная. Опыты закладывали на темно-серой лесной почве стационарного севооборота, рН_{кол.} 5,7–7,0, гидролитическая кислотность – 4,13–5,19 мг-экв./100 г почвы, содержание гумуса – 6,7–8,3% (по Тюрину), легкогидролизуемого азота – 86–160 мг/кг (по Корнфилду), обменного калия – 136–185 мг/100 г (по Кирсанову), подвижного фосфора – 290–410 мг/кг (по Кирсанову).

За годы исследований в период вегетации ячменя наблюдали сильную вариабельность климатических условий: среднесуточные температуры воздуха изменялись в интервале 13,5–18,0 °С, суммы температур более 10 °С – 1200–1800 °С, количество осадков – 90–350 мм, запасы влаги в метровом слое почвы – 65–200 мм, ГТК – 0,70–2,45.

Материалом для исследования служили сорта: Вереск, Сонет, Эколог, Ача, Бином, Багрец, включенные в Государственный реестр селекционных достижений и имеющие высокую коммерческую ценность в Волго-Вятском регионе.

Индекс отношения массы 1000 зерен к числу зерен в колосе рассчитывается по формуле $I = M_{1000}/K$, где M_{1000} – масса 1000 зерен (грамм), K – количество зерен в колосе (штук).

Результаты исследований

Для обоснования применимости индекса отношения массы 1000 зерен к числу зерен в колосе ($I_{M1000/K}$) прежде всего необходимо определить степень его варьирования по годам, счи-

таем, что при высокой степени варьирования данный показатель не может быть надежным в селекционной работе. Результаты вариационного анализа показаны в таблице 1.

Согласно результатам вариационного анализа, применение искомого индекса достаточно надежно, поскольку степень рассеивания данных по сортам Бином, Эколог, Ача и Сонет ($V = 2,6...7,6\%$) незначительна, по сортам Багрец и Сонет ($V = 10,0...10,3\%$) близкая к незначительной. Высокие отклонения от доверительного интервала наблюдались в засушливые 2010 и 2016 гг., в 2010 г. показатель варьировал по сортам в диапазоне 1,9–2,7 (отклонение в сторону уменьшения), в 2016 г. – в диапазоне 2,4–3,4 (отклонение в сторону увеличения). Таким образом, вариационный анализ показал достаточную однородность данных и возможность применения $I_{M1000/K}$ в селекционной практике, вероятность неблагоприятных для исследования лет по данному показателю составляет менее 20%, в этом случае необходимо рассчитывать корректирующую поправку.

Итак, на основании изучаемого индекса возможно ранжирование сортов на три группы:

– в первую группу попадает сорт Вереск, здесь $I_{M1000/K} \leq 2,2$, растения генотипов данной группы характеризуются высокой продуктивностью колоса и имеют зерно с относительно низкой массой (масса 1000 зерен в среднем 46,5 г) и более высоким количеством зерен в колосе (в среднем 22,3 шт.). Здесь слагающие показатели продуктивности варьируют в зависимости от метеорологических условий в средней степени ($V = 10,9...12,8\%$). В биоценозе сорта и номера данной группы толерантны к загущению и устойчивы к полеганию, в среднем за годы исследований продуктивный стеблестой составил 540 шт./м²;

– вторая группа объединяет сорта Бином, Эколог и Ача ($I_{M1000/K} = 2,3-2,6$), колос у данной

Таблица 1 – Результаты вариационного анализа индекса отношения массы 1000 зерен к числу зерен в колосе (2005–2016 гг.)

Сорт	Среднее арифметическое индекса	Размах варьирования	Доверительный интервал	Коэффициент вариации, %
Вереск	2,1	1,9–2,5	2,0–2,2	10,3
Бином	2,4	2,1–2,8	2,3–2,5	7,4
Эколог	2,5	2,3–3,0	2,4–2,5	2,6
Ача	2,5	2,3–3,1	2,4–2,6	4,8
Сонет	2,9	2,6–3,4	2,8–3,1	7,6
Багрец	3,0	2,6–3,9	2,7–3,3	10,0



группы сортов относительно менее продуктивны, здесь масса 1000 зерен в среднем составляет 44,9–47,9 г, количество зерен в колосе 18,1–19,2 шт. Относительно других групп показатели продуктивности колоса наиболее стабильны по годам (масса 1000 зерен – $V = 9,8 \dots 11,4\%$; количество зерен в колосе – $V = 10,9 \dots 12,0\%$). Толерантность к загущению невысокая, во влажные годы отмечена склонность к полеганию, в среднем за годы исследований продуктивный стеблестой составил 592 шт./м²;

– третья группа включает сорта Багрец и Сонет ($I_{M1000/K} \geq 2,7$), растения этих генотипов имеют наиболее продуктивный колос благодаря крупности зерна (в среднем масса 1000 зерен составляет 52,4–56,1 г), количество зерен в колосе в среднем 18,9–19,0 г. Показатели продуктивности колоса у этой группы наиболее нестабильны по годам ($V = 13,5 \dots 15,0\%$). Толерантность к загущению высокая, в среднем за годы исследований продуктивный стеблестой составил 465 шт./м². (табл. 2).

В конкурсном испытании (2005–2016 гг.), на заключительном этапе отбора, номера по частоте встречаемости групп распределяются следующим образом: группа 1 ($I_{M1000/K} \leq 2,2$) – 38%, группа 2 ($I_{M1000/K} 2,3–2,6$) – 47%, группа 3 ($I_{M1000/K} \geq 2,7$) – 15%.

В результате предыдущих исследований между $I_{M1000/K}$ и экологической пластичностью установлена криволинейная зависимость, которая выражается функцией $y = 0,01x^2 - 0,07x + 1,06$, то есть при средних значениях 2,3–2,6 сорта менее пластичны, при его уменьшении или увеличении пластичность увеличивается. По стабильности, наоборот, при средних значениях соотношения (2,3–2,6) сорта наиболее стабильны ($\sigma_d^2 - 0,02–0,07$) в других диапазонах (1,9–2,4 и 2,6–3,3) – менее стабильны ($\sigma_d^2 - 0,08–0,11$). Это криволинейная зависимость выражается уравнением $y = 0,36x^2 - 1,80x + 2,31$ [15].

На ранних этапах селекции (СП1) объемы проработки более 10000 линий, сделать анализ элементов структуры урожайности возможно, но очень трудоемко и продолжительно. Здесь опытный селекционер может распределять номера на группы по $I_{M1000/K}$ визуально, достаточно самостоятельно провести около 400–500 определений числа зерен в колосе и массы 1000 зерен, группировка может проводиться «на глаз».

После визуального распределения по группам на следующий год мы задаем для каждой группы определенные условия проведения отбора. Прежде всего, это норма высева. Так, для первой группы ($I_{M1000/K} \leq 2,2$) отбор на устойчивость к полеганию неэффективен, так как этот показатель, по нашим исследованиям, итак достаточно высок. Очень часто растения этой группы наиболее уязвимы в фазу всходы-выход в трубку, где наблюдается относительно высокая гибель молодых растений. Поэтому успех сорта будет определяться способностью компенсировать потери благодаря количеству зерен в колосе. Следовательно, для отбора необходимо задавать более низкую норму высева, это 3 млн всхожих зерен на га. Эти же условия подходят и для третьей группы ($I_{M1000/K} \geq 2,7$), здесь потери растений на ранних этапах развития компенсируются как количеством зерен в колосе, так и массой зерна. В этих условиях более явно раскрывается пластичность генотипов.

Совершенно иная ситуация по второй группе ($I_{M1000/K} 2,3–2,6$), где, наоборот, для отбора на толерантность к загущению необходимо задавать более высокую норму высева (7 млн всхожих зерен на га). Таким образом, на этапе СП2 (селекционный питомник 2 года) ежегодно, независимо от метеорологических условий создается искусственное загущение посева.

Дальнейшая селекционная проработка в предварительном и конкурсном испытаниях для всех групп проводится с рекомендованной нормой высева – 5,5 млн всхожих зерен на га.

Таблица 2 – Распределение сортов по группам в зависимости от индекса отношения массы 1000 зерен к количеству зерен в колосе (2005–2016 гг.)

Группа сортов	Сорта	$I_{M1000/K}$	Масса 1000 зерен, г		Количество зерен в колосе, г	
			Среднее	V , %	Среднее	V , %
1	Вереск	$\leq 2,2$	46,5	10,9	22,3	12,8
2	Бином	2,3–2,6	47,7	11,4	20,1	10,9
	Эколог		47,9	9,8	19,2	12,0
	Ача		44,9	10,0	18,1	11,8
3	Сонет	$\geq 2,7$	56,1	14,6	19,0	13,5
	Багрец		52,4	15,0	18,9	14,8

Выводы и рекомендации

Согласно результатам вариационного анализа, применение искомого индекса достаточно надежно, поскольку степень рассеивания данных по сортам Бином, Эколог, Ача и Сонет ($V - 2,6...7,6\%$) незначительна, по сортам Багрец и Сонет ($V - 10,0...10,3\%$) близка к незначительной. По изучаемому индексу сорта делятся на три группы, каждая из которых характеризуется экологической пластичностью, стабильностью, а также толерантностью к загущению. Группировка номеров по $I_{M1000/K}$ возможна в полевых условиях визуально, для этого опытному селекционеру достаточно провести 400–500 определений числа зерен в колосе и массы 1000 зерен. Определен алгоритм селекционной работы для каждой группы по $I_{M1000/K}$.

Список литературы

1. Модель эколого-генетического контроля количественных признаков растений / В. А. Драгавцев, П. П. Литун, И. М. Шкель, Н. Н. Нечипоренко // Доклады АН СССР. 1984. Т. 274. № 3. С. 720–723.
2. Кочерина Н. В., Драгавцев В. А. Введение в теорию эколого-генетической организации полигенных признаков растений и теорию селекционных индексов. СПб.: СЦДБ, 2008. 88 с.
3. Драгавцев В. А. Эколого-генетический скрининг генофонда и методы конструирования сортов с.-х. растений по урожайности, устойчивости и качеству. Доп. изд-е. СПб., ВИР, 1998. 52 с.
4. Драгавцев В. А., Драгавцева И. А., Лопатина Л. М. Управление продуктивностью с.-х. культур на основе закономерностей их генетических и фенотипических изменений при смене лимитов внешней среды. Краснодар, 2003. 218 с.
5. Максимов Р. А. Изучение сортообразцов ячменя мировой коллекции ВИР в условиях Среднего Урала // АПК России. 2015. № 74. С. 141–144.
6. Максимов Р. А. Селекция ячменя на Среднем Урале // АПК России. 2016. Т. 23. № 2. С. 288–293.
7. Баталова Г. А. Селекция зерновых культур и гороха для условий Северо-Востока Европейской территории России // Зернобобовые и крупяные культуры. 2015. № 2 (14). С. 20–25.
8. Сурин Н. А., Зобова Н. В., Ляхова Н. Е. Генетический потенциал и селекционная значимость ячменя Сибири // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2014. Т. 18. № 2. С. 378–386.
9. Ильин А. В. Селекция ярового ячменя на устойчивость к засухе и повышение продуктивности // Аграрный вестник Юго-Востока. 2014. № 1–2 (10–11). С. 40–42.
10. Баташева Б. А., Куркиев У. К., Керимов Н. С. Перспективные направления селекции ячменя // Вестник социально педагогического института. 2014. № 3 (11). С. 31–35.
11. Тимошенкова Т. А. Адаптивная селекция пшеницы и ячменя в условиях степи Южного Урала // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 54. С. 293–298.
12. Прядун Ю. П. Результаты и перспективы селекции ярового ячменя в Челябинской области // АПК России. 2016. Т. 23. № 5. С. 953–960.
13. Грязнов А. А. Безостые и голозерные сорта как диверсификаторы сортового разнообразия культуры ячменя // АПК России. 2014. Т. 70. С. 186–192.
14. Резервы повышения урожайности и качества зерна ярового ячменя / А. В. Вражнов, Ю. Б. Анисимов, А. А. Агеев, Л. П. Шаталина // АПК России. 2013. Т. 63. С. 91–94.
15. Максимов Р. А. Эффект комбинированного влияния количественных признаков на урожайность зерна ячменя в условиях Среднего Урала // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 8. С. 56–58.

Максимов Роман Александрович, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции ячменя, Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства.
E-mail: Roman_MRA77@mail.ru.

* * *

УДК 631.582: 631.51

МИНИМАЛИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В ЗЕРНОТРАВЯНОМ СЕВООБОРОТЕ

П. А. Постников, О. В. Васина, В. В. Попова

Во второй ротации зернотравяного севооборота при проведении поверхностных ресурсосберегающих обработок или при полном их отсутствии выявлено уплотнение обрабатываемого слоя серой лесной почвы на 0,07–0,13 г/см³ по сравнению с отвальной вспашкой. Повышение плотности снижало накопление продуктивной влаги в слое 0–50 см на 4,2–9,3 мм. Наибольшее количество нитратного азота под культурами зернотравяного севооборота перед посевом обнаружено при традиционной вспашке и комбинированных обработках, когда вспашка осуществлялась 2 раза за ротацию в сочетании с использованием тяжелого культиватора ТерраМикс и дискатора. На фоне однократной вспашки за ротацию при применении поверхностных обработок или при их отсутствии с осени содержание доступного азота в слое 0–20 см было меньше на 2,0–3,6 мг по сравнению с контрольным вариантом (14,6 мг/кг). В последующие даты отбора образцов почвы разница между способами обработки нивелируется. Запашка зеленой массы клевера на сидерат позволила частично нивелировать отрицательные моменты варианта, где отсутствовала осенняя обработка почвы. Отмечена тенденция снижения сбора зерна при отсутствии осенней обработки почвы в предыдущие годы, но разница в урожае находилась в пределах наименьшей существенной разницы. В неблагоприятных засушливых условиях на последней культуре севооборота (овес) в вариантах с комбинированной обработкой выявлено снижение сбора зерна на 0,31–0,40 т/га по сравнению с традиционной вспашкой.

Ключевые слова: севооборот, обработка почвы, плотность, влага, нитратный азот, урожайность.

Резкое удорожание материально-технических ресурсов, выпускаемых промышленностью, а также высокие цены на ГСМ требуют совершенствования и оптимизации основных элементов системы земледелия, в том числе обработки почвы. Применяемая отвальная обработка в силу своей энергоемкости и дороговизны требует замены энергосберегающими приемами обработки почвы. Снижение затрат на возделывание зерновых культур достигается заменой отвальной вспашки на безотвальное рыхление, сокращением и совмещением операций при весенней обработке. Традиционная осенняя обработка в хозяйствах Среднего Урала успешно может быть заменена

ресурсосберегающими обработками с использованием тяжелых культиваторов, дискаторов и комбинированных посевных агрегатов [1, 2, 3].

Выбор способа основной обработки определяется механическим составом почвы, ее агрофизическими свойствами, поэтому на черноземах и темно-серых лесных почвах возможна поверхностная, а на серых лесных и дерново-подзолистых – глубокая отвальная (рисунок на обложке: отвальная вспашка двухъярусным плугом) или безотвальная обработка почвы [4, 5, 6].

В своих исследованиях авторы указывают, что безотвальные обработки снижают содержание нитратного азота, в особенности в начале

вегетации, по сравнению с отвальной вспашкой [7, 8]. Для нивелирования отрицательных моментов минимализации обработки необходимо увеличение поступления свежей растительной массы в почву за счет включения в севообороты однолетних и многолетних бобовых культур, а также использования зеленых удобрений [9, 10].

Цель исследований в стационарном опыте – выявить воздействие ресурсосберегающих приемов обработки почвы с использованием дискатора БДМ (4х4), культиватора ТерраМикс 300 на питательный режим серой лесной почвы.

Материалы и методы

Основная обработка в стационарном полевом севообороте проведена по следующей схеме: 1. Вспашка ежегодно ПЛН-3-35 (В4); 2. Комбинированная – отвальная вспашка 2 раза за ротацию + безотвальная обработка культиватором ТерраМикс 300 (глубина 15–16 см), (В2+К2); 3. Комбинированная – отвальная вспашка 2 раза за ротацию + поверхностная обработка дискатором БДМ (8–10 см), (В2+Д2); 4. Комбинированная – отвальная вспашка 1 раза за ротацию + поверхностная обработка дискатором БДМ + безотвальная обработка культиватором ТерраМикс 300 (В2+Д2+К1); 5. Комбинированная – отвальная вспашка 1 раза за ротацию + поверхностная обработка дискатором БДМ (В1+Д3); 4. Вспашка 1 раз за ротацию + безотвальная обработка культиватором ТерраМикс 300 + без ежегодной осенней обработки. Вспашка осуществлена под однолетние травы и запахан первый укос клевера на сидерат, а под зерновые культуры в севообороте обработка почвы осенью проведена согласно схеме опыта.

Посев осуществлялся агрегатом СЗП-3,6 (вариант с традиционной весенней подготовкой почвы) поперек делянок с вариантами с основной обработкой почвы.

Исследования проведены с 2011 г. на серой лесной тяжелосуглинистой почве в зернотравяном севообороте: однолетние травы, пшеница + травы, клевер 1 г.п., ячмень, овес. Почва в опыте характеризуется следующими показателями: гумус – 4,2%, рН – 5,0, подвижного фосфора – 184 мг/кг и обменного калия – 102 мг/кг, гидролитическая кислотность – 4,56, сумма поглощенных оснований – 23,1 ммоль на 100 г почвы.

Под сельскохозяйственные культуры сложные удобрения вносили из расчета в среднем на 1 га севооборотной площади в дозе $N_{30}P_{30}K_{30}$.

Для защиты растений на всех вариантах с обработкой почвы осуществлялось протрав-

ливание семян зерновых культур фунгицидом виал ТТ, по вегетирующим растениям – обработка гербицидом агритокс.

Результаты и обсуждение

Определение плотности в пахотном слое серой лесной почвы выявило, что в среднем по севообороту при безотвальной обработке дискатором или без нее обнаружено сильное уплотнение в слое 0–20 см перед посевом, разница по отношению к контролю составила 0,07–0,13 г/см³. Увеличение уплотнения почвы, главным образом, связано с неблагоприятными климатическими условиями: в 2015 г. – избыток влаги в летне-осенний период, а в 2016 г. – засушливые условия, за вегетационный период выпало осадков менее 50% от нормы (298 мм). В то же время при обработке тяжелым культиватором на глубину 15–16 см плотность почвы практически была на уровне традиционной отвальной вспашки.

Из-за уплотнения обрабатываемого слоя серой лесной почвы при ресурсосберегающих обработках снижалась ее водопроницаемость, в результате выявлено снижение запасов продуктивной влаги в слое 0–50 см на 4,2–9,3 мм по сравнению с контрольным вариантом. В течение вегетации растений различия в содержании доступной воды в слоях 0–10 и 10–20 см между способами обработки практически нивелировались. Величина запасов влаги в течение вегетации культур определялась количеством выпадающих атмосферных осадков.

Уплотнение обрабатываемого слоя в весенний период отрицательно сказывается на процессе нитрификации, особенно в начале вегетации (табл. 1). Наименьшие показатели обнаружены в вариантах при однократной вспашке в сочетании с поверхностной или при ее отсутствии в осенний период. По мнению исследователей, при отсутствии осенней обработки снижается количество микромицетов, а также при размещении растительных остатков в верхнем слое усиливается активность целлюлозоразлагающей микрофлоры, которые для разложения пожнивных-корневых остатков используют минеральный азот почвы [11, 12, 13].

Наблюдения за доступностью минеральных форм азота в серой лесной почве показали, что в слое 30–50 см заметных различий между вариантами в содержании нитратов не отмечено, за исключением, когда отсутствовала осенняя обработка почвы. В данном варианте четко проявилась дифференциация почвы по



плодородию, т.е. обеднение нижних горизонтов (20–50 см) по наличию минерального азота. Наибольшая разница выявлена в слое 20–30 см, она составила 1,9–3,0 мг/кг почвы. Данная закономерность отмечена другими авторами [14].

Из всех лет наблюдений наибольшее количество доступного азота обнаружено в 2015 г. перед посевом ячменя. Это связано, во-первых, с запашкой отавы клевера на сидерат в предыдущий год, а во-вторых, благоприятными условиями для нитрификации: достаточное прогревание почвы и наличие влаги в слое 0–20 см на уровне средней увлажненности. Данная тенденция сохранится в течение первой половины вегетации растений ячменя, что в конечном итоге обеспечит высокую продуктивность зернофуражной культуры.

Наименьшее количество нитратного и аммиачного азота выявлено в 2016 г., что связано с неблагоприятными гидротермическими усло-

виями для процесса нитрификации, особенно в верхнем слое почвы.

Наибольшее количество минерального азота обнаружено в пахотном горизонте в фазе полных всходов яровых культур за счет прогревания почвы и наличия достаточного количества влаги. В среднем за ротацию зернотравяного севооборота суммарное содержание нитратов и аммиачного азота на удобренных фонах питания под культурами севооборотов в этот период находилось на уровне 23,0–29,8 мг (табл. 2). При этом в слое 0–30 см наибольшее количество доступных форм азота обнаружено в вариантах с комбинированной обработкой, где вспашка проведена два раза за ротацию.

В фазе полных всходов ячменя выявлена тенденция снижения доступности минерального азота при комбинированных обработках на 1,6–8,8 мг по отношению к ежегодной отвальной вспашке. В среднем за пять лет

Таблица 1 – Содержание нитратного азота в зависимости от способов обработки почвы перед посевом, мг/кг (зернотравяной севооборот, 2012–2016 гг.)

Слой почвы, см	Способ обработки почвы					
	B4	B2+ K2	B2+Д2	B1+Д2+K1	B1+Д3	B1+ б/о3
0–10	7,15	7,03	7,26	5,92	6,74	6,32
10–20	7,45	6,36	5,94	8,47	5,69	4,71
20–30	7,41	6,35	6,62	7,26	6,5	4,43
30–40	4,20	3,89	3,76	3,72	3,6	4,31
40–50	1,70	2,85	2,67	2,32	3,11	2,62
0–20	14,6	13,4	13,2	13,8	12,4	11,0
0–50	27,9	26,4	26,2	27,7	25,6	18,0

Таблица 2 – Влияние способов основной обработки почвы на содержание минеральных форм азота ($N-NO_3 + N-NH_4$) под культурами зернотравяного севооборота, мг/кг, 2012–2016 гг.

Дата определения	Глубина замеров, см	Способ обработки почвы					
		B4	B2+ K2	B2+Д2	B1+Д2+K1	B1+Д3	B1+ б/о3
Май	0–10	10,0	10,2	8,2	8,9	8,7	9,6
	10–20	8,7	8,6	11,0	8,2	8,8	6,9
	20–30	7,0	9,6	10,6	5,9	8,0	8,1
	0–20	18,7	18,8	19,2	17,1	17,5	16,5
	0–30	25,7	28,4	29,8	23,0	25,5	24,6
Июнь	0–10	9,4	6,0	9,6	9,4	8,4	8,6
	10–20	6,7	8,3	6,4	7,9	8,4	8,9
	20–30	7,6	6,0	7,3	7,0	8,6	9,3
	0–20	16,1	14,3	16,0	17,3	16,8	17,5
	0–30	23,7	20,6	23,3	24,3	25,4	26,8
Июль	0–10	7,3	4,4	3,9	5,9	6,0	7,5
	10–20	6,0	6,0	5,4	6,2	6,7	5,2
	20–30	3,7	5,8	5,7	5,3	5,6	7,2
	0–20	13,3	10,4	9,3	12,1	12,7	12,7
	0–30	17,0	16,2	15,0	17,4	18,3	19,9

Таблица 3 – Урожайность яровых зерновых культур в зависимости от способа основной обработки почвы, т/га

Способ основной обработки почвы	Пшеница, 2013 г.	Ячмень, 2015 г.	Овес, 2016 г.
Отвальная вспашка	2,54	5,56	3,21
Вспашка 2 раза за ротацию + безотвальная обработка	2,33	5,59	2,90
Вспашка 2 раза за ротацию + поверхностная обработка	2,42	5,56	2,84
Без осенней обработки + вспашка 1 раз за ротацию	2,16	5,46	2,80
НСР ₀₅	0,21	0,48	0,31

обеспеченность доступным азотом в слое 0–30 см была несколько выше в вариантах с применением комбинированных обработок почвы. В слое 0–20 см заметной разницы между вариантами не выявлено.

По мнению некоторых авторов [7, 8], при неглубоких обработках или полном ее отсутствии процесс минерализации почвенного азота несколько заторможен в первой половине вегетационного периода. Однако в дальнейшем накопление минерального азота при различных обработках почвы практически выравнивалось. Это наглядно проявилось в нашем опыте при обороте образцов в июне и июле, т.к. традиционная отвальная обработка не имела преимуществ в накоплении минерального азота перед другими способами осенней обработки почвы.

Результаты исследований за ротацию зернотравяного севооборота показали, что при проведении вспашки один раз в 2 года в сочетании с безотвальной обработкой при соблюдении защиты растений в течение их вегетации не выявлено существенного снижения урожая пшеницы по отношению к традиционной обработке почвы. В то же время при отсутствии осенней обработки почвы недобор зерна составил 0,38 т/га (табл. 3).

Отвальная вспашка с заделкой зеленой массы клевера на сидерат позволила нивелировать отрицательные моменты в минимализации обработки почвы, а именно, увеличить обеспеченность растений минеральным азотом в первой половине вегетации. Урожайность ячменя, возделываемого по пласту клевера, независимо от технологии подготовки почвы в предыдущие годы, находилась на уровне 5,46–5,59 т/га, т.е. из всех лет наблюдений в зернотравяном севообороте получен максимальный сбор зерна. Отмечена тенденция снижения сбора зерна при отсутствии осенней обработки почвы в предыдущие годы, но разница в урожае находилась в пределах наименьшей существенной разницы.

На овсе в 2016 г. в весенний период при проведении безотвальных обработок почвы выявлено сильное уплотнение почвы из-за обильных осадков в летне-осенний период предыдущего года. В результате на данных вариантах заделка семян не превышала 2,0–2,5 см, что меньше на 1,0–1,5 см, чем в контроле. Это отрицательно сказалось на урожайности фуражной культуры в засушливых условиях. Сбор зерна овса по отношению к варианту с отвальной вспашкой снизился на 0,31–0,40 т/га. Максимальное уменьшение урожая выявлено в варианте, где осенняя обработка в предыдущий год не осуществлялась.

Выводы

Таким образом, научные исследования по изучению ресурсосберегающих обработок на серой лесной почве показали, что замена вспашки один раз в 2 года на безотвальные обработки не приводит к существенному снижению содержания минерального азота в слое 0–20 см. При отсутствии осенних обработок выявлено заметное уменьшение запасов доступного азота в слоях 20–50 см в весенний период. В последующие даты отбора образцов почвы установлено, что независимо от способа обработки разница между ними сглаживается. Запашка зеленой массы клевера на сидерат позволила частично нивелировать отрицательные моменты варианта, где отсутствовала осенняя обработка почвы. В неблагоприятных засушливых условиях на последней культуре севооборота (овес) в вариантах с комбинированной обработкой обнаружено снижение сбора зерна на 0,31–0,40 т/га по сравнению с традиционной вспашкой.

Список литературы

1. Мингалева С. К. Ресурсосберегающие технологии обработки почвы в системах земледелия Среднего Урала : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Тюмень, 2004. 32 с.
2. Руководство по проведению полевых работ в сельскохозяйственных предприятиях



Свердловской области в 2013 году / Н. Н. Зезин [и др.]. Екатеринбург, 2013. 78 с.

3. На пути к бесплужному земледелию / С. Д. Гилев [и др.]. Курган : ООО «Куртамышская типография», 2015. 312 с.

4. Данилов А. Н., Летучий А. В., Шагивев Б. З. Влияние удобрений и обработки почвы на элементы ее плодородия и урожайность яровой пшеницы на черноземах Поволжья // Нива Поволжья. 2015. № 3 (36). С. 46–53.

5. Синещев В. Е., Слесарев В. Н. Пути совершенствования минимализации основной обработки черноземов в лесостепи Западной Сибири // Инновации и продовольственная безопасность. 2016. № 1 (11). С. 71–80.

6. Вражнов А. В., Агеев А. А., Анисимов Ю. Б. Минимизация почвообработки в системе сберегающего земледелия Южного Урала // АПК России. 2016. Т. 23. № 4. С. 778–782.

7. Перфильев Н. В. Влияние основной обработки темно-серой лесной почвы в Среднем Зауралье на содержание нитратного азота // Аграрный вестник Урала. 2014. № 7 (125). С. 22–26.

8. Оленин О. А. Отрицательные экосистемные изменения в агробиогеоценозах яровой пшеницы при биологизации технологии ее возделывания // Вестник Казанского ГАУ. 2015. № 4 (38). С. 84–90.

9. Пегова Н. А. Влияние пара, биоресурсов и системы обработки почвы на показатели пло-

дородия пахотного слоя // Вестник Ижевской ГСХА. 2015. № 4 (45). С. 64–70.

10. Влияние способов обработки почвы на урожайность зерновых культур и продуктивность севооборота / П. А. Постников, А. Б. Пономарев, В. В. Попова, О. В. Васина // АПК России. 2016. Т. 23. № 2. С. 315–320.

11. Зинченко М. К. Действие приемов основной обработки на микробный потенциал агроландшафтов серой лесной почвы // Земледелие. 2016. № 1. С. 16–19.

12. Мельникова Н. А. Влияние минимализации обработки на состояние плодородия тяжелых суглинистых почв в посевах яровой и озимой пшеницы // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. Вып. 2. С. 7–11.

13. Постников П. А., Васина О. В. Влияние способов обработки почвы на содержание минерального азота под культурами севооборота // Актуальные проблемы гуманитарных и сельскохозяйственных наук. 2016. № 10 (93). Ч. 1. С. 137–141.

14. Солодун В. И., Якупов Р. Х. Изменение содержания нитратного азота в выщелоченном черноземе при разных приемах его основной обработки в полевых севооборотах лесостепи Иркутской области // Вестник Иркутской ГСХА. 2015. № 67. С. 29–33.

Постников Павел Афанасьевич, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник отдела земледелия и кормопроизводства, ФГБНУ «Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства».

E-mail: postnikov.ural@mail.ru.

Васина Ольга Владимировна, младший научный сотрудник отдела земледелия и кормопроизводства, ФГБНУ «Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства».

E-mail: vasina_ov@mail.ru.

Попова Вера Викторовна, старший научный сотрудник аналитической лаборатории, ФГБНУ «Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства».

E-mail: vvporova_77@mail.ru.

* * *

УДК 635.24: 581.1

ТЕКСТУРА И СТРУКТУРА КЛУБНЕЙ ТОПИНАМБУРА

В. И. Старовойтов, А. А. Манохина

В настоящее время топинамбур приобретает все большую популярность в пищевой промышленности и кормопроизводстве. Топинамбур возделывается в РФ на площади около 3 тыс. га, преимущественно в Кабардино-Балкарии, Нижегородской, Липецкой, Тверской, Рязанской, Тульской, Ульяновской, Костромской, Волгоградской, Омской, Брянской, Московской, Саратовской, Ленинградской, Ярославской областях, Республике Чувашия, Краснодарском и Ставропольском краях. Стратегическая важность научных исследований в области производства и технологии переработки топинамбура, обозначена в программе Союзного государства «Инновационное развитие производства картофеля и топинамбура», утвержденная постановлением Совета министров Союзного государства от 29 октября 2013 г. В качестве прорывного направления разработки биотехнологий Программой предлагается интенсификация промышленного производства топинамбура для последующей переработки в промышленное сырье и готовые продукты питания для населения России и Республики Беларусь. Реализация Программы будет способствовать улучшению качества жизни населения и росту производительности труда в отраслях экономики России и Беларуси, занятых производством и переработкой картофеля и топинамбура. Исследования показали, что текстура клубня топинамбура по сухим веществам, инулину и пектину неравномерная по морфологическим частям и, кроме того, меняется в процессе хранения.

Ключевые слова: клубень, топинамбур, столоны, инулин, текстура клубней, клетки, сухие вещества, пектин.

Стратегическая важность научных исследований в области производства и технологии переработки топинамбура, обозначена в программе Союзного государства «Инновационное развитие производства картофеля и топинамбура», утвержденная постановлением Совета министров Союзного государства от 29 октября 2013 г. [1, 2]. В качестве прорывного направления разработки биотехнологий Программой предлагается интенсификация промышленного производства топинамбура для последующей переработки в промышленное сырье и готовые продукты питания для населения России и Республики Беларусь [3, 4, 5]. Реализация

Программы будет способствовать улучшению качества жизни населения и росту производительности труда в отраслях экономики России и Беларуси, занятых производством и переработкой картофеля и топинамбура [1, 6, 7].

Топинамбур возделывается в РФ на площади около 3 тыс. га, преимущественно в Кабардино-Балкарии, Нижегородской, Липецкой, Тверской, Рязанской, Тульской, Ульяновской, Костромской, Волгоградской, Омской, Брянской, Московской, Саратовской, Ленинградской, Ярославской областях, Республике Чувашия, Краснодарском и Ставропольском краях [8, 9].



В настоящее время топинамбур приобретает все большую популярность для промышленного использования.

При использовании клубней топинамбура важными являются сроки созревания, урожайность, размер и форма клубней, компактность клубневого гнезда, прочность соединения клубней с корневой системой [10].

Высокое содержание сухого вещества, углеводов, аминокислот и низкое содержание клетчатки делает его источником высокоэнергетических кормов, превышающих по своей питательности бобовые культуры и кукурузу [11]. Химический состав клубней топинамбура зависит от биологических особенностей сорта, почвенно-климатических и погодных условий выращивания, географического фактора [12].

Топинамбур – малоизученная с позиции исследования свойств клубней культура. Для переработки интерес представляют исследования по текстуре и структуре клубней топинамбура.

Цель исследований – изучить внутреннюю текстуру и структуру клубней топинамбура.

Объект исследований – внутренняя текстура и структура клубней топинамбура.

Материалы и методы

При создании оборудования по переработке топинамбура и извлечению инулина, фруктоолигосахаридов, пектина разработчики сталкиваются с проблемой недостатка информации по технологическим и анатомическим свойствам этой уникальной культуры.

Клубни у разных сортов топинамбура различаются по размеру и форме от округлых, как у картофеля, до полиморфных, узловатых конгломератов, которые образуются на кончиках столонов (подземных стеблей). Столоны имеют преимущественно проводящую функцию. Клубни имеют функцию хранения запасных питательных веществ и представляют источник почек и ресурсов, которые позволяют растению регенерировать [13]. Форма клубней у топинамбура может меняться в зависимости от условий произрастания и времени развития, например, первичные клубни, часто удлиненные и имеют длинные столоны, в то время как вторичные клубни, которые формируются позже, как правило, более округлые и имеют короткие столоны [14, 15].

Цвет кожуры клубней топинамбура в зависимости от сорта меняется, от белого и розового до красного и фиолетового и в меньшей степени окрашены в цвет столона. Клубни также облада-

ют другими химическими и физическими особенностями. Например, культивируемые сорта дают крупные, кучно расположенные клубни непосредственно около главного ствола, тогда как дикие виды дают мелкие клубни, обычно расположенные на концах длинных столонов [14].

В процессе набухания верхушки столона большая часть сухого вещества откладывается в столонах в виде фруктанов (инулин, фруктоза) и запасных белков, постепенно преобразуясь в клубень, после чего клубень становится жизнеспособным элементом дальнейшего репродуктивного развития. На рисунке 1 представлено преобразование столона в клубень.

Структура клубней в поперечном сечении, если рассматривать от внешней поверхности к центру, состоит из эпидермиса, следом идет кора, затем эктодермальное вещество, мякоть эндодермального вещества сосудистого кольца и сердцевина.

Эпидермис – наружный слой, состоит из нескольких слоев опробковевших клеток перидермы, сменившей эпидермис молодого клубня. Эти опробковевшие клетки защищают клубень от потери влаги и неблагоприятных внешних воздействий.

Некоторые части внутреннего (анатомического) строения клубня топинамбура можно обнаружить на разрезе невооруженным глазом. Представляя собой видоизмененный стебель, клубень топинамбура напоминает его и своим анатомическим строением. На разрезе молодого клубня можно обнаружить следующие части: в центре клубня располагается сердцевина, окруженная кольцом открытых (содержащих



Клубень

Столон

Рис. 1. Преобразование столона топинамбура в клубень

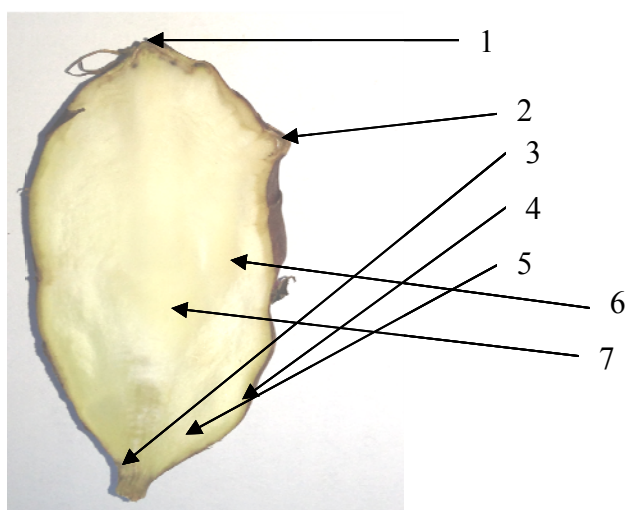
камбий) проводящих сосудов. Проводящий луб этих пучков вместе с лубяной паренхимой широким слоем лежит снаружи от камбия. По мере развития клубня, которое происходит в результате деятельности камбиального слоя клеток, в молодом клубне намечаются изменения, делающие клубень более приспособленным к отложению запасных питательных веществ, в частности инулина, и отличающие его строение в зрелом виде от типичного строения стебля. Невооруженным глазом можно обнаружить на продольном разрезе зрелого клубня кольцо сосудистых пучков, которое располагается близко к поверхности клубня и подходит вплотную к глазкам. Средняя часть клубня, как и в молодом возрасте, занята сердцевинной, причем в самом центре клубня располагаются наиболее водянистые клетки, отчего центральная часть иногда выделяется большим темным бесформенным пятном. Исследование среза клубня представляет следующую картину (рис. 2).

Наружный слой состоит из нескольких рядов опробковевших клеток перидермы, сменившей эпидермис молодого клубня. Эти опробковевшие клетки защищают клубень от потери влаги и неблагоприятных внешних воздействий. По направлению внутрь клубня перидерма переходит в кору. При наличии промежуточных клеток переход этот может происходить постепенно. У окрашенных клубней именно в этих промежуточных слоях клеток, следовательно, во внешних клетках перидермы, находится пигмент. Кора состоит из паренхиматических клеток, заполнен-

ных зернами инулина, и проводящих элементов луба – ситовидных трубок. Далее внутри располагается слой образовательной ткани, или камбия. За камбиальным слоем следует кольцо сосудистых пучков (сосудистое кольцо). Благодаря деятельности камбия происходит развитие клубня в толщину и образование лубяной и древесинной частей клубня. Большую часть луба в клубне топинамбура составляет лубяная паренхима, а древесины – древесинная паренхима. Проводящие элементы занимают здесь ничтожную часть общей массы. Центральная часть клубня занята сердцевинной с отходящими от нее лучами, направленными к почкам. Паренхима состоит из крупных и тонкостенных клеток. Клетки эти, как уже отмечено, заполнены инулином, причем распределение инулина в них неравномерное. Наиболее богаты инулином внутренние клетки коры и внешние клетки сердцевинной, приближающейся с обеих сторон к камбиальному слою. По мере удаления от камбия к центру клубня содержание инулина в клетках уменьшается. Центральная часть клубня водяниста, и клетки ее становятся полупрозрачными. В коре клубня, наоборот, наиболее богаты инулином внутренние части; во внешних же клетках коры, расположенных под пробковым слоем, преобладают азотистые составные части клубня. Следует отметить хорошо выраженную у клеток паренхимы способность в случае повреждения клубня усиленно делиться перегородками, параллельными поврежденной поверхности, и образовывать новый слой пробки, предохраняющей клубень от высыхания. Такое многослойное строение верхнего слоя клубня топинамбура представляет интерес при создании оборудования для уборки, очистки клубней топинамбура от почвы.

Относительно мало известно о временной последовательности деления и дифференцировки клеток, проводящих зимние запасы веществ в клубни. Остаются малоизученными места локализации синтеза фруктана (инулин, фруктозан), сохранение питательных веществ в клетках. Вакуолярный объем зависит от размера и числа клеток. Размер отдельных клеток в клубнях топинамбура изменяется в зависимости от типа ткани: кора (286 клеток на 10 мм^2), сосудистое кольцо (85 клеток на 10 мм^2) и сердцевина (149 клеток на 10 мм^2) [16].

Уровень репродукции, общее число клеток и их размеры постоянно увеличиваются после начала формирования клубней, но эти факты не были соответствующим образом задокументированы.



- 1 – верхушечная почка; 2 – боковая почка;
3 – пуповина; 4 – эпидермис; 5 – кора;
6 – сосудистое кольцо; 7 – сердцевина

Рис. 2. Продольный разрез клубня топинамбура



Клубни состоят в основном из паренхимных клеток – хранилищ запасных питательных веществ, перемежающихся с небольшим количеством клеток сосудистого происхождения [17]. Паренхиматозные клетки при относительно большой зрелости имеют тонкие стенки и очень вакуолизированы. Обычно в них существует только тонкий слой цитоплазмы, которая меняется по толщине (т. е. обычно меньше 5 мк) и прижимается к клеточным стенкам. Вакуоли пересекает небольшое количество цитоплазматических нитей, уходящих вдоль тонких линейных участков в цитоплазму.

Примыкающие к клеточной стенке цитоплазматические участки занимают только 0,30 мк² и располагаются по всему периметру клеточной стенки. Цитоплазма не содержит ядер, пластид, митохондрий, хромосом. Из числа пластид в клетках клубней топинамбура обнаружены только немногочисленные микротрубочки, аналогичные хромосомам. Цитоплазма содержит яйцевидные хрусталепоподобные органы от 0,5 до 1,0 мк в диаметре, связанные одной мембраной, и круглые, иногда овальные органы, содержащие мелкозернистый, электронно-плотный материал. Последние имеют полиморфные формы (1,5 мк в диаметре). Ядра обычно прижимаются к клеточным стенкам, отдельные экземпляры сплюснуты и имеют форму сфероидов, содержащих одно или несколько ядрышек. Рибосомы расположены беспорядочно в цитоплазме и редко связаны с эндоплазматическим ретикулумом. Митохондрии группируются в более широких областях цитоплазмы, особенно вокруг ядра [16, 17].

Распределение ассимилятов относительно равное от проксимального до дистального конца клубня. Инулин содержится в вакуолях, которые также часто содержат пузырьки, тем более в клетках, рядом с межпучковым камбием, и концентрация его снижается с увеличением расстояния от камбия. Крупнейшие запасы инулина локализованы в вакуолях, содержащих волокнистый или гранулированный материалы. В паренхимных клетках клубней наблюдается постепенное увеличение накопления сухих веществ. Степень максимальной полимеризации в клубнях наступает задолго до достижения максимума накопления сухого веса. Биологического обоснования этого явления пока нет. Наибольший процент клеток, содержащих инулин с высоким молекулярным весом (степень полимеризации > 30%), был обнаружен 30 августа, но после этого существенно снизился,

даже при условии повышения процента сухих веществ в клубнях. Сухие вещества, фруктаны, белки и сахара неравномерно локализованы в различных типах тканей клубней. Наибольшая концентрация каждого перечисленного вещества находится в коре и постепенно снижается по мере продвижения внутрь клубня, при этом сердцевина имеет самую низкую концентрацию запасных веществ [16, 17, 18]. Такое расположение фруктанов и белков может учитываться для поиска более эффективных путей извлечения этих веществ. Для создания способов, технологий и оборудования для извлечения инулина и пектина из топинамбура важное значение имеет их распределение в клубне.

Для исследования использовались образцы топинамбура из тест-питомника Красково Московской области в 2015–2016 гг. Физико-химические показатели образцов определены следующими методами:

- содержание сухого вещества – высушиванием;
- содержание растворимых и нерастворимых веществ – методом горячей водной диффузии;
- содержание углеводов в экстракте – жидкостной хроматографией;
- содержание пектина по ГОСТ 32223-2013.

Результаты исследований

Исследования, проведенные нами, показали, что сухие вещества, инулин и пектин в клубнях топинамбура распределены по морфологическим частям неравномерно (табл. 1). Кроме того, осенняя и весенняя текстура клубней топинамбура по этим параметрам отличаются.

Полученные данные позволяют ответить на ряд вопросов, которые возникают перед разработчиками оборудования для переработки топинамбура и извлечения инулина, ФОС, пектина. Осенью в клубнях топинамбура накапливается инулин как запасной углеводов. Уборку топинамбура осуществляют осенью, поскольку, как следует из таблицы 1, максимальное содержание инулина в клубнях достигает максимальных размеров. Поскольку вегетационный период длительный, уборка часто приходится на позднюю осень. В случае, если топинамбур не удастся убирать осенью, урожай может зимовать в поле. Топинамбур хорошо переносит морозы и весной уборка может быть продолжена. Однако, как видно из таблицы 1, за зиму в топинамбуре проходит ряд изменений. Под действием низких температур происходит

Таблица 1 – Текстура клубня и состав (Красково М.О. 2015 г. Сорт топинамбура Интерес (1 репродукция), почвы супесчаные)

Параметры текстуры и структуры клубней топинамбура	Осень			Весна			Среднее	НСР ₀₅
	В кожуре (толщина 0,2–0,3 см)	В коре (толщина 1–2 см)	В сердцевине	В кожуре (толщина 0,2–0,3 см)	В коре (толщина 1–2 см)	В сердцевине		
Содержание сухих веществ, %	19,2–21,1	19–28	21–27	31,5	17,0–28,1	21–35	24,95	3,74
Содержание инулина, % от С.В	16–22	75–89	79–95	10–14	43,2–65,4	15,2–45,1	47,41	29,35
Содержание инулина во фракции (кожуре, коре, сердцевине) от общего содержания в клубне	2,4–3,7	12,2–18,5	78–86	3,4–5,8	50,2–69,4	37–46	34,38	29,43
Массовая доля гидропектина, % на С.В	0,05–0,07	0,17–0,23	0,40–0,47	0,07–0,09	0,21–0,27	0,37–0,43	0,24	0,14
Массовая доля протопектина, % на С.В	10,9–18,6	0,5–1,3	0,4–0,5	11,9–17,8	0,3–1,1	0,3–0,4	5,33	6,70

деполимеризация цепочек инулина и распад на более короткие составляющие: фруктозу, дисахара и другие углеводы. Весной начинается период активизации ростовых веществ и движение инулина от центра к коре и почкам.

Установлено, что в процессе хранения текстура клубня топинамбура по сухим веществам, инулину и пектину изменяется: от сердцевины к периферии.

Выводы

Исследования показали, что текстура клубня топинамбура по сухим веществам, инулину и пектину неравномерная по морфологическим частям и, кроме того, меняется в процессе хранения, поэтому при создании предприятий по получению из топинамбура фруктоолигосахаридов (ФОС), инулина, пектина, необходимо это учитывать.

Расположение фруктанов и белков может учитываться для поиска более эффективных путей извлечения этих веществ. Для создания способов, технологий и оборудования для извлечения инулина и пектина из топинамбура важное значение имеет их распределение в клубне.

Список литературы

1. Старовойтов В. И. Инновационное развитие производства картофеля и топинамбура на 2012–2015 годы // Инновационное развитие производства картофеля и топинамбура : VI форум проектов программ Союзного государства.

М. : Союзное государство, 2011. Спец. вып. № 12 (58/1) декабрь. С. 56–63.

2. Старовойтов В. И., Воронов Н. В., Старовойтова О. А. Развитие массового возделывания топинамбура – предпосылки для улучшения экологии // Материалы междунар. агроэкологического форума. СПб. : ГНУ СЗНИИМЭСХ, 2013. Т. 2. С. 135–141.

3. Картофель и топинамбур – продукты будущего / В. И. Старовойтов [и др.]. М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2007. 292 с.

4. Топинамбур – культура многоцелевого использования / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, П. С. Звягинцев, Ю. Т. Лазунин // Пищевая промышленность. 2013. № 4. С. 22–25.

5. Топинамбур – уникальное растительное сырье / В. И. Старовойтов [и др.] // Пищевая промышленность. 2015. № 8. С. 16–20.

6. Топинамбур – инновационный ресурс в развитии экономики России / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, П. С. Звягинцев, Ю. Т. Лазунин // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. 2013. № 2. С. 30–33.

7. Инновации – ключ к ускорению развития аграрного сектора экономики / В. И. Старовойтов [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. 2015. № 7. С. 5–11.

8. Старовойтов В. И., Старовойтова О. А., Манохина А. А. Особенности технологии и машины для возделывания топинамбура // Сельский механизатор. 2015. № 11. С. 4–5.



9. Старовойтов В. И., Старовойтова О. А., Манохина А. А. Механизация возделывания топинамбура в органическом земледелии // АПК России. 2016. Т. 23. № 4. С. 841–844.

10. Манохина А. А., Старовойтов В. И., Старовойтова О. А. Инновационная технология возделывания топинамбура // Основные направления развития техники и технологий в АПК : сб. матер. VII Всерос. науч.-практ. конф. (г. Княгинино, 17 декабря 2015 г.). Княгинино : НГИЭУ. 2016. С. 277–279.

11. Котова З. П., Парфенова Н. В. Оценка кормовой ценности топинамбура (*HELIANTHUS TUBEROSUS* L.) в условиях Карелии // Кормопроизводство. 2015. С. 41–44.

12. Манохина А. А., Старовойтова О. А. Использование нетрадиционных сельскохозяйственных культур для повышения продовольственной безопасности // Сб. матер. междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов (26–27 ноября). Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2015. Ч. 3. С. 233–237.

13. Старовойтова О. А. Унифицированная технология выращивания топинамбура // Сб. тр. межрег. науч.-метод. конф. «Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России», посв. 85-летию Ивановской

государственной сельскохозяйственной академии имени Д. К. Беляева. Иваново : ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА. 2015. С. 189–192.

14. Barloy J. Techniques of cultivation and production of the Jerusalem artichoke, in Topinambour (Jerusalem Artichoke), Report EUR 11855, Grassi, G. and Gosse, G., Eds., Commission of the European Communities (CEC), Luxembourg, 1988, pp. 45–57.

15. Barloy J. and Fernandez J. Synthesis on Jerusalem artichoke projects, in Topinambour (Jerusalem Artichoke). Report EUR 13405, Grassi, G. and Gosse, G., Eds., Commission of the European Communities, Luxembourg, 1991, pp. 3–14.

16. Mazza G. Distribution of sugars, dry matter and protein in Jerusalem artichoke tubers, Can. Inst. Food Sci. Technol. J., 18, 263–265, 1985.

17. Fowke L. and Setterfield G. Cytological responses in Jerusalem artichoke tuber slices during aging and subsequent auxin treatment, in Biochemistry and Physiology of Plant Growth Substances, Whitman, F. and Setterfield, G., Eds., Runge Press, Ottawa, 1968, pp. 581–602.

18. Kaeser W. Ultrastructure of storage cells in Jerusalem artichoke tubers (*Helianthus tuberosus* L.) vesicle formation during inulin synthesis, Z. Pflanzenphysiol. Bd., 111, 253–260, 1983.

Старовойтов Виктор Иванович, д-р техн. наук, федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства имени А. Г. Лорха» (ФГБНУ ВНИИКХ).

E-mail: agronir1@mail.ru.

Манохина Александра Анатольевна, канд. сел.-хоз. наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева).

E-mail: alexman80@list.ru.

* * *

УДК 635.24

ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОЛЛЕКЦИИ СОРТООБРАЗЦОВ ТОПИНАМБУРА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ ЦФО

В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, А. А. Манохина

В рамках реализации программы Союзного государства «Инновационное развитие производства картофеля и топинамбура» на период 2013–2016 гг.» проводили работы по полевым испытаниям сортообразцов топинамбура. Исследования проводили в 2014–2016 гг. на испытательном участке экспериментальной базы ВНИИКС «Коренево» ФГБНУ ВНИИКС имени А.Г. Лорха на дерново-подзолистой супесчаной почве. По разнообразию использования топинамбур – одна из самых перспективных универсальных культур. Площадь ассимиляционной поверхности листьев в начале сентября составила 0,41...2,31 м²/куст. Растения топинамбура, в зависимости от сорта, достигали высоты 155...280 см. На коллекционных посадках ФГБНУ бактериальные и вирусные болезни обнаружены не были. Среднее значение количества растений, пораженных грибным заболеванием ложной мучнистой росой составило в июле 1,6%, в сентябре 8,0%, в октябре 13,3%. Предложена классификация сортов топинамбура с разделением на две основные группы: ранние – сорта раннего срока увядания зеленой массы, то есть через 150–170 дней после посадки (Выльгортский, Диетический, Надежда, Находка, Подмосковный, Сиреники, Скороспелка, Бланк Брекос) и поздние – сорта позднего срока увядания зеленой массы, то есть через 190 и более дней после посадки (Интерес, Интерес 21, Калужский, Кореневский, Новость ВИРа, Таджикский, Шпиндель, Виолет де Ренсе). Урожайность зеленой массы составила до 86,9 т/га. Урожайность клубней получена до 51,1 т/га. Содержание сухих веществ в среднем составило 23,9%, общих сахаров – 17,2%, инулина – 13,8%, содержание нитратов – 244,2 мг/кг.

Ключевые слова: топинамбур, сортообразец, клубни, полевые испытания.

Стратегическая важность научных исследований в области производства и технологии переработки топинамбура обозначена в программе Союзного государства «Инновационное развитие производства картофеля и топинамбура», утвержденной постановлением Совета министров Союзного государства от 29 октября 2013 г. [1, 2].

Топинамбур возделывается в РФ на площади около 3 тыс. га, преимущественно в Кабардино-Балкарии, Нижегородской, Липецкой, Тверской, Рязанской, Тульской, Ульяновской, Костромской, Волгоградской, Омской, Брянской, Московской, Саратовской, Ленинград-

ской, Ярославской областях, Республике Чувашия, Краснодарском и Ставропольском краях [3, 4].

В настоящее время топинамбур приобретает все большую популярность для промышленного использования [5]. Топинамбур является одной из самых перспективных культур многоцелевого назначения [6]. По данным ассоциации «Топинамбур», без применения удобрений урожайность составила 200–400 ц/га клубней и 400–600 ц/га зеленой массы [7]. Топинамбур служит источником для получения калия, магния, кальция [8], потенциально доступных углеводов (полимерного гомолога фруктозы –



инулина, инулидов, олигосахаридов и фруктозы), макро- и микроэлементов, витаминов (С и группы В) [9]. Топинамбур обладает уникальной способностью накапливать высокое содержание инулина, который расщепляется в организме человека до фруктозы, необходимой лицам страдающим диабетом [10].

Выращивать сельскохозяйственные растения следует с учетом двигательных сил агробиоценозов, химических преобразований, происходящих на поле, энергетических ресурсов, их роли в процессах; с учетом барьерных функций агроландшафтов и их компонентов; структуры почвенного покрова, характерной для природных ландшафтных зон, видов сорных растений, классификации основных видов вредителей и болезней и мер борьбы с ними [11].

Цель исследования: проведение полевых испытаний по оценке сортов топинамбура белорусской и российской селекции в течение вегетационного периода по урожайности, устойчивости к болезням и вредителям.

Объект исследования: сортовые ресурсы и условия выращивания топинамбура.

Материалы и методы

В рамках реализации программы Союзного государства «Инновационное развитие производства картофеля и топинамбура» на период 2013–2016 гг.» проводили работы по полевым испытаниям сортообразцов топинамбура.

Исследования проводили в 2014–2016 гг. на испытательном участке Экспериментальная база ВНИИХ «Коренево» ФГБНУ ВНИИХ имени А.Г. Лорха. Для исследований использовались наиболее популярные сорта топи-

намбура, в том числе включенные в Госреестр, В коллекцию вошли сорта: Вильгортский (РФ), Диетический (РФ), Интерес (РФ), Интерес 21 (РФ), Калужский (РФ), Корневский (РФ), Надежда (РФ), Находка (РФ), Новость ВИРа (РФ), Подмосковный (РФ), Сиреники (РБ), Скоро-спелка (РФ), Таджикский (СССР), Бланк Брекос (Франция), Виолет де Ренсе (Франция), Шпиндель (Германия). Исследования коллекции сортов топинамбура представлены на рисунке 1.

Почва опытного участка полевых испытаний по оценке сортов топинамбура характеризуется как дерново-слабоподзолистая супесчаная с высокой обменной и гидролитической кислотностью ($pH_{KCl} = 4,4-4,9$; $Hg = 3,3-4,8$ мг-экв./100 г почвы); низкой суммой поглощенных оснований и степенью насыщенности ими ($S = 1,5-3,9$ мг-экв./100 г почвы; $V = 31,0-46,8\%$); высоким содержанием подвижного фосфора (267–354 мг/кг почвы) и ниже среднего содержания обменного калия (95–136 мг/кг почвы); низкой гумусированностью (1,6–1,9% гумуса).

Средняя температура воздуха за вегетационный период 2016 составила 18,6 °С, при норме 16,5 °С (в 2015 г. – 17,5 °С, в 2014 г. – 18,4 °С). Всего осадков за вегетационный период 2016 года выпало 470,2 мм, или 180,5% от среднееголетней нормы (260,5) мм (в 2015 г. 302,45 мм, или 116,1% от нормы, в 2014 г. – 206,5 мм, или 79,3% от нормы). ГТК в 2016 г. составил 2,16 (очень влажный) при климатической норме – 1,3–1,4 (в 2015 г. – 1,46 (влажный), в 2014 г. 1,0 (засушливый)).

В исследованиях было выполнено следующее. Дискование сидеральных культур (вика + овес) в 2 следа – БДТ-3, первая декада августа



Рис. 1. Общий вид испытательного участка (топинамбур)

предшествующего года. Осенняя зяблевая вспашка (первая декада октября) – МТЗ-82 с плугом ПЛН 3,35 на глубину 18–20 см без предплужника. Весенняя сплошная культивация с боронованием (вторая-третья декада апреля) – КСП-4. Нарезка гребней культиватором КРН-4,2. Подготовка семенного материала – калибровка и отбор здоровых клубней. Посадку проводили семенными клубнями размером 25–40 мм по поперечному диаметру клоновой сажалкой СН – 4Б-К на глубину 8–10 см. Повторность опыта – 4, ширина междурядий – 75 см, площадь учетной делянки – 20,0 м²; срок посадки 27–30 апреля. Минеральные удобрения в форме азофоски (NPK 60:60:60) вносили в мае локально двумя лентами культиватором КРН-4,2 с туковысевающими аппаратами. Расположение лент – шириной около 4 см, на 4–5 см в каждую сторону от центра гребня и ниже рядка клубней на 3–4 см. Топинамбур на ранних этапах развития чувствителен к сорнякам, поэтому довсходовые и междурядные обработки по всходам дают хороший эффект [12]. При уходе за посадками проведены одна довсходовая и одна послевсходовая междурядные обработки с окучиванием (КРН-4,2, май–июнь).

Закладку полевого опыта, учеты и наблюдения проводили в соответствии с требованиями методики полевого опыта (Б.А. Доспехов, 1985), программы и методики оценки сортов топинамбура в тест-питомниках в рамках реализации программы Союзного государства «Инновационное развитие картофеля и топинамбура» на 2014–2016 гг. [13] и «Методики исследований по культуре картофеля» (НИИКС, 1967) как культуры, наиболее близкой по технологии выращивания.

Результаты исследований

Интенсивность процессов прохождения фенологических фаз развития растений зависит от сортовых особенностей, метеорологических условий и агротехнических приемов. Всходы начинают появляться через 2–5 недель после посадки. Время появления всходов после посадки отличается между сортами и в основном определяется температурой почвы [14]. Оптимальная температура для прорастания клубней топинамбура 18–20 °С. Цветение лучше всего протекает при 20–22 °С. Нарастивание массы клубней прекращается при температуре ниже 7 °С. Оптимальной для клубнеобразования считается температура в пределах 18–19 °С. На урожай и качество топинамбура существенно

сказывается отклонение температуры почвы и воздуха от оптимальных значений.

При выполнении экспериментальной работы по каждому сорту учитывали количество дней от посадки до появления всходов, наступления фаз бутонизации, цветения. Время прохождения фаз развития сортов было различным как по группам, так и в пределах одной группы созревания. Полные всходы у всех сортов наступали в первую декаду июня, т.е. через 34–37 дней после посадки. Фаза бутонизации у сортов Вильгортский, Диетический, Надежда, Находка, Подмосковный, Сиреники, Скоропелка и Бланк Брекос наступала во вторую декаду августа, то есть через 105–108 дней после посадки, а у сортов Интерес, Корневский, Новость ВИРа, Таджикский, Виолет де Ренсе и Шпиндель наступала во второй половине октября, то есть через 165–176 дней после посадки. На сортах Интерес 21 и Калужский фаза бутонизации не успевала наступить до заморозков, во время которых зеленая масса растений замерзала и процессы развития надземной части растений прекращались. Фаза цветения у сортов Вильгортский, Диетический, Надежда, Находка, Подмосковный, Сиреники, Скоропелка и Бланк Брекос наступала в третью декаду августа, то есть через 118–121 дней после посадки, а у сортов Корневский, и Шпиндель наступала в конце октября, то есть через 176 дней после посадки. На сортах Интерес, Интерес 21, Калужский, Новость ВИРа, Таджикский и Виолет де Ренсе фаза цветения не успевала наступить до заморозков.

Фаза увядания надземной части у сортов Вильгортский, Диетический, Надежда, Находка, Подмосковный, Сиреники, Скоропелка и Бланк Брекос наступала в начале октября, то есть через 160–162 дней после посадки, а у сортов Интерес, Интерес 21, Калужский Корневский, Новость ВИРа, Таджикский и Виолет де Ренсе и Шпиндель наступала во вторую декаду ноября, то есть через 200 дней после посадки.

Сорта Вильгортский, Диетический, Надежда, Находка, Сиреники, Скоропелка, Бланк Брекос и Калужский достигли высоты в конце вегетации – 155...170 см; сорта Подмосковный, Интерес достигли высоты 175...208 см; сорта Интерес 21, Таджикский и Виолет де Ренсе – 220...235 см; сорта Корневский, Новость ВИРа, Шпиндель – 270...280 см.

Площадь ассимиляционной поверхности листьев в начале сентября у сортов Вильгортский, Диетический, Надежда, Находка, Сире-



ники, и Бланк Брекос составила 0,41...0,84 м²/куст; сортов Подмосковный, Скороспелка, Интерес 21, Корневский. Виолет де Ренсе составила 0,93...1,30 м²/куст, сортов Калужский, Новость ВИРа, Шпindelъ – 1,44...1,59 м²/куст. Наибольшая площадь ассимиляционной поверхности листьев 2,10...2,31 м²/куст оказалась у сортов Интерес и Таджикский.

Топинамбур поражается возбудителями болезней различной этиологии: бактериями, вирусами, грибами. Помимо этого, растения топинамбура болеют непаразитарными функциональными болезнями, обусловленными различными экологическими факторами – недостатком питательных элементов, в частности азотистых и фосфорных соединений и др. Оценку пораженности вирусными и бактериальными болезнями и вредителями проводили на основе визуального обследования растений в делянке. Первое обследование проводили при высоте растений до 100 см (июль), второе – в фазу цветения ранних и среднеранних сортов (третья декада августа – первая декада сентября), третье – в фазу бутонизации-цветения поздних сортов (3-я декада октября).

На топинамбуре в разных районах ареала распространения периодически паразитируют и развиваются как полупаразиты и сапрофиты 4 вида бактерий. Патотипы вирусных болезней топинамбура: кармашковость листьев топинамбура, курчавость верхушечных листьев топинамбура, мозаика земляной груши, морщинистость листьев топинамбура, пестролистность топинамбура. До настоящего времени вирусы топинамбура не имеют широкого распространения, но в связи с резкими изменениями климатических условий и связанными с этим стрессовыми ситуациями у растений количество патотипов вирусов у топинамбура может расширяться. К этому списку следует прибавить вирусы близкого по систематическому положению подсолнечника, потенциально опасные для растений топинамбура, которые гораздо лучше изучены. В настоящее время известно 9 вирусных и микоплазменных заболеваний подсолнечника. Они проявляются в виде пятнистостей, мозаики, курчавой деформации верхушечных листьев, гофрировки листовых пластинок, израстания и редукции листьев, деформации венчика, стерильности семян [15].

На коллекционных посадках ФГБНУ бактериальные болезни и вирусные болезни на топинамбуре обнаружены не были.

На топинамбуре в разных районах ареала распространения периодически паразитируют и развиваются, как паразиты, полупаразиты и сапрофиты, 32 вида фитопатогенных грибов. Из патогенов стеблей и листьев наиболее значительны: склеротиниоз (два вида возбудителя – склеротиния склеротиорум топинамбура (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) Mass.) и Склероция рольфси (*Sclerotium Rolfsii* Sacc.). Далее Фиматотриха омнивора топинамбура. (*Phymatotrichum* = *Ozonium omnivorum* (Shear.) Dugg.) и мучнисторосые грибы – ложная мучнистая роса = мильдью (*Plasmopara helianthi* Scaw. Novot/ f. *Helianthi* Novot.) и Мучнистая роса (*Erysiphe cichoracearum* DCF *helianthi* Jacz.) [7].

В июле отмечено незначительное поражение листьев ложной мучнистой росой 1...3%. Наиболее пораженными мучнистой росой в 1-ю декаду сентября оказались растения ранних сортов (Скороспелка, Бланк Брекос) – до 14...15% листьев и среднеранних сортов (Вильгортский, Надежда) – до 11...12%, среднеспелых сортов (Диетический, Калужский, Находка, Подмосковный, Сиреники) – до 8...12%. Слабо поражены растения позднеспелых (Интерес, Интерес 21, Новость ВИРа, Шпindelъ) сортов – до 5...7%. Наименее пораженными оказались растения среднеспелых сортов (Корневский, Подмосковный, Виолет де Ренсе) и позднего сорта Таджикский – до 1...4% листьев. Наиболее пораженными мучнистой росой в 3-ю декаду сентября оказались растения сортов: Калужский, Новость ВИРа, Шпindelъ (24–28% листьев). Слабо поражены растения сортов Интерес, Интерес 21, Корневский – 7...9%. Почти все листья чистыми оказались на сортах Таджикский и Виолет де Ренсе – 2...3%.

Среднее значение количества растений, пораженных ложной мучнистой росой, составило в июле 1,6%, в сентябре – 8,0%, в октябре – 13,3%. НСР₀₅ составило 0,70; 4,00; 9,72% соответственно. Следовательно, если топинамбур выращивать на зеленые корма, то лучше проводить скашивание надземной массы до наступления 3 декады сентября, чтобы избежать значительного поражения листьев ложной мучнистой росой.

Оценку заселенности вредителями проводили на основе визуального обследования растений в делянке. Первое обследование проводили при высоте растений до 50 см (июнь), второе – в период начала бутонизации (июль).

Вредители на коллекции топинамбура в 2014–2016 гг.

Июнь: тли (Aphidoidea) – 0,46 шт./м², блошка крестоцветная (род *Phyllotreta*) – 0,14 шт./м², пилильщик желтый (*Nematus leucotrochus*) – 0,02 шт./м², подсолнечниковая огневка – *Homoeosoma nebulellum* Den. et Schiff. – 0,01 шт./м², трипс (*Thrips* spp.) – 0,01 шт./м², долгоносик (*Tanymecus palliates* Fabr.) – 0,006 шт./м², хрущ (*Rhizotrogus solstitialis*) – 0,004 шт./м², паутинный клещ (*Tetranychus urticae*) – 0,001 шт./м².

Июль: рапсовый клоп (*Eurydema olaracea* L.) – 1,22 шт./м², листоеды (*Chrysomelidae*) – 0,6 шт./м², моли мелкие разных видов (семейство Огневки – *Pyrallidae*) – 0,27 шт./м², пяденицы (сем. *Geometridae*) – 0,2 шт./м².

Визуально проводили учет видового состава сорных растений в конце июля – начале августа. Обследование посадок топинамбура показало, что текущая засоренность достаточно широко варьировала по видовому составу. Анализ наличия сорной растительности свидетельствует, что число вегетирующих взрослых растений на 1 м² в наших исследованиях оказалось ниже порога вредоносности. Из 17 видов растений [16], представляющих сорный ценоз в посадках оригинального семенного топинамбура, 15,7% повсеместно встречаемые, занимающие устойчивую позицию среди сорных видов в посадках. В их числе полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.), пастушья сумка (*Capsella bursapastoris* (L.) Medic.), ежовник обыкновенный (*Echinochloa crusgalli* L.), звездчатка средняя (*Stellaria media* L.), фиалка полевая (*Viola arvensis* Murr.), осот полевой (*Sonchus arvensis* L.), марь белая (*Chenopodium album* L.), марь цветная (*Chenopodium amaranticolor* (Mill)), дрема белая (*Melandrium album* (Mill.) Garcke), гречишка вьюнковая (*Fallopia convolvulus* (L.) A. Love). Необходимо стремиться к максимально возможному снижению засоренности топинамбура при производстве оригинальных семян и содержанию прилегающих участков в чистом от сорняков состоянии, используя для этого различные приемы, способы и средства.

В результате наших исследований предложена классификация сортов топинамбура с разделением на две основные группы:

1. Ранние – сорта раннего срока увядания зеленой массы, то есть через 150–170 дней после посадки. К ним отнесли сорта: Вильгортский, Диетический, Надежда, Находка, Подмосковный, Сиреники, Скороспелка, Бланк Брекос.

2. Поздние – сорта позднего срока увядания зеленой массы, то есть через 190 и более дней после посадки. К ним отнесли сорта: Интерес, Интерес 21, Калужский, Кореневский, Новость ВИРа, Таджикский, Шпиндель, Виолет де Ренсе.

Учеты продуктивности зеленой массы проводили в два срока: фаза цветения сортов раннего срока увядания ботвы (начало сентября) и фаза бутонизации-цветения сортов позднего срока увядания ботвы (третья декада октября). Общая продуктивность зеленой массы сортов топинамбура в сентябре составляла 13,5...42,3 т/га (3038...9518 корм. ед.) у «ранних» сортов (среднее значение – 29,7 т/га, НСР₀₅ – 8,51 т/га) и 23,6...86,0 т/га (5310...19350 корм. ед.) у «поздних» сортов (среднее значение 47,5 т/га, НСР₀₅ – 20,44 т/га).

В конце октября на всех «ранних» сортах снизилось значение урожайности зеленой массы на 0,5...20,7 т/га в связи с полным или почти полным засыханием надземной части растений. Общая продуктивность зеленой массы сортов топинамбура составляла 13,0...25,4 т/га (2925...5715 корм. ед.) у «ранних» сортов (среднее значение – 18,3 т/га, НСР₀₅ – 3,51 т/га) и 28,2...86,9 т/га (6345...19553 корм. ед.) у «поздних» сортов (среднее значение 55,8 т/га, НСР₀₅ – 22,85 т/га). Наибольшее количество кормовых единиц оказалось у сортов: Новость ВИРа (19 553 корм. ед.), Шпиндель (18 000 корм. ед.), Таджикский (17 843 корм. ед.), Интерес (12 128 корм. ед.).

По каждому сорту учитывали урожай клубней в два срока (табл. 1): фаза цветения сортов раннего срока увядания ботвы (начало сентября) и фаза бутонизации-цветения-позднего срока увядания ботвы (третья декада октября).

При уборке клубней в начале сентября урожайность клубней фракции более 30 мм по поперечному диаметру в соответствии с требованием (более 25,0 т/га) получена на сортах: Диетический (40,1 т/га), Кореневский (31,7), Бланк Брекос (27,1 т/га). Урожайность немного ниже, чем 25 т/га, получена на сортах: Находка (21,2 т/га), Подмосковный (24,4 т/га), Скороспелка (16,7 т/га).

Топинамбур – уникальная культура, у которой можно полезно использовать все элементы (клубни крупные, клубни мелкие, стебли, листья, цветы, столоны, корни). Поэтому важно учитывать урожай клубней не только крупной фракции (более 30 мм по поперечному диаметру), но и мелких клубней (менее 30 мм). При



этом большая общая (валовая) урожайность получена на сортообразцах: Диетический (43,5 т/га), Надежда (40,8 т/га), Корневский (35,9), Бланк Брекос (30,8 т/га), Подмосковный (26,5 т/га).

При уборке клубней в третью декаду октября урожайность клубней фракции более 30 мм по поперечному диаметру в соответствии с требованием (более 25,0 т/га) получена у сортообразцов: Находка (50,3 т/га), Скороспелка (47,2 т/га), Подмосковный (43,5 т/га), Надежда (41,2 т/га), Диетический (40,1 т/га), Вьльгортский (36,0 т/га), Корневский (33,0 т/га), Сиреники (31,1 т/га).

При этом наибольшая общая (валовая) урожайность клубней получена на сортах раннего срока увядания ботвы: Находка (51,1 т/га), Скороспелка (50,7 т/га), Сиреники (46,9 т/га), Диетический (46,1 т/га), Надежда (46,0 т/га), Подмосковный (44,4 т/га), Вьльгортский (37,5 т/га), Бланк Брекос (33,1 т/га), а также на пяти сортообразцах позднего срока увяда-

ния ботвы: Шпindelь (43,9 т/га), Корневский (42,9 т/га), Интерес 21 (35,5 т/га), Интерес (27,1 т/га), Новость ВИР (25,2 т/га).

Содержание нитратов ниже 250 мг/кг оказалось в клубнях сортов: Вьльгортский (158), Диетический (230), Интерес (200), Интерес 21 (121), Калужский (208), Находка (208), Сиреники (238), Шпindelь (244). При этом замечено, что значительно меньшее содержание нитратов накопилось в части клубня, ближайшей к основанию (столону).

Наибольшее содержание сухого вещества при ранней уборке оказалось у образцов сортов: Корневский (25,4%), Новость ВИРа (26,4%), Бланк Брекос (25,0%). Наибольшее содержание инулина при ранней уборке оказалось в образцах сортов: Диетический (14,7%), Калужский (18,7%), Корневский (15,0%), Находка (14,1%), Новость ВИРа (15,8%), Бланк Брекос (16,7%).

Таким образом, топинамбур является одной из наиболее перспективных культур.

Таблица 1 – Урожайность клубней топинамбура, т/га

№ п/п	Сорт	Сентябрь			Октябрь		
		> 30 мм	< 30 мм	всего	> 30 мм	< 30 мм	всего
сорта раннего срока увядания зеленой массы («ранние»)							
1	Вильгортский	1,9	11,5	13,4	36,0	1,5	37,5
2	Диетический	40,1	3,4	43,5	40,1	6,0	46,1
3	Надежда	11,8	29,0	40,8	41,2	4,8	46,0
4	Находка	21,2	2,1	23,3	50,3	0,8	51,1
5	Подмосковный	24,4	2,1	26,5	43,5	0,9	44,4
6	Сиреники	9,3	13,8	23,1	31,1	15,8	46,9
7	Скороспелка	16,7	2,7	19,4	47,2	3,5	50,7
8	Бланк Брекос	27,1	3,7	30,8	1,9	31,2	33,1
Среднее по группе		—	—	27,6	—	—	44,5
	НСР ₀₅	—	—	9,66	—	—	5,83
сорта позднего срока увядания зеленой массы («поздние»)							
9	Интерес	6,3	9,5	15,8	19,3	7,8	27,1
10	Интерес 21	7,0	6,6	13,6	17,7	17,8	35,5
11	Калужский	2,6	7,5	10,1	12,3	7,1	19,4
12	Корневский	31,7	4,2	35,9	33,0	9,9	42,9
13	Новость ВИРа	0,6	11,5	12,1	24,7	0,5	25,2
14	Таджикский	5,4	3,9	9,3	22,5	0,9	23,4
15	Виолет де Ренсе	0,0	6,0	6,0	6,3	8,1	14,4
16	Шпindelь	0,0	8,5	8,5	14,3	29,6	43,9
Среднее по группе		—	—	13,9	—	—	29,0
	НСР ₀₅	—	—	8,79	—	—	10,08
Среднее всего		—	—	20,8	—	—	36,7
	НСР ₀₅	—	—	11,49	—	—	11,30

Выводы

1. В результате наших исследований предложена классификация сортов топинамбура с разделением на две основные группы.

Ранние – сорта раннего срока увядания зеленой массы, то есть через 150–170 дней после посадки. К ним отнесли сорта: Вильгортский, Диетический, Надежда, Находка, Подмосковный, Сиреники, Скороспелка, Бланк Брекос.

Поздние – сорта позднего срока увядания зеленой массы, то есть через 190 и более дней после посадки. К ним отнесли сорта: Интерес, Интерес 21, Калужский, Корневский, Новость ВИРа, Таджикский, Шпиндель, Виолет де Ренсе.

2. Наибольшая общая (валовая) урожайность клубней получена на сортах раннего срока увядания ботвы: Находка (51,1 т/га), Скороспелка (50,7 т/га).

3. Наибольшее количество кормовых единиц оказалось у сортов: Новость ВИРа (19 553 корм. ед.), Шпиндель (18 000 корм. ед.), Таджикский (17 843 корм. ед.), Интерес (12 128 корм. ед.).

4. Топинамбур является одной из наиболее перспективных культур по выходу биомассы, с урожайностью зеленой массы до 86,9 т/га, клубней до 51,1 т/га, содержанием сухих веществ в среднем – 23,9%, общих сахаров – 17,2%, инулина – 13,8%, нитратов 244,2 мг/кг в условиях ЦФО на супесчаной почве.

Рекомендации

На дерново-подзолистой супесчаной почве ЦФО рекомендуется:

1. Для получения наибольшего урожая клубней топинамбура выращивать сорта Находка и Скороспелка.

2. Для получения наибольшего урожая зеленой массы топинамбура выращивать сорта Новость ВИРа, Шпиндель, Таджикский и Интерес.

Список литературы

1. Старовойтов В. И. «Инновационное развитие производства картофеля и топинамбура на 2012–2015 годы» // Инновационное развитие производства картофеля и топинамбура : VI форум проектов программ Союзного государства. М. : Союзное государство, 2011. Спец. вып. № 12 (58/1) декабрь. С. 56–63.

2. Старовойтов В. И., Воронов Н. В., Старовойтова О. А. Развитие массового возделывания топинамбура – предпосылки для улучшения экологии // Материалы междунар. агроэкологического форума. СПб. : ГНУ СЗНИИМЭСХ, 2013. Т. 2. С. 135–141.

3. Старовойтов В. И., Старовойтова О. А., Манохина А. А. Особенности технологии и машины для возделывания топинамбура // Сельский механизатор. 2015. № 11. С. 4–5.

4. Старовойтов В. И., Старовойтова О. А., Манохина А. А. Механизация возделывания топинамбура в органическом земледелии // АПК России. 2016. Т. 23. № 4. С. 841–844.

5. Кузьминова Г. С., Пономарев А. Г. Новая культура для аграрного сектора России требует разработки новых технологий // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий : сб. науч. докладов междунар. науч.-техн. конференции. 2014. С. 140–145.

6. Котова З. П., Парфенова Н. В. Оценка кормовой ценности топинамбура (*Helianthus tuberosus* L.) в условиях Карелии // Кормопроизводство. 2015. № 6. С. 41–44.

7. Картофель и топинамбур – продукты будущего / Д. Д. Королев [и др.]. М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2007. 292 с.

8. Vukov K., Barta J. Manufacture of Jerusalem artichoke syrup and fructose in the Hosszuhegy agricultural combined unit. // Cukoripar. 1987. P. 40, 36–39.

9. Манохина А. А., Старовойтова О. А. Использование нетрадиционных сельскохозяйственных культур для повышения продовольственной безопасности // Инновационные технологии и технические средства для АПК : сб. матер. междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2015. Ч. III. С. 233–237.

10. Топинамбур – инновационный ресурс в развитии экономики России / В. И. Старовойтов [и др.] // Пищевые ингредиенты. сырье и добавки. 2013. № 2. С. 30–33.

11. Chubey B. B., Dorrell D. G. Jerusalem artichoke, a potential fructose crop for the prairies. Can. Inst. Food Sci. Technol. J., 7, 98–100, 1974a.

12. Старовойтова О. А., Старовойтов В. И., Манохина А. А. Технология выращивания топинамбура в органическом земледелии // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ имени В. П. Горячкина. 2016. Вып. № 6 (76). С. 42–47.

13. Программа и методика оценки сортов топинамбура в тест-питомниках в рамках реализации программы Союзного государства «Инновационное развитие картофеля и топинамбура» на 2014–2016 гг. : брошюра / В. И. Старовойтов [и др.]. М. : ГНУ ВНИИКХ Россельхозакадемии, 2014. 6 с.



14. Манохина А. А., Старовойтова О. А., Старовойтов В. И. Методика выращивания топинамбура // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России : сб. статей междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, посвящ. 65-летию ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА / Пензенская ГСХА. Пенза : РИО ПГСХА, 2016. Т. II. С. 160–162.

15. Дунин М. С., Заянчковская М. С., Соболева В. П. // Болезни и вредители топинамбура

/ под общ. ред. М. С. Дунина ; Народный комиссариат земледелия СССР // Сектор внешнего и внутреннего карантина : тр. Всесоюз. науч.-исслед. института зернобобовых культур (Бывший институт сои и спецкультур). М., 1935. Т. 6. Вып. 1. 212 с.

16. Фитосанитарная диагностика в интегрированной защите растений. М. : Колос, 1995.

Старовойтов Виктор Иванович, д-р техн. наук, федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства имени А. Г. Лорха» (ФГБНУ ВНИИКХ).

E-mail: agronir1@mail.ru.

Старовойтова Оксана Анатольевна, канд. с.-х. наук, федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства имени А. Г. Лорха» (ФГБНУ ВНИИКХ).

E-mail: agronir1@mail.ru.

Манохина Александра Анатольевна, канд. с.-х. наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева).

E-mail: alexman80@list.ru.

* * *

УДК 633.522(470.58)

ЭЛЕМЕНТЫ ФИТОСАНИТАРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНОПЛИ В УСЛОВИЯХ КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ

И. А. Субботин, И. Н. Порсев, Ю. А. Ильяшенко

Исследования были направлены на отработку приемов возделывания конопли технической в природно-климатических условиях Курганской области. Изучены элементы фитосанитарной технологии возделывания конопли технической, возможность получения качественных семян и масла с низким содержанием кислотного числа, а также волокна. Для исследований нами были взяты два сорта двойного использования (семена и волокно) – Ригс и Диана, селекции Чувашского НИИ. Растения конопли сортов Ригс и Диана, селекции Чувашского НИИ, не содержащие наркотических веществ, хорошо растут, развиваются в природно-климатических условиях Курганской области и формируют полноценный урожай семян. В стеблях растений изученных нами сортов конопли содержится 28–32 % волокна, 40–50 % целлюлозы. Растение, исключая листья и корень, используется в хозяйстве. Семена содержат от 15 до 32 % масла, которое используют в пищу, из него получают фитин широко применяемый в медицине, некачественное масло идет на изготовление олифы, красок и т.д. Конопляный жмых содержит 22–28 % белка и 9–11 % жира и активно используется на корм животным. По мнению международных экспертов, на мировом рынке цена на коноплю в два раза выше, чем на простой хлопок, и спрос на конопляные ткани растет на 30 % ежегодно.

Ключевые слова: сорт, фузариоз, техническая конопля, масло, волокно, урожайность, технология.

Коноплеводство является древнейшей отраслью растениеводства. По статистическим данным 1956 года, наибольшие площади посева конопли были сосредоточены в СССР, который занимал первое место по площадям (620 000 га), обогнав такие страны, как Италия, Венгрия, Австралия, Франция, Румыния и Германия. Основные районы коноплесейания в СССР были Орловская, Брянская, Курская, Пензенская области, Краснодарский край, УССР, Чувашская и Мордовская АССР. В связи с сокращением площадей в России и ухода ее с рынка по торговле товарами, произведенными из семян и волокна конопли, с середины 90-х годов XX века,

площади под посевами конопли за рубежом начинают увеличиваться. Развитие производства конопли в мире вызвано увеличением спроса на натуральные волокна со стороны потребителей автомобильной, домостроительной и химической промышленности [1–4, 6–8].

В настоящее время в сфере производства и переработки коноплепродукции лидируют Китай, Канада, Румыния, Франция, Германия, Венгрия, Италия, некоторые страны Азии и Латинской Америки.

В Курганской области до социалистической революции и после нее до начала 50-х годов техническая конопля активно возделывалась.



валась на масло семена и волокно. В 90-е годы в Курганской области, да и в России в целом, от посевов конопли стали отказываться. В частности, в Курганской области основная масса посевных площадей засеивалась зерновыми и зернобобовыми культурами. Из зерновых культур основную часть посевных площадей стали занимать пшеницей яровой [5, 9]. Россия из страны, вывозящей мешковину, парусиновую ткань, такелажные изделия, превратилась в страну, ввозящую эти изделия.

Конопля (*Cannabis sativa*) – однолетнее двудомное растение, хотя встречаются и однодомные растения. Произрастает в России как культурное растение и повсеместно как сорняк. У мужских растений конопли (поскони) – цветки собраны в ветвистую метелку, у женских (матерка) в плотную. После цветения посконь отмирает, матерка продолжает развиваться до созревания семян. В нормальных условиях роста и развития конопли числовое соотношение полов равно 1:1. В общем урожае стеблей посконь составляет 30% [1].

Волокно конопли отличается большой прочностью, стойкостью к гниению, из него готовят такелажные изделия для морских судов, прочную парусиновую ткань и мешковину. В стеблях растений возделываемых в культуре сортов конопли содержится 28–32% волокна, 40–50% целлюлозы. Из конопляного сырья производятся тысячи наименований различной продукции – волокно, ткани, бумага, масло, лекарства и т.д. Особую ценность имеют пенька и конопляное масло. Выход целлюлозы с одного гектара конопли выше в 5–7 раз, чем дают прирост древесины с 1 га леса, причем качество целлюлозы из конопли значительно выше, чем древесной [1–4; 6–8].

Конопля является сырьем для производства целлюлозы. Потребность в целлюлозе в Российской Федерации очень велика, так как главным сырьем был хлопок, который не выращивается в России, и древесина, при переработке которой возникают большие экологические проблемы. Одним из основных потребителей пенькового волокна является автомобильная отрасль. Для производства автомобильных панелей используются линии по производству нетканого полотна немецкого и французского производства. В строительной отрасли пеньковолокно используется для производства утеплителя и наполнителя в малоэтажном домостроении, в химической – для производства композитных материалов [1, 6–8].

Спектр использования продуктов переработки конопли в мире стабильно расширяется, разрабатываются новейшие технологии производства изделий для применения в инновационных сферах промышленности. Конопля становится стратегической культурой, входит в круг интересов правительств развитых стран и бизнеса. В России только в последние годы стали обращать внимание на техническую коноплю, возделывание и переработка которой получает второе дыхание [6–8].

Методика и условия исследований

Департамент растениеводства, механизации, химизации и защиты растений Минсельхоза России в лице директора П. Чекмарева поддерживает производство и первичную переработку конопли в рамках «Госпрограммы развития сельского хозяйства на 2013–2020 годы» через экономически значимые региональные программы развития подотрасли растениеводства. По итогам отбора финансовую поддержку получила отраслевая целевая программа «Развитие производства и первичной переработки льна и конопли в Пензенской области на 2013–2015 годы» [3, 4].

В 2014 году после объявления санкций западных стран против Российской Федерации остро встал вопрос импортозамещения, в связи с чем исследования по возделыванию новых сортов и гибридов конопли, расширению ареала возделывания становятся еще более актуальными. Для получения полной информации по возделыванию технической конопли в природно-климатических условиях Курганской области нами были поставлены следующие задачи:

1. Определение возможности роста и развития растений культурной конопли.
2. Определение фитосанитарной обстановки посевов конопли.
3. Определение возможности получения качественных семян.
4. Определение возможности получения конопляного масла, с хорошими показателями жирности и кислотного числа.
5. Определение возможности получения волокна с требуемым качеством.

Для решения поставленных задач нами в течение трех лет с 2014 по 2016 годы закладывались опыты по изучению перспективных сортов конопли в природно-климатических условиях Курганской области. Для исследований были взяты два сорта двойного использования (семена и волокно) – Ригс и Диана, селекции

Чувашского НИИ, растения данных сортов конопли не содержат наркотических веществ.

Закладку опытов, посев, наблюдения и учеты проводили, согласно Методике государственного сортоиспытания (1985). Базовым хозяйством для проведения производственных и демонстрационных опытов послужило ООО «Русь» Макушинского района Курганской области. Срок посева конец первой – начало второй декады мая. Повторность в производственном опыте двухкратная, размер делянки 1 га. Предшественник – яровая пшеница [15].

Агротехника в опыте. После уборки предшествующей культуры провели обработку почвы без оборота пласта. Весной одно боронование и культивация с боронованием, прикатывание до посева и после посева. Норма высева 0,3 миллиона всхожих зерен на гектар. Высев проводили сеялкой СЗП–2,1 на глубину 5 см. До получения всходов было проведено боронование.

Метеорологические условия периода вегетации 2014 года были очень сложными, в мае и июне стояла жаркая и сухая погода, вызвавшая майско-июньскую засуху, характерную для Зауралья. Осадков в мае выпало 31 % от нормы, в июне 33 %. В конце июня пошли первые дожди температура воздуха снизилась до 12–15 °С днем и до 7–10 °С ночью. Первый заморозок был отмечен 14 сентября. Дожливый период длился практически до выпадения снега в начале октября. Семена убрали влажные в среднем 19–22 %. Для доведения семян до стандартной влажности проводили их сушку.

В первый год наблюдений в связи с поздним сроком посева техническая спелость у растений не наступила. В нашем случае концом периода вегетации являлся день уборки, так как полная спелость у 75 % растений не наступила в связи со сложными метеорологическими условиями периода вегетации растений.

Погодные условия вегетационных периодов 2015 и 2016 годов в целом были благоприятны для произрастания конопли. Весна 2015 года оказалась очень теплой, в мае температура воздуха на +2,4 °С превысила норму. Осадков выпало на 20,4 мм больше среднеемноголетних значений. Почва вступила в состояние физической спелости уже в конце апреля, в связи с чем было принято решение провести посев семян конопли в более ранние сроки.

Таяние снега 2016 году началось на неделю раньше средних многолетних значений. Апрель дождливый с перепадами температур, высев семян провели 11 мая. Два летних меся-

ца июнь и июль характеризовались дождливой погодой. В связи с дождливой погодой отдельные периоды вегетации оказались длиннее, чем в 2015 году. Однако наступившая жаркая сухая погода в августе резко сократила период вегетации растений.

Результаты исследования

Фитосанитарная технология возделывания предусматривает, что на протяжении вегетационного периода в фазу всходов, 3–6 пар настоящих листьев, бутонизации, цветения, налива и созревания у конопли формируются следующие элементы структуры урожая, которые нуждаются в защите от вредных организмов:

- густота стояния растений в опытах была отмечена 250–280 тыс. растений на одном гектаре;

- число семян с одного растения – 1,5–2 тыс.;

- масса 1000 семян – 30,1–32,4 г;

- средняя высота растений – до 200–280 см.

В разные периоды формирования элементов структуры урожая конопли, как и в Сибирском регионе, ее поражают многочисленные вредные организмы, которые относятся к трем экологическим группам по классификации В.А. Чулкиной, Е.Ю. Тороповой, Г.Я. Стецова [9–14] (табл. 1).

Для растений конопли в Курганской области вредоносен фузариоз (возбудитель *Fusarium oxysporum*), который проявляется в форме корневых гнилей, фузариозного увядания и фузариоза семян. Значительный ущерб причиняют также серая и белая гнили, динамика эпифитотического процесса которых зависит от фитосанитарного состояния почв, а также повторяемости дождливой погоды во второй половине вегетации, которая стимулирует воздушно-капельный механизм передачи конидий и аскоспор.

Формирование оптимальной густоты всходов в значительной мере нарушают возбудители фузариоза, серой и белой гнилей, бактериоза, конопляная блошка, проволочники. Синтез биомассы листьев и стебля ингибируют при высокой численности наземно-воздушные, или листостеблевые, вредные организмы, особенно стеблевой и луговой мотыльки, малолетние сорняки.

Вместе с тем быстрый рост и большая облиственность конопли позволяют ей хорошо подавлять развитие сорняков, поэтому ее относят к культурам, очищающим агроэкосистемы от сорняков.



В нашем исследовании обработки гербицидами посевов конопли не проводились, так как в период вегетации было отмечено, что растения конопли активно развиваются и борются с сорной растительностью. Однолетние сорняки, имеющие небольшую вегетативную массу, не выдержали конкуренции по обеспеченности светом и влагой, это обусловлено тем, что растения конопли развиваются очень быстро и, по сути, подавляют однолетние сорняки. Исключением является только многолетние сорняки, такие как молочай лозный и вьюнок полевой, которые в посевах конопли произрастали, но количество их было незначительным.

В растениеводстве фенологические наблюдения играют исключительно важную роль, особенно в системе сортоиспытания. Именно здесь различия между сортами можно уловить только с помощью учета прохождения фенофаз и затем сгруппировать их по группам скороспе-

лости. Результат наблюдений за прохождением фенофаз – это фенологические наблюдения, которые отображают сезонную изменчивость и время наступления фаз развития растений (табл. 2). Сравнивая показатели сортов конопли, проходивших сортоиспытание в производственных опытах ООО «Русь» Макушинского района Курганской области в 2014–2016 годах, хотелось бы отметить, что оба сорта развивались практически одинаково все фазы развития растений проходили в одно время, существенных различий не замечено.

Уборка и учет урожая – заключительная и наиболее важная часть проводимых исследований. В нашем опыте урожай стеблей поскони, матки и зеленца учитывался отдельно. Для проведения учета урожайности семян была отбита учетная площадь на каждом сорте. Обмолот проводился комбайном «Полесье» (без измельчителя) (табл. 3). Уборку на семена и на волокно проводили разными способами.

Таблица 1 – Экологические группы вредных организмов, нарушающие формирование основных элементов структуры урожая конопли (по собственным данным и филиала «Россельхозцентра» по Курганской области)

Фаза развития	Основные элементы структуры урожая	Экологические группы вредных организмов
Посев – всходы (1–2 пары настоящих листьев)	Густота всходов	1. Вредные организмы различных экологических групп, которые передаются через семена (с семенами): возбудители фузариоза, серой гнили, белой гнили, семена многолетних сорняков (почвенные или корнеклубневые), возбудители бактериоза, малолетних сорняков (наземно-воздушные, или листостеблевые), возбудитель полосчатости (трансмиссивные). 2. Наземно-воздушные, или листостеблевые, вредные организмы: конопляная блошка. 3. Почвенные, или корнеклубневые, вредные организмы: проволочники, личинки пластинчатоусых жуков, медведка обыкновенная
3–4 пары настоящих листьев – цветение	Биомасса листьев и стебля, число семян с одного растения	1. Наземно-воздушные, или листостеблевые, вредные организмы: конопляная листовёртка, луговой и стеблевой мотылек, растительноядные клопы (полевой, свекловичный, ягодный), гусеницы подгрызающих совок (клеверная, озимая, совка-гамма), конопляная тля, конопляная щитовоска, возбудители серой пятнистости стеблей, мучнистой росы, септориоза, ложной мучнистой росы, бактериоза. 2. Почвенные, или корнеклубневые, вредные организмы: возбудители фузариоза, серой и белой гнилей, многолетние сорняки. 3. Трансмиссивные инфекции: крапчатость, желтая штриховатость, полосчатость, позеленение лепестков
Налив – созревание семян – уборка	Масса 1000 семян	1. Наземно-воздушные, или листостеблевые, вредные организмы: конопляная листовёртка второго поколения, стеблевой мотылек, конопляная шиповоска, конопляный трипс. 2. Почвенные, или корнеклубневые, вредные организмы: фузариоз, белая и серая гнили

После уборки были проведены анализы посевных и технологических свойств полученного зерна в лаборатории «Оценки качества зерна и продуктов его переработки» филиала ФГБУ «Россельхозцентр» по Курганской области.

В лабораторные исследования входило:

1. Определение массовой доли жира в семенах по каждому сорту отдельно (%).
2. Определение влажности семян в вариантах опыта по каждому сорту отдельно (%).
3. Определение массы 1000 зерен в вариантах опыта по каждому сорту отдельно (г).
4. Определение жирности семян и кислотное число (%).

В нашем случае масличность конопли была определена по ГОСТ 10857-64 «Семена масличные. Методы определения масличности»

(табл. 4). Полученные данные массовой доли жира определяли в абсолютно сухом веществе. Влажность семян определялась по ГОСТ 12038-82 «Семена сельскохозяйственных культур, методы определения влажности» [2, 8].

Масса 1000 зерен была определена по ГОСТ 12042-80 «Семена сельскохозяйственных культур, методы определения 1000 зерен» [2, 8].

Кислотное число масла в семенах конопли определяли по ГОСТ 10858-77 «Методы определения кислотного числа масла» [6]. В нашем случае в образцах кислотное число масла колеблется от 5,9 до 6,3 мг КОН. По литературным данным допускается до 8,0 мг КОН.

В 2014 и 2015 годах в период проведения опытов скошенные стебли конопли связывали в снопы. Весь зимний период снопы, находи-

Таблица 2 – Фенологические наблюдения в опыте

Название сорта	посева	Даты							Период вегетации от всходов до техн. спелости, дней
		всходов		бутони-зации	цветения		технической спелости до созревания 75% и более семян на растении	уборки	
		начало	массо-вые		начало	массо-вое			
2014 год									
Диана	06.06	16.06	19.06	—	08.08	14.08	—	01.10	105
Ригс	06.06	16.06	19.06	—	10.08	12.08	—	01.10	105
2015 год									
Ригс	12.05	23.05	26.05	—	16.07	19.07	28.09	30.09	123
Диана	12.05	23.05	26.05	—	15.07	18.07	28.09	30.09	123
2016 год									
Ригс	11.05	22.05	25.05	—	18.06	22.06	26.09	02.10	123
Диана	11.05	22.05	25.05	—	18.06	22.06	26.09	02.10	123

Таблица 3 – Урожайность семян конопли по годам исследования, ц/га

Сорт	2014	2015	2016
Диана	2,3	8,4	6,5
Ригс	2,7	8,8	7,3

Таблица 4 – Технологические свойства семян конопли по годам изучения

Сорт	Массовая доля жира, %	Кислотное число мг. КОН, %	Влажность семян, %	Масса 1000 семян, г
2014 год				
Диана	14,78	5,9	25,1	31,8
Ригс	18,03	6,3	25,0	30,1
2015 год				
Диана	15,3	5,1	15,2	32,4
Ригс	18,5	5,6	15,6	32,1
2016 год				
Диана	15,5	4,9	14,1	32,1
Ригс	18,9	5,5	14,3	31,4



лись в поле, весной их доставили в цех по переработке тресты льна на предприятие ГУП «Лен Зауралья». Для получения волокна необходимо провести несколько операций, отделение волокнистой части стебля от древесной (костры). Затем необходимо отмять и оттрепать волокно до готового состояния. Наиболее ценится длинное волокно. В нашем случае при переработке конопляной тресты использовалась поточная линия для производства льноволокна, собранная из машины мяльной М-110 Л-2 и трясильной машины Т-150. Используемая треста льна короткая, 35–50 см, треста конопли в нашем случае имела высоту в среднем от 200 до 280 см. В связи с этим нам пришлось рубить стебли конопли на две части по 100–140 см, чтобы при отделении костры волокно не наматывалось на вальцы.

В результате проведенной работы было определено, что получение качественного конопляного волокна на оборудовании, предназначенном для переработки льна невозможно. На данном оборудовании достаточно хорошо была отделена костра конопли, но растрепать волокно не удалось. Однако, в результате проведенных исследований установлено, что при установке линии для переработки стеблей конопли можно получить длинное качественное волокно. В сте-

блях растений изученных сортов конопли содержится 28–32 % волокна, 40–50 % целлюлозы.

В настоящее время, по оценке специалистов, Россия может стать одним из главных производителей конопли, как это было во времена до запрета ее возделывания. Безусловно, первоначальные вложения сельскохозяйственных предпринимателей в этой отрасли могут быть существенными, так как необходимо обеспечить защиту участка, а в дальнейшем купить дорогостоящую технику для уборки и переработки, но все эти затраты быстро окупятся в связи с возрастающим спросом на сырье и продукцию из конопли. Все это делает выращивание конопли, в совокупности с культивированием других растений, очень перспективным начинанием для представителей малого и среднего агробизнеса региона и России в целом.

Результаты исследований показывают, что техническая конопля может успешно занять свое место на полях Уральского региона, в т.ч. Курганской и Челябинской областей, но с учетом того, что:

- в силу ряда объективных факторов возделывать ее лучше в отдельном севообороте;
- интенсивная модель развития коноплеводства предусматривает выращивание высокоурожайных сортов, внедрение передовых



Рис. 1. Получение волокна из стеблей конопли

технологий возделывания, дальнейшее совершенствование управления и организации труда с целью получения максимального урожая при минимальных затратах;

– для получения высокого уровня рентабельности коноплеводства необходимо рассматривать возможности безотходного производства, т.е. использования как семян, волокна так и костры;

– промышленное выращивание конопли, сопряжено с рядом трудностей, не присущих остальному растениеводству и в первую очередь, это соответствие государственным требованиям и проверки Госнарконтроля.

Выводы

1. Растения конопли сортов Ригс и Диана, селекции Чувашского НИИ, не содержащие наркотических веществ, хорошо растут, развиваются в природно-климатических условиях Курганской области и формируют полноценный урожай семян.

2. Из полученных семян возможно получение качественного масла для пищевых целей, так как, несмотря на неблагоприятные погодные условия, получен урожай семян конопли с высоким процентом масличности и низким кислотным числом.

3. Поздний срок посева (6 июня) является неблагоприятным для получения семян конопли, оптимальными являются более ранние сроки.

4. В Курганской области для растений конопли вредоносен фузариоз (возбудитель *Fusarium oxysporum*), который проявляется в форме корневых гнилей, фузариозного увядания и фузариоза семян. Значительный ущерб причиняют также серая и белая гнили, динамика эпифитотического процесса которых зависит от фитосанитарного состояния почв, а также повторяемости дождливой погоды во второй половине вегетации, которая стимулирует воздушно-капельный механизм передачи конидий и аскоспор.

5. В стеблях растений изученных сортов конопли содержится 28–32 % волокна, 40–50 % целлюлозы. Для получения качественного волокна необходимо использовать специализированную поточную линию по переработке тресты конопли.

Список литературы

1. Растениеводство / П. П. Вавилов [и др.] ; под ред. П. П. Вавилова. М. : Агропромиздат, 1986. 512 с. : ил.

2. Испытание сортов конопли в природно-климатических условиях Курганской области : аналит. записка / филиал ФГБУ «Россельхозцентр» по Курганской области. 2014. 20 с.

3. Письмо Минпромторга России от 28 ноября 2011 г. № 19-3215 «О зарубежном опыте использования продукции, полученной из конопли».

4. Письмо Минсельхоза России от 13 декабря 2011 г. № ОА-19-19/12382 «Об использовании продукции из конопли».

5. Порсев И. Н. Адаптивные фитосанитарные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в условиях Зауралья : монография. Шадринск, 2009. 320 с.

6. Лерман Е. Восстановление коноплеводства – мощный стимул развития российской экономики» / ИА «РИА МОДА». 2012. Режим доступа : <http://www.riamoda.ru/article/news-78.html> (дата обращения 22.12.2014 г.)

7. Оразбаев С. Возможности использования конопли в промышленности и сельском хозяйстве Казахстана. 2014. Режим доступа : <http://www.zakon.kz/4672581-vozmozhnosti-ispolzovanija-konopli-v.html> (дата обращения 05.10.2015 г.)

8. Степанов Г. С., Романова И. В., Трофимова Н. А. Улучшенная технология возделывания конопли сорта Ригс, увеличивающая коэффициент размножения семян на 1,3–1,9 : учеб.-метод. пособ. / под общ. ред. Г. С. Степанова. Чебоксары, 2012. С. 18.

9. Степановских А. С., Нечаева А. В., Панфилова А. Н. Интегрированная защита сельскохозяйственных культур от вредителей и болезней при интенсивной технологии возделывания в Зауралье : учеб. пособие. Омск, 1998. 68 с.

10. Торопова Е. Ю. Экологические основы защиты растений от болезней в Сибири / под ред. В. А. Чулкиной. Новосибирск, 2005. 370 с.

11. Фитосанитарная оптимизация растениеводства в Сибири : учеб. пособие / В. А. Чулкина [и др.] / под ред. П. Л. Гончарова. Новосибирск, 2001. Т. 3 : Технические культуры. 196 с.

12. Чулкин Ю. И. Нормативный метод расчета норм и доз минеральных удобрений. Новосибирск, 1988. 260 с.

13. Чулкина В. А., Торопова Е. Ю., Стецов Г. Я. Интегрированная защита растений: Фитосанитарные системы и технологии / под ред. М. С. Соколова, В. А. Чулкиной. М. : Колос, 2009. 670 с.

14. Интегрированная защита растений: фитосанитарная оптимизация агроэкосистем (термины и определения) : учеб. пособ. с гри-



фом МСХ РФ / В. А. Чулкина [и др.]. М. : Колос, 2010. 482 с.

15. Основные методы фитопатологических исследований / А. Е. Чумаков [и др.] // Науч. тр. ВАСХНИЛ. М. : Колос, 1974. 189 с.

Субботин Игорь Афанасьевич, канд. с.-х. наук, руководитель ФГБУ филиала «Россельхозцентра» по Курганской области, ФГБУ филиал «Россельхозцентра» по Курганской области.

E-mail: igorsubbotin@rambler.ru.

Порсев Игорь Николаевич, д-р с.-х. наук, профессор кафедры землеустройства земледелия агрохимии и почвоведения, ФГБОУ ВО «Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т. С. Мальцева».

E-mail: porsev_in66@mail.ru.

Ильяшенко Юрий Алексеевич, канд. экон. наук, доцент кафедры менеджмента и агробизнеса, ФГБОУ ВО «Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т. С. Мальцева».

E-mail: yurailyashenko@yandex.ru.

* * *

УДК 631.45

СОЗДАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ПОЧВОГРУНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ

Л. И. Якобюк, Д. В. Еремина, М. Д. Еремин

Современное обустройство автодорог и городских территорий под озеленение требует создания искусственных почвогрунтов, обеспечивающих оптимальные показатели плодородия для постоянного произрастания многолетней травянистой растительности. В настоящее время для создания плодородного слоя обычно используют торфо-песчаные смеси в различных соотношениях, которые изначально не подходят для многолетнего развития трав. Цель исследований – разработка оптимизационной модели искусственного почвогрунта для многолетней травянистой растительности на основе элементов плодородия черноземных почв. В результате исследований была разработана оптимизационная модель плодородия искусственных почвогрунтов, учитывающая такие показатели, как гранулометрический состав, плотность сложения, запасы воды, питательные вещества. Разработанная модель была апробирована и показала, что при соблюдении необходимых условий возможно получение искусственного почвогрунта среднесуглинистого гранулометрического состава, обладающего оптимальными физическими и агрохимическими свойствами, необходимыми для длительного произрастания многолетней травянистой растительности. Для лесостепной зоны Зауралья оптимальное соотношение между песком, торфом и глиной составляет 1:2:7. Для предотвращения эффекта подкисления от торфа и улучшения агрохимических свойств необходимо на 100 кг смеси добавлять по 0,5 кг диаммофоски и 0,2 кг доломитовой муки.

Ключевые слова: искусственный почвогрунт, торфо-песчаная смесь, георешетки, оптимизационная модель, глина, сапрпель.

В последнее столетие человек все активнее использует свои знания для облегчения труда и увеличения производительности. Высокие технологии не обошли стороной и попытки создания искусственных почвогрунтов, необходимость которых растет с каждым годом [1]. Современное строительство автомагистралей, мостов и тоннелей требует использования почвогрунта, характеризующегося определенными физико-механическими свойствами. Анализируя строительные нормы и правила отсыпки дорог, специалисты обычно обращают внимание на формирование требуемой плотности грунта и его стойкость к размыву поверхност-

ными водами, которые неминуемо будут присутствовать при столь большой крутизне [2]. В первом случае вопрос решается использованием различного вида катков, во втором – применением георешеток [3]. Когда возникает вопрос об использовании травянистой растительности в качестве инструмента для защиты от смыва дорожные специалисты идут по самому простому и проторенному пути – используют плодородный слой почвы, а при его отсутствии создают искусственный почвогрунт. Как показал анализ современных автодорог, обычно используется торфо-песчаная смесь в объемном соотношении 70–80 % торфа и 20–30 % песка.



Визуально смесь выглядит довольно презентабельно, издали похожа на плодородный слой земли и должна подходить для всех произрастающих на ней растений. Однако анализ показал, что в начале лета дорожные откосы характеризуются низкой степенью проективного покрытия – местами полное отсутствие многолетних трав в начале лета. Причиной этого является изначально неверный подход к формированию искусственного почвогрунта, на котором бы травянистая растительность чувствовала себя превосходно.

Эта же причина будет и при формировании газонов или клумб в городских условиях, где нет возможности использования естественного плодородного грунта.

Целью нашей работы была разработка оптимизационной модели искусственного почвогрунта для многолетней травянистой растительности. Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи: выявление причин гибели или угнетения травянистой растительности на газонах и откосах автомобильных дорог; анализ элементов плодородия целинных черноземных почв; корреляционный и регрессионный анализ элементов плодородия и травостоя; апробирование созданной оптимизационной модели.

Материалы и методы

Для оценки травостоя использовались два показателя качества: проективное покрытие и конструкционная структура (видовой состав). Оценка проективного покрытия газонов проводилась по пятибалльной шкале: проективное покрытие от 100 до 80 % оценивалось в 5 баллов, от 80 до 70 % – в 4, от 70 до 50 % – в 3, от 50 до 20 % – в 2, от 20 до 0 % – в 1 балл. Нами были изучены газоны и клумбы, сделанные на основе традиционных почвогрунтов в г. Тюмени. После схода снега проведен анализ состояния перезимовавших газонов визуальным способом. Их состояние проверялось в течение вегетации по мере их отрастания. На проблемных газонах и откосах, где фиксировалось проективное покрытие 1–3 балла, отбирались образцы на гранулометрический анализ; содержание питательных веществ; кислотно-щелочную реакцию почвогрунта.

При создании оптимизационной модели были использованы данные кафедры почвоведения и агрохимии ГАУ Северного Зауралья по гранулометрическому анализу черноземных почв. Гранулометрический состав определяли

лазерным гранулометром Analisette-22; соотношение компонентов для искусственной почвосмеси рассчитывали с помощью программы, сделанной на основе программного продукта Microsoft Excel. Оптимизированный состав искусственного почвогрунта создавали и проверяли на элементы плодородия на кафедре почвоведения и агрохимии.

Результаты и их обсуждение

Исторически сложилось, что многолетняя травянистая растительность росла и развивалась на почвах тяжелого гранулометрического состава, относящихся к тяжелосуглинистым или глинистым разновидностям каких-либо почв. Как показал анализ травянистого покрова целинного чернозема выщелоченного, наиболее благоприятным является среднесуглинистый гранулометрический состав (рис. 1). Фитомасса составила 18,8 тонн на гектар, тогда как на супесчаной – 10,3 тонн. Причиной этого является неблагоприятный питательный и водный режимы почв легкого гранулометрического состава.

Обычно под травами формируются черноземные или каштановые почвы, обладающие высоким естественным плодородием. Прежде всего, эти почвы должны обладать высокой влагоемкостью, водопроницаемостью и водоподъемной способностью, поскольку они формируются в условиях дефицита воды [4–6]. Сохранению почвенной влаги способствует и сама травянистая растительность, формирующая мощную дернину, через которую вода беспрепятственно проходит вглубь почвы и тем самым не стекает по поверхности [7]. Дернина препятствует испарению, создавая эффект мульчи. Поэтому для нормального произрастания травянистой растительности на искусственных почвогрунтах необходимо, прежде всего, добиться скорейшего формирования дернины [8, 9].

Распространенная торфо-песчаная смесь может удерживать достаточное количество воды, поскольку влагоемкость отдельных видов торфа может достигать 1000 % от своего объема [10–12]. Песок же создает условия для хорошей водопроницаемости. Однако мало кто знает, что в случае пересыхания, а это обязательно будет на откосах, торф надолго теряет свою вододерживающую способность, становится легче воды и легко смывается при снеготаянии или во время сильных дождей. Другим негативным моментом будет считаться и то, что торфо-песчаная смесь не обладает водоподъемной способностью по причине отсутствия капиллярной

сети, которая создается только в грунте с высоким содержанием илистых частиц. Для Западной Сибири есть еще один недостаток такой смеси – торф прекрасный теплоизолятор, однако в суровых зимних условиях промерзание грунта под торфяной прослойкой происходит, а вот оттаивание идет очень медленно [13]. Это приводит к формированию поверхностной корневой системы многолетних трав и преждевременной гибели в результате иссушения в летний период.

Следующей особенностью черноземных почв тяжелого гранулометрического состава является высокая поглотительная способность (емкость катионного обмена), которая отвечает за удержание питательных веществ в верхнем слое, препятствуя преждевременному их вымыванию дождями или при снеготаянии. Наиболее важны физико-химическая (обменная) и химическая поглотительные способности: именно они удерживают фосфор и калий в почве, делая его доступным для растений. Черноземные почвы, благодаря оптимальному фракционно-групповому составу гумуса, изначально обладают высокой поглотительной способностью, достигающей 40 мг-экв/100 г почвы, тогда как песок характеризуется очень низкими значениями – не более 10–12 мг-экв/100 г почвы [14, 15]. Причиной этого является наличие в почве илистых частиц, размеры которых менее 0,001 мм,

коллоидов, ядром которых является активный гумус. Однако гумусовые вещества, находящиеся в торфе, относятся к инертным, поскольку они образовались столетия назад. Поэтому проблему питательного режима торфо-песчаных смесей за счет применения минеральных удобрений не решить, поскольку они будут вымыты в первый же год. Для удержания фосфора необходимо наличие в почвосмеси достаточного количества катионов кальция, постоянно пополняемого за счет карбоната кальция, которого изначально нет ни в торфе, ни в песке.

Для решения проблемы создания оптимальной почвосмеси для многолетних трав необходимо провести детальный анализ гранулометрического состава чернозема. Мы воспользуемся ранее проведенными анализами, сделанными на кафедре почвоведения и агрохимии Государственного аграрного университета Северного Зауралья.

На рисунке 2 представлена диаграмма распределения фракций элементарных почвенных частиц чернозема выщелоченного как наиболее плодородной почвы в Западной Сибири.

В среднем на фракцию песка приходится до 25 % совокупности всех частиц. Причем необходимо отметить, что эта фракция представлена мелким песком (0,25–0,05 мм). Это является характерной особенностью почв Сибирского



Рис. 1. Фитомасса многолетней травянистой растительности на черноземных почвах разного гранулометрического состава, т/га

региона [16]. В природе существуют и черноземы, сформировавшиеся на лессах, где песок практически не представлен, однако эти черноземы характеризуются пониженной водопроницаемостью, что в условиях Сибири может привести к возникновению поверхностного смыва. По 30 % приходится на фракцию крупной пыли и ила. Именно это сочетание дает возможность формирования благоприятного гранулометрического состава. Необходимо отметить, что в Тюменской области, особенно в северных ее районах, часто используют пылеватые пески, размеры которых соответствуют крупной пыли [10]. Однако как заменитель такие пески не подходят, поскольку их минералогический состав представлен преимущественно сильно измельченным кварцем, который не содержит в себе питательных веществ и не может служить основой для первичного структурообразования.

Источником илистых частиц для искусственного почвогрунта может быть озерный сапропель, запасы которого в стране огромны [17]. Также очень хорошим сырьем может оказаться глина, изъятая при строительстве или разработке карьеров. В любом случае необходим детальный анализ гранулометрического состава для включения в расчетную часть модели. При использовании глины как основы минеральной матрицы можно отказаться от отдельного до-

бавления основных фракций элементарных почвенных частиц, поскольку обычно она изначально обладает относительно благоприятным гранулометрическим составом (рис. 3).

При использовании глины в качестве ингредиента при составлении почвосмеси необходимо проверить ее на наличие водорастворимых солей, которые могут оказать вредное воздействие на развитие травянистой растительности. Именно поэтому мы не рекомендуем заменять глину шламовыми отложениями, оставшимися при нефтедобыче, несмотря на относительно благоприятный гранулометрический состав [18]. Если же в качестве основы будет глина, добытая с глубины 1–2 метра, то это избавит нас от внесения карбоната кальция, поскольку в лесостепной зоне Зауралья он встречается практически повсеместно на этой глубине [19]. В противном случае карбонат кальция необходимо внести в виде мела, извести или доломитовой муки.

В процессе построения оптимизационной модели плодородия искусственного почвогрунта применяли линейный и нелинейный регрессионный анализ. Адекватность модели проверяли по критерию Фишера. Доверительная вероятность была принята равной 95 %. Для проверки гипотезы о коррелированности остатков вычисляли критерий Дарбина-Уотсона.



Рис. 2. Гранулометрический состав гумусового слоя чернозема выщелоченного лесостепной зоны Зауралья [6]



Рис. 3. Гранулометрический состав подстилающей породы на юге Тюменской области (усредненные данные по 50 точкам отбора), глубина 5 метров [5]

В результате анализа элементов плодородия черноземной почвы нами была разработана оптимизационная модель состава искусственного почвогрунта, обладающего свойствами черноземной почвы и благоприятного для развития на ней сеяных многолетних трав:

$$Y = (0,45x_1^{26,2} \exp(-3,4x_1^4)x_2^{0,7} \exp(-0,005x_2) \times \\ \times x_3^{0,17} x_4^{0,08} x_5^{0,04} x_6^{0,05} + 1,48 \exp(0,003x_7) + \\ + 0,75 \exp(0,01x_8) - 1,85); \\ R^2 = 0,89; s = 0,18,$$

где Y – биомасса травостоя, т/га;

x_1 – плотность сложения, г/см³;

x_2 – запасы продуктивной влаги, мм;

x_3 – содержание физической глины, %;

x_4 – содержание нитратного азота, мг/кг;

x_5 – содержание подвижного фосфора, мг/100 г почвы;

x_6 – содержание подвижного калия, мг/100 г почвы;

x_7 – количество извести, кг/т;

x_8 – содержание песка (1,00–0,05 мм), %;

R^2 – коэффициент детерминации;

s – среднеквадратичное отклонение модели.

После расчета соотношения необходимых компонентов для создания искусственной почвосмеси с заданными параметрами и выбранной биомассой многолетних трав был создан питательный грунт. В качестве минеральной матрицы был использован песок, взятый из карьера, неподалеку от г. Тюмени. Глина была взята с глубины 5 метров на месте постройки многоэтажных домов. Перед использованием песка и глины был проведен анализ на их гранулометрический состав. В качестве органической составляющей был использован низинный торф, характеризующийся слабокислой реакцией.

Перед смешиванием глина подсушивалась, измельчалась и просеивалась через сито с диаметром отверстий 2 мм. Использование неизмельченной глины не дает равномерного перемешивания с торфом. Соотношение между песком, торфом и глиной составило 1:2:7 соответственно. После перемешивания в бетономешалке на 100 кг смеси было добавлено 0,5 кг диаммофоски и 0,2 кг доломитовой муки. Созданный нами экспериментальный образец почвогрунта характеризовался среднесуглинистым составом, оптимальной кислотнo-щелочной характеристикой (рН 6,5 ед.) и сбалансированным питанием для травянистых растений.

Выводы

Использование торфо-песчаной смеси в качестве создания плодородного слоя при изготовлении откосов автомобильных дорог, формировании газонов или клумб в условиях Западной Сибири неприемлемо, поскольку по своим агрохимическим и водно-физическим свойствам она не может обеспечить нормальное многолетнее развитие травянистых растений, особенно в первые 2–3 года после их посева.

Для формирования оптимального для сеяных трав искусственного почвогрунта в качестве эталона необходимо использовать характеристику плодородия местных почв, на которых изначально произрастают травянистые растения. В качестве неотъемлемых ингредиентов необходимо использовать глину, мелкий песок, низинный торф в соотношениях, полученных при расчете оптимизационной модели. Составленная в соответствующих пропорциях почвосмесь характеризуется благоприятными агрохимическими и водно-физическими свойствами, близкими по параметрам к черноземной почве.

Список литературы

1. Хайрова Л. Н., Золотарева Е. В., Дубовицкая О. Ю. Деревья и кустарники для озеленения объектов ландшафтной архитектуры. СПб. : Проспект науки, 2015. 224 с.
2. Добров Э. М., Фам Д. Т. Армирование откосов дорожных насыпей с учетом их напряженного состояния // Наука и техника в дорожной отрасли. 2016. № 3 (77). С. 6–8.
3. Лыщик П. А., Науменко А. И., Синяк С. А. Конструкции лесных автомобильных дорог на основе арматурного каркаса «ГЕОРЕШЕТКА-ЦЕМЕНТОГРУНТ» // Труды БГТУ. 2016. № 2 (186). С. 79–82.
4. Гумусовое состояние обыкновенных черноземов естественно-антропогенного ландшафта Каменной Степи / М. М. Кузелев [и др.] // Известия ТСХА. 2007. № 3. С. 38–46.
5. Захарова И. А., Юмашев Х. С., Грехова И. В. Изменение гумусного состояния черноземных почв в результате сельскохозяйственного использования // АПК России. 2016. Т. 23. № 4. С. 785–791.
6. Скоблина В. И. Эволюция и экологическое состояние выщелоченного чернозема в агроландшафте Среднерусской возвышенности // Экологическая безопасность в АПК. 2004. № 2. 376 с.
7. Еремин Д. И. Залежь как средство восстановления содержания и запасов гумуса ста-



ропахатных черноземов лесостепной зоны Северного Зауралья // Плодородие. 2014. № 1 (76). С. 24–26.

8. Синявский И. В. Агрохимические и экологические аспекты плодородия черноземов лесостепи Зауралья : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Тюмень, 2002. 36 с.

9. Синявский И. В. Жизнеспособность травостоя газонной растительности мегаполиса на примере г. Челябинска // Агропродовольственная политика России. 2015. № 6 (18). С. 2–8.

10. Игловиков А. В. Биологическая рекультивация карьеров в условиях Крайнего Севера : дис. ... канд. с.-х. наук. Барнаул : Алтайский ГАУ, 2012.

11. Ляшко В. Ф., Забылов В. С., Добровольский И. П. Повышение плодородия почв южной лесостепной зоны Челябинской области // АПК России. 2015. № 72 (2). С. 141–148.

12. Игловиков А. В., Денисов А. А. Динамика развития искусственно созданного покрова в условиях Крайнего Севера после проведения биологического этапа рекультивации // Вестник государственного аграрного университета Северного Зауралья. 2014. № 3 (26). С. 57–61.

13. Игловиков А. В. Изменение температурного режима земель Крайнего Севера при техногенном нарушении почвенно-раститель-

ного покрова // Аграрный вестник Урала. 2011. № 7. С. 52–55.

14. Еремин Д. И. Агрогенная трансформация чернозема выщелоченного Северного Зауралья : дис. ... д-ра биол. наук. Тюмень, 2012. 452 с.

15. Еремин Д. И. Изменение содержания и качества гумуса при сельскохозяйственном использовании чернозема выщелоченного лесостепной зоны Зауралья // Почвоведение. 2016. № 5. С. 584–592. DOI: 10.7868/S0032180X1605004X.

16. Еремин Д. И. Агрогенное изменение гранулометрического состава при распашке чернозема выщелоченного в лесостепной зоне Зауралья // Вестник КрасГАУ. 2014. № 8. С. 34–36.

17. Хужахметова Г. Ю., Хабиров И. К. Перспективы использования озерного сапропеля // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. 2016. № 17. С. 27–32.

18. Скипин Л. Н., Петухова В. С., Митрофанов Н. Г. Возможности улучшения свойств буровых шламов для их рекультивации // Вестник КрасГАУ. 2012. № 1. С. 28–31.

19. Абрамов Н. В., Еремин Д. И. Морфогенетические особенности черноземных почв восточной окраины Зауральской лесостепи // Аграрный вестник Урала. 2008. № 2. С. 62–64.

Якобук Любовь Ильинична, канд. пед. наук, зав. кафедрой математики и информатики, Государственный аграрный университет Северного Зауралья.

E-mail: lyakobuk@yandex.ru.

Еремина Диана Васильевна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры математики и информатики, Государственный аграрный университет Северного Зауралья.

E-mail: diana-eremina@mail.ru.

Еремин Максим Дмитриевич, студент 1 курса, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.

E-mail: Kasko7220@mail.ru.

* * *

УДК 636.52/.58 + 612.015.3: 628.3

ВЛИЯНИЕ МИКРОКЛИМАТА НА СОХРАННОСТЬ И ОБМЕН ВЕЩЕСТВ У РЕМОНТНОГО МОЛОДНЯКА КУР

М. А. Дерхо, Т. И. Серeda

Статья посвящена изучению влияния показателей микроклимата в птичнике на биохимические показатели ремонтного молодняка кур кросса ROSS 308 в зависимости от возраста и уровня сохранности поголовья. Установлено, что параметры микроклимата в птичнике соответствуют гигиенической и технологической нормам (за исключением влажности), но изменяются (повышаются/снижаются) по мере роста птицы за счет возрастного прироста интенсивности процессов жизнедеятельности и становятся менее комфортными. Это отражается на уровне сохранности поголовья, величина которой планомерно снижается с 99,01 (45-суточный возраст) до 98,70 % (108-суточный возраст). Сохранность превышает норму по паспорту кросса в 45- и 87-суточном возрасте на 0,16–0,21 %, а в 108-суточном, наоборот, уменьшается 0,10 %. Изменение параметров микроклимата и сохранности сопряжено с динамикой показателей белкового и липидного обмена в крови молодняка ремонтного стада. В крови 108-суточных курочек уменьшается концентрация глобулинов и триацилглицеридов, по сравнению с 45-суточным возрастом, соответственно, на 23,81 и 28,02 %, повышается уровень общих липидов и общего холестерина на 46,27 и 63,86 %, что инициирует сдвиги в реактивности организма, обмене энергии и процессах теплообмена с окружающей средой.

Ключевые слова: микроклимат, сохранность, белки, липиды, кровь, куры.

Одной из актуальных проблем птицеводства является создание технологической среды, отвечающей биологическим потребностям организма птиц в ходе постнатального онтогенеза. Например, физиологическое состояние молодняка сельскохозяйственной птицы в промышленных условиях зависит от условий содержания, систем обеспечения микроклимата, схем вакцинации, уровня кормления [3], направления продуктивности, возраста, клинико-биохимического статуса организма [5, 8] и т.д.

Благоприятные условия микроклимата положительно влияют на физиологическое со-

стояние молодняка птиц, отражаясь на хозяйственно-экономических показателях [3, 12, 18]. К основным параметрам, влияющим на процессы жизнедеятельности в организме животных, относят температуру, влажность, освещенность, скорость движения и загрязненность воздуха, величина которых зависит от используемой технологии содержания и кормления [16]. Поэтому при выращивании молодняка птиц каждое предприятие подбирает оптимальное сочетание показателей микроклимата, оказывающих значительное влияние не только на физиологический статус цыплят, но и на себестоимость производимой продукции [15].



Наибольший интерес представляют исследования, направленные на выяснение физиологических особенностей организма птиц в определенных микроклиматических условиях, зависящих от их возраста, сохранности, продуктивности в экосистеме птицефабрики, так как экономическая эффективность предприятия зависит от рационального содержания поголовья, которое в значительной мере определяется оптимальным микроклиматом в птичниках.

В связи с этим целью нашей работы явилось изучение влияния показателей микроклимата в птичнике на биохимические показатели ремонтного молодняка кур кросса ROSS 308 в зависимости от возраста и уровня сохранности поголовья.

Материалы и методы исследований

Экспериментальная часть работы выполнена на базе ООО «Магнитогорский птицеводческий комплекс» и в лаборатории органической, биологической и физколлоидной химии ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ в 2016 г. Объектом исследований служили курочки ремонтного стада кросса ROSS 308, содержащиеся в 5-секционном птичнике, в котором на 1 м² приходилось 6,6 голов. Нагрузка на 1 кормушку составляла 12,6 курочек, на 1 ниппель (фронт поения) 16,2 головы. Параметры микроклимата птичника поддерживались в соответствии с технологией выращивания ремонтного молодняка кросса. Для кормления кур использовались полнорационные кормосмеси, изготавливаемые в кормоцехе предприятия.

Материалом исследований служила кровь, которую брали утром из подкрыльцовой вены птиц в возрасте 45, 87 и 108 суток. В плазме крови определяли содержание общих липидов (ОЛ), общего холестерина (ХС), триацилглицеридов (ТАГ), фосфолипидов (ФЛ), общего белка (ОБ), альбуминов, мочевины с помощью

наборов реактивов «ЭКО-сервис», «Витал» и «Sentinel», содержание глобулинов, соотношение ОБ/мочевина – расчетным методом. Параметры микроклимата определяли общепринятыми методами в день взятия крови в различных участках птичника. Сохранность молодняка кур рассчитывали по соотношению отхода птиц с количеством поголовья в птичнике.

Экспериментальный цифровой материал был подвергнут статистической обработке на ПК с помощью табличного процессора «MicrosoftExcel-2003».

Результаты исследований

При выращивании ремонтного молодняка кур важным показателем является микроклимат помещений, в которых содержится птица, так как он влияет на уровень сохранности поголовья и скорость их роста. Под микроклиматом в птичнике понимают климат ограниченного пространства, включающий в себя совокупность факторов среды: температуры, влажности, скорости движения и охлаждающей способности воздуха, атмосферного давления, уровня шума, содержания взвешенных в воздухе пылевых частиц и микроорганизмов, газового состава воздуха и др. [11].

Анализ параметров микроклимата показал, что в опытном птичнике в период исследований относительная влажность не соответствовала температуре воздуха, была ниже допустимого уровня и колебалась на уровне 40,30–56,00%. Хотелось бы отметить, что с возрастом кур возрастала скорость движения воздуха в птичнике с 0,18 до 0,30 м/с (табл. 1). При этом воздухообмен в птичнике контролировался путем создания разреженности воздуха 10 Па за счет пассивного притока и активной вытяжки. Разреженность воздуха не зависела от возраста птицы.

Важную роль в регулировании процессов жизнедеятельности у птиц играет световой

Таблица 1 – Показатели микроклимата в птичнике ($n = 5$), $X \pm Sx$

Показатель	Возраст кур-молодок, сут.		
	45	87	108
Долгота светового дня, час	8	8	8
Интенсивность освещения, люксов	5	5	5
Температура сухого термометра, °C	22,8±0,01	22,2±0,01	21,10±0,01
Влажность, %	40,30±0,05	43,15±0,02	56,00±0,03
Скорость движения воздуха в зоне обитания цыплят, м/с	0,18±0,01	0,24±0,01	0,30±0,01
Содержание аммиака, мг/м ³	7,02±0,07	8,26±0,08	10,12±0,07
Содержание углекислого газа, об. %	0,11±0,01	0,15±0,01	0,18±0,01

режим, который в птичнике соответствовал технологии содержания ремонтного молодняка и имел длительность освещения 8 часов с интенсивностью 5 люксов (табл. 1). В процессе роста молодняка птиц в птичнике изменялся газовый состав воздуха. Для поддержания его качества использовалась система вентиляции. Хотя по содержанию аммиака и углекислого газа воздух в помещении соответствовал гигиеническим нормам (аммиак не более 15 мг/м³, углекислый газ – 0,25 объемных %), но концентрация вредных газов планомерно возрастала по мере роста курочек как результат уменьшения коэффициента вентиляции с 1,1 до 0,8 единиц.

Таким образом, большинство микроклиматических показателей птичника, за исключением влажности, соответствовало нормативным данным. Однако их величина планомерно или возрастала, или уменьшалась в ходе постнатального онтогенеза птиц, что, соответственно, отражалось на состоянии естественного физиологического комфорта, метаболическом статусе организма и сохранности поголовья.

Сохранность курочек (табл. 2) в ходе их выращивания до репродуктивного периода планомерно снижалась с 99,01±0,001 (45-суточный возраст) до 98,70±0,001 % (108-суточный возраст). При этом в 45- и 87-суточном возрасте величина показателя превышала норму по паспорту кросса, а в 108-суточном – была меньше. Исходя из того, что сохранность поголовья – это показатель, характеризующий уровень жизнеспособности организма птиц [8, 9] можно констатировать снижение адекватности условий содержания адаптационным возможностям их организма. Одной из причин служило и измене-

ние параметров микроклимата в птичнике, величина которых тоже была связана с возрастом ремонтного молодняка.

При анализе биохимического состава крови (табл. 2) было установлено, что концентрация общего белка планомерно возрастала, достигая максимальной величины в сыворотке крови 108-суточных курочек. Значение показателя превышало уровень 45-суточных птиц на 15,78%. Прирост общего белка сопровождался увеличением в крови кур-молодок абсолютной и относительной концентрации альбуминов, соответственно, на 50,45 и 29,91 %.

Альбумины – это основной транспортный белок крови, резерв свободных аминокислот, а также параметр, формирующий и поддерживающий осмотическую осмотоляльность крови и скорость ее циркуляции по кровеносным сосудам [13, 14, 17]. Исходя из биологической роли альбуминов, можно констатировать, что в организме кур-молодок с возрастом увеличивалась их востребованность в качестве транспортного, пластического и энергетического материала. Однако прирост концентрации альбуминов отражался на количестве глобулинов (их уровень в 108-суточном возрасте, по сравнению с 45-суточным уменьшался на 23,81 %) и, как следствие, уровень защитных белков в организме (табл. 2).

Колебания в белковом спектре крови происходили на фоне увеличения в крови птиц концентрации мочевины с 3,61±0,21 до 4,14±0,07 ммоль/л (табл. 2). Однако величина соотношения ОБ/мочевина практически не изменялась, что свидетельствовало о сохранении баланса между объемом катаболических и анаболических реакций в обмене белков.

Таблица 2 – Показатели крови курочек ($n = 5$), $\bar{X} \pm Sx$

Показатель	Возраст кур-молодок, сут.		
	45	87	108
Общий белок, г/л	31,49±0,64	33,33±0,91	36,46±0,14*
Альбумины, г/л	16,79±0,74	18,90±0,67	25,26±1,01*
Альбумины, %	53,33±0,52	56,71±0,42	69,28±0,29*
Глобулины, г/л	14,70±0,15	14,43±0,24	11,20±0,07*
Мочевина, ммоль/л	3,61±0,21	3,78±0,15	4,14±0,07*
ОБ/мочевина, усл. ед.	8,72±0,13	8,82±0,14	8,81±0,11
ОЛ, г/л	4,82±0,38	6,58±0,24**	7,05±0,03***
ХС, ммоль/л	2,85±0,05	3,93±0,13***	4,67±0,31***
ТАГ, ммоль/л	1,82±0,18	1,72±0,12	1,31±0,08*
ФЛ, ммоль/л	1,18±0,06	1,02±0,03	0,99±0,03
Сохранность, %	99,01±0,001	98,96±0,013	98,70±0,001

Примечание: * – $p < 0,05$; *** – $p < 0,001$ по отношению к 45-суточному возрасту.



Логично предположить, что из белкового спектра крови на величину сохранности поголовья кур-молодок влиял уровень глобулиновых белков, то есть возрастное снижение уровня жизнеспособности птиц было результатом ослабления защитных сил организма на фоне соответствующего изменения микроклиматических параметров.

Результаты наших исследований согласуются с данными [2, 3, 4], авторы которых тоже отмечали зависимость белковых параметров от степени воздействия микроклимата.

Белковый обмен в организме птиц сопряжен с интенсивностью обмена липидов [7]. При этом активность липидного метаболизма влияет на физиологическое состояние организма птиц [1, 5, 6, 19]. Поэтому мы оценили сопряженность показателей липидного обмена в крови курочек с сохранностью и параметрами микроклимата.

На состав липидов крови курочек ремонтного стада существенное влияние оказал возраст. Так, концентрация общих липидов и общего холестерина плавно возрастала в ходе постнатального онтогенеза (табл. 2), соответственно, на 46,27 и 63,86 %.

Известно, что содержание общих липидов в крови птиц является интегральным показателем двух процессов: поступления их в кровь из кишечника, жировых депо и потребления тканями [5]; холестерин – это исходный материал для синтеза желчных кислот, стероидных гормонов и гормоны коры надпочечников, витамина D в коже, а также компонент клеточных мембран [7, 19]. Возрастное увеличение концентрации ОЛ и общего ХС, вероятно, является результатом избыточного поступления липидов в организм птиц в составе корма за счет обогащения комбикорма твердыми кормовыми жирами. Логично предположить, что излишек данных липидов способствовал возрастному снижению уровня здоровья и сохранности поголовья курочек на фоне соответствующего изменения параметров микроклимата. Возможно, одной из причин прироста в крови ОЛ и общего ХС являлся более низкий уровень влажности в птичнике, по сравнению с нормой, отражающийся на процессах теплообмена (обмен липидов участвует в процессах терморегуляции организма). Это предположение подтверждалось снижением в крови птиц концентрации ТАГ, окисление которых служит источником энергии.

Фосфолипиды являются основным структурным компонентом биологических мембран

[10]. Концентрация данного липида в крови курочек достоверно не зависела от возраста, хотя и имела тенденцию к снижению. Это позволяет утверждать, что состояние мембран клеток в организме птиц было стабильным.

Таким образом, результаты наших исследований показали, что параметры микроклимата в птичнике, хотя и соответствуют гигиенической и технологической норме (за исключением влажности), но изменяются (повышаются/снижаются) по мере роста птицы за счет возрастного прироста интенсивности процессов жизнедеятельности и становятся менее комфортными. Это отражается на уровне жизнеспособности курочек ремонтного стада и, соответственно, величине сохранности поголовья, которая плавно снижается с 99,01 (45-суточный возраст) до 98,70 % (108-суточный возраст). Данный показатель в 45- и 87-суточном возрасте превышает норму по паспорту кросса на 0,16–0,21 %, а в 108-суточном, наоборот, уменьшается на 0,10 %. Изменение параметров микроклимата и сохранности сопряжено с динамикой показателей белкового и липидного обмена в крови молодняка ремонтного стада. Снижение жизнеспособности птицы обусловлено уменьшением в крови 108-суточных курочек концентрации глобулинов, по сравнению с 45-суточными, на 23,81 %, а также повышением уровня общих липидов и общего холестерина, соответственно, на 46,27 и 63,86 % на фоне снижения триацилглицеридов на 28,02 %, инициирующее сдвиги в общей реактивности организма, обмене энергии и процессах его теплообмена.

Список литературы

1. Архипов А. В. Липидное питание, продуктивность птицы и качество продуктов птицеводства. М. : Агробизнесцентр, 2007. 440 с.
2. Галиев А. И. Влияние микроклимата на белковый обмен животных // Ученые записки Казанская ГАВМ им. Н. Э. Баумана. 2011. Т. 206. С. 46–51.
3. Гамидов М. Г., Попова Л. Н. Влияние микроклимата на морфологические показатели у цыплят // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2014. № 9. С. 139–141.
4. Закипняя Е. В. Влияние воздушной среды на продуктивные качества и физиологическое состояние цыплят-бройлеров в условиях Приамурья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Уфа : УГАУ, 2005. 24 с.

5. Закржевская К. С., Дерхо М. А., Середа Т. И. Влияние возраста на липидный обмен и яйценоскость кур-несушек в условиях экосистемы птицефабрики // АПК России. 2016. Т. 75. № 1. С. 25–29.
6. Картуш К. М. Липидный обмен в организме кур в возрастном аспекте и при разных условиях содержания // Ветеринарное и зоотехническое обслуживание животноводства в новых условиях хозяйствования : межвуз. сб. науч. трудов. Казань, 2001. С. 136–138.
7. Клетикова Л. Белковый и углеводный обмен веществ у несушек // Птицеводство. 2010. № 1. С. 55–56.
8. Колесник Е. А., Дерхо М. А. Корреляционная взаимосвязь сохранности и клинико-биохимических параметров у бройлеров кросса ISA15 // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2011. Т. 3. № 31–1. С. 105–108.
9. Колесник Е. А., Дерхо М. А. Сезонная динамика физиологических параметров крови и их связь с сохранностью бройлеров // Вестник Томского государственного университета. 2013. № 368. С. 186–188.
10. Колесник Е. А., Дерхо М. А. О кластерной системе фосфолипидов в онтогенезе бройлерных цыплят // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 2. С. 217–224 (doi: 10.15389/agrobiology.2015.2.217rus, doi: 10.15389/agrobiology.2015.2.217eng.).
11. Овсянников А. П., Домолазов С. М. Показатели микроклимата в птицеводческом помещении для кур несушек // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2015. Т. 221. № 1. С. 160–161.
12. Писарев Ю., Третьяков А. Оптимальный микроклимат в птичниках // Птицеводство. 2006. № 1. С. 37–38.
13. Северин Е. С. Биохимия. М. : ГЭОТАР-МЕД, 2003. 779 с.
14. Середа Т. И., Разумовская Л. М., Дерхо М. А. Характеристика белковых фракций сыворотки крови кур кросса «Ломан-белый» и их связь с яичной продуктивностью // Ветеринарный врач. 2009. № 6. С. 67–69.
15. Синцорова А. М. Продуктивность и сохранность цыплят-бройлеров при различных световых режимах с постоянной освещенностью // Ученые записки Витебской государственной академии ветеринарной медицины. 2013. Т. 49. № 1–2. С. 172–174.
16. Тузов И. Н., Сероус К. Г. Влияние микроклимата на молочную продуктивность коров // Сб. науч. трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства. 2014. Т. 2. № 3. С. 115–119.
17. Харлап С. Ю., Дерхо М. А., Лоретц О. Г. Роль белков крови в реализации стресс-индуцирующего воздействия шуттелирования в организме цыплят // Аграрный вестник Урала. 2016. № 03 (145). С. 67–71.
18. Шахова Ю. Ю. Вплив температури та вологості у пташнику на продуктивність курей батьківського стада яєчного кроссу Ломан Браун лайт // Науково технічний бюлетень ІТ НААН. 2012. № 108. С. 158–162.
19. Kolesnik E. A., Derkho M. A. Clinical diagnostics of adaptive resources of the broiler chicks' organism // Indian Journal of Science and Technology. 2016. Vol. 9 (29). P. 1–7 (doi: 10.17485/ijst/2016/v9i29/89335).

Дерхо Марина Аркадьевна, д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой органической, биологической и физколлоидной химии, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: derkho2010@yandex.ru.

Середа Татьяна Игоревна, канд. биол. наук, доцент кафедры органической, биологической и физколлоидной химии, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: derkho2010@yandex.ru.

* * *

ПОТРЕБЛЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ РАЦИОНА С КОРМОВОЙ ДОБАВКОЙ ВЕТОСПОРИН-АКТИВ БЫЧКАМИ- КАСТРАТАМИ СИММЕНТАЛЬСКОЙ ПОРОДЫ

В. И. Косилов, Е. А. Никонова, Д. С. Вильвер

Приводятся результаты изучения потребления и использования основных питательных веществ рациона при скормливании кормовой добавки Ветоспорин-актив бычкам кастратам симментальской породы в количестве 0,05 и 0,10 г на 1 кг корма. Установлено, использование рационов с пробиотической кормовой добавкой Ветоспорин-актив в кормлении бычков-кастратов опытных групп способствовало повышению отложения азота в их теле. Так, молодняк *I* (контрольной) уступал аналогам *II* и *III* опытных групп по величине коэффициента использования азота от принятого на 0,94 % и 1,39 %, от переваренного – на 0,52 % и 0,88 %. Установлено лидирующее положение бычков-кастратов *III* опытной группы по коэффициенту использования азота. При этом молодняк *II* опытной группы уступал аналогам *III* опытной группы по коэффициенту использования азота от принятого на 0,45 % от переваренного – на 0,36 %. Полученные данные свидетельствуют, что введение в состав рациона пробиотической кормовой добавки Ветоспорин-актив способствовало повышению продуктивного использования энергии. По валовой энергии повышение величины изучаемого показателя у бычков-кастратов *II* и *III* опытных групп по сравнению с аналогами *I* (контрольной) группы составляло 0,89 % и 1,08 %, обменной энергии – 2,05 % и 2,07 %. При выращивании бычков-кастратов симментальской породы было организовано полноценное, сбалансированное кормление. При этом использование пробиотической кормовой добавки Ветоспорин-актив способствовало большему потреблению всех видов кормов, питательных веществ и энергии молодняком *II* и *III* опытных групп. При этом наибольший эффект отмечался при использовании апробируемой добавки в дозе 0,10 г на 1 кг корма.

Ключевые слова: скотоводство, симментальская порода, бычки-кастраты, кормовая добавка Ветоспорин-актив, потребление питательных веществ.

Продуктивные качества животных обусловлены сложным взаимодействием генетических и паратипических факторов. При этом интенсивность роста и развития молодняка крупного рогатого скота одного генотипа и физиологического состояния во многом обусловлены влиянием паратипических факторов. Лишь при создании комфортных условий содержания и организации полноценного, сбалансированного кормления возможна более полная реализация генетической программы развития вида и проявления молодняком генетического потенциала продуктивности [1–8].

Известно, что все питательные вещества кормовых средств состоят из высокомолекуляр-

ных соединений. Это приводит к тому, что они в нативном виде не могут проникнуть через стенки желудочно-кишечного тракта в ткани организма животного [9–14]. В этой связи требуется существенное преобразование питательных веществ корма для их трансформирования в состав организма и тканей тела животного. Поэтому полученные животным питательные вещества кормов рациона должны изменить форму и перейти в более простые по строению и растворимости соединения, которые всасываются в желудочно-кишечном тракте и впоследствии используются организмом в процессе ассимиляции для синтеза тканей организма животного [15–22].

В этой связи при организации сбалансированного кормления животных при интенсивном их выращивании необходимо знать точное количество питательных веществ, поступающих в организм животного с потребленными кормами рациона.

Целью исследования являлось изучение количества потребления и использования питательных веществ рациона бычков-кастратов при скормливании им кормовой добавки Ветоспорин-актив.

Материалы и методы

Был проведен научно-хозяйственный опыт. Согласно методике выполнения эксперимента были сформированы 3 группы 6-месячных бычков-кастратов симментальской породы по 15 животных в каждой.

При этом в кормлении бычков-кастратов *I* (контрольной) группы использовали основной рацион, составленный из кормов, производимых в хозяйстве. Бычкам-кастратам *II* (опытной) группы дополнительно к основному рациону вводили пробиотическую кормовую добавку Ветоспорин-актив (VETOSPORIN-AKTIV) в дозе 0,05 г на 1 кг корма молодняка, *III* (опытной) группы – 0,10 г на 1 кг корма. В течение опыта с 6 до 18 мес. ежемесячно в течение двух смежных суток проводили учет поедаемости кормов по разности массы заданных кормов и несъеденных остатков, в период балансового опыта – ежедневно.

Пробиотическая кормовая добавка Ветоспорин-актив содержит живые спорообразующие бактерии штаммов *Bacillus subtilis* 12В и *Bacillus subtilis* 11В, сорбированные на частицах активированного угля. Общее количество жизнеспособных клеток спорообразующих бактерий в 1 г кормовой добавки не менее 1×10^8 КОЕ (колониеобразующих единиц).

Содержание вредных примесей не превышает предельно допустимых норм, установленных в Российской Федерации. Не содержит генно-инженерно-модифицированных продуктов.

По внешнему виду Ветоспорин-актив представляет собой порошок черного цвета нерастворимый в воде. Без запаха.

Биологические свойства пробиотической кормовой добавки Ветоспорин-актив обусловлены тем, что спорообразующие бактерии, входящие в состав кормовой добавки, продуцируют биологически активные соединения, которые улучшают расщепление питательных веществ корма, повышая их доступность жи-

вотному организму, способствуют улучшению обмена веществ, препятствуют развитию условно-патогенной микрофлоры.

Пробиотическая кормовая добавка Ветоспорин-актив обеспечивает лучшую переваримость питательных веществ рациона, стимулирует обменные процессы, повышает неспецифическую резистентность, обеспечивает сохранность поголовья, увеличивает прирост живой массы и снижает расход корма на единицу продукции.

Результаты исследований

При проведении исследований бычки-кастраты всех подопытных групп находились в одинаковых, стандартных условиях содержания в одной технологической группе в разных секциях откормочной площадки. Откормочная площадка представляла собой комплекс облегченных помещений, сблокированных с выгульно-кормовыми дворами. Грубые корма задавались в течение всего периода выращивания на выгульном дворе. В зимний период сочные корма и концентраты задавались в помещении, летом зеленая масса и концентраты на выгульном. Водопой был организован на выгульном дворе из групповой автопоилки типа АГК-4 с электроподогревом воды в зимний период.

Для отдыха животных в зимний период, осенью и ранней весной был организован курган с глинобитным основанием. На нем периодически обновлялась соломенная подстилка. В кормлении бычков-кастратов всех подопытных групп использовались только корма собственного производства. И только в рацион кормления бычков-кастратов *II* и *III* опытных групп вводилась пробиотическая кормовая добавка Ветоспарин-актив в дозе 0,05 и 0,10 г на 1 кг корма соответственно. Это оказало положительное влияние на потребление всех видов кормов бычками-кастратами опытных групп, кроме концентратов, которые задавались по норме и потреблялись полностью молодняком всех подопытных групп (табл. 1).

Установлено, что бычки-кастраты *I* (контрольной) группы уступали сверстникам *II* и *III* опытных групп по потреблению сена разнотравно-злакового на 8 кг (1,1 %) и 22 кг (3,1 %), сенажа злаково-бобового – на 26 кг (1,2 %) и 47 кг (2,2 %), силоса кукурузного – на 24 кг (4,2 %) и 37 кг (6,5 %), зеленой массы – на 41 кг (2,6 %) и 56 кг (3,6 %). Характерно, что максимальным потреблением всех видов кормов рациона отличились бычки-кастраты *III* опытной



группы. Аналог *II* опытной группы уступали им по потреблению сена разнотравно-злакового на 14 кг (2,0%), сенажа злаково-бобового – на 21 кг (1,0%), силоса кукурузного – на 13 кг (2,2%), зеленой массы – на 15 кг (1,0%).

Полученные нами во время проведения балансового опыта данные и их анализ свидетельствует, что введение в состав рациона бычков-кастратов опытных групп пробиотической кормовой добавки Ветоспорин-актив способствовало большему потреблению всех видов питательных веществ (табл. 2).

При этом бычки-кастраты *II* и *III* опытных групп превосходили сверстников *I* (контрольной) группы по потреблению сухого вещества кормов рациона соответственно на 50,0 г (0,7%) и 160,7 г (2,1%), органического вещества – на 40,9 г (0,6%) и 62,9 г (0,9%), сырого протеина – на 5,8 г (0,7%) и 9,0 г (1,0%), сырого жира – на 2,0 г (0,6%) и 3,2 г (0,9%), сырой клетчатки – на

10,5 г (0,7%) и 16,2 г (0,9%), безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) – на 22,6 г (0,6%) и 34,5 г (0,8%).

Характерно, что бычки-кастраты *III* опытной группы отличались максимальным потреблением всех видов питательных веществ кормов рациона. Аналог *II* опытной группы уступали им по потреблению сухого вещества на 10,7 г (0,2%), органического вещества – на 22,0 г (0,3%), сырого протеина – на 3,2 г (0,3%), сырого жира – на 1,2 г (0,4%), сырой клетчатки – на 5,7 г (0,3%), безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) – на 11,9 г (0,3%).

С целью организации эффективного рационального использования кормов при интенсивном выращивании молодняка необходимо учитывать наряду с количеством потребленных питательных веществ, сколько питательных веществ корма переваривается и в конечном итоге используется для синтеза тканей организма.

Таблица 1 – Потребление кормов, питательных веществ и энергии подопытными бычками-кастрами за период выращивания от 6 до 18 мес. (в расчете на 1 животное), кг

Показатель	Группа		
	<i>I</i> (контрольная)	<i>II</i> (опытная)	<i>III</i> (опытная)
Сено разнотравно-злаковое	710	718	732
Сенаж злаково-бобовый	2104	2130	2151
Силос кукурузный	568	592	605
Зеленая масса	1548	1589	1604
Концентраты	910	910	910
В кормах содержания:			
сухого вещества	2659,1	2678,4	2698,7
корм. ед.	2488,4	2498,2	2514,4
ЭКЕ	2645,8	2662,3	2682,5
обменной энергии, МДж	26458,4	26623,5	26825,4
переваримого протеина	224,3	225,5	226,9
сырого протеина	349,4	352,4	355,8
приходится переваримого протеина на 1 корм. ед., г	90,14	90,28	90,23
концентрация обменной энергии в 1 кг сухого вещества, МДж	9,95	9,94	9,94

Таблица 2 – Среднесуточное количество питательных веществ кормов рациона, принятых подопытными бычками-кастрами, г ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)

Показатель	Группа		
	<i>I</i> (контрольная)	<i>II</i> (опытная)	<i>III</i> (опытная)
Сухое вещество	7514,5 ± 22,30	7564,5 ± 26,41	7675,2 ± 24,28
Органическое вещество	7021,4 ± 28,24	7062,3 ± 29,42	7084,3 ± 30,34
Сырой протеин	989,3 ± 12,33	995,1 ± 14,31	998,3 ± 16,40
Сырой жир	351,1 ± 6,11	353,1 ± 5,82	354,3 ± 4,94
Сырая клетчатка	1801,0 ± 24,34	1811,5 ± 26,80	1817,2 ± 25,28
БЭВ	3880,0 ± 38,44	3902,6 ± 7,34	3914,5 ± 36,48

Такое количественное определение результатов пищеварения называется переваримостью питательных веществ.

При этом следует иметь в виду, что переваримость питательных веществ суточного рациона обусловлена тем, что, поступившие с рационом, они усваиваются не полностью, а лишь частично, остальные выводятся из организма с калом. В этой связи необходимо широко использовать животных, характеризующихся высокой степенью усвоения организмом питательных веществ во время протекания обменных процессов.

Установлено, что введение в рацион кормления бычков-кастратов опытных групп пробиотической кормовой добавки Ветоспорин-актив способствовало не только большему потреблению всех видов питательных веществ, но и лучшему их усвоению (табл. 3).

Так, бычки-кастраты II и III опытных групп превосходили аналогов I (контрольной) группы по количеству переваренного сухого вещества кормов рациона соответственно на 199,8 г (7,1 %) и 564,4 г (11,5 %), органического вещества – на 168,3 г (3,5 %) и 226,9 г (7,4 %), сырого протеина – на 24,7 г (3,9 %) и 34,2 г (5,4 %), сырого жира – на 7,6 г (1,9 %) и 10,0 г (4,1 %), сырой клетчатки – на 22,1 г (2,3 %) и 29,3 г (3,0 %),

безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) – на 116,9 г (7,0 %) и 153,4 г (5,3 %).

Полученные данные свидетельствуют, что более эффективным использованием питательных веществ кормов рациона отличались бычки-кастраты III опытной группы. Сверстники II опытной группы уступали им по массе переваримого сухого вещества на 364,6 г (7,4 %), органического вещества – на 58,6 г (1,2 %), сырого протеина – на 9,5 г (1,5 %), сырого жира – на 2,7 г (1,1 %), сырой клетчатки – на 7,2 г (0,7 %), безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) – на 36,0 г (1,2 %).

Переваримость питательных веществ кормов рациона кормления характеризуется коэффициентом переваримости, величина которого выражена в процентах. По сути коэффициент переваримости отдельных видов питательных веществ дает обобщенную характеристику пищевой ценности отдельных кормов рациона кормления животных.

Его величина выражает процентное отношение переваренных питательных веществ в организме животного при обменных процессах от общего их количества, которое было потреблено с кормами суточного рациона.

Полученные данные свидетельствуют, что вследствие большего количества потребленных

Таблица 3 – Среднесуточное количество питательных веществ рациона, переваренных подопытными бычками-кастрами, г ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)

Показатель	Группа		
	I (контрольная)	II (опытная)	III (опытная)
Сухое вещество	4900,2 ± 33,21	5100,0 ± 32,10	5464,6 ± 30,41
Органическое вещество	4762,6 ± 28,16	4930,9 ± 29,34	4989,5 ± 28,23
Сырой протеин	630,3 ± 18,10	655,0 ± 18,43	664,5 ± 20,13
Сырой жир	242,3 ± 5,14	246,9 ± 4,82	252,3 ± 4,33
Сырая клетчатка	974,9 ± 16,82	997,0 ± 17,14	1004,2 ± 18,38
БЭВ	2915,1 ± 21,30	3032,0 ± 22,41	3068,5 ± 21,40

Таблица 4 – Коэффициенты переваримости питательных веществ рациона подопытными бычками-кастрами, % ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)

Показатель	Группа		
	I (контрольная)	II (опытная)	III (опытная)
Сухое вещество	65,21 ± 0,21	67,42 ± 0,20	67,90 ± 0,18
Органическое вещество	67,83 ± 0,19	69,82 ± 0,22	70,43 ± 0,20
Сырой протеин	63,71 ± 0,22	65,82 ± 0,23	66,56 ± 0,21
Сырой жир	69,01 ± 0,15	69,93 ± 0,16	71,22 ± 0,11
Сырая клетчатка	54,13 ± 0,38	55,04 ± 0,40	55,26 ± 0,39
БЭВ	75,13 ± 0,55	77,69 ± 0,58	78,39 ± 0,60



и переваренных питательных веществ кормов рациона бычками-кастратами опытных групп, обусловленное влиянием пробиотической кормовой добавки Ветоспорин-актив, они по величине коэффициента переваримости превосходили молодняк *I* (контрольной) группы (табл. 4).

Так, бычки-кастраты *II* и *III* опытных групп превосходили сверстников *I* (контрольной) по величине коэффициента переваримости сухого вещества на 2,21 % и 2,69 %, органического вещества – на 1,99 % и 2,60 %, сырого протеина – на 2,11 % и 2,85 %, сырого жира – на 0,92 % и 2,21 %, сырой клетчатки – на 0,91 % и 1,13 %, безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) – на 2,56 % и 3,26 % соответственно.

При этом максимальной величиной коэффициента переваримости всех видов питательных веществ отличались бычки-кастраты *III* опытной группы. Достаточно отметить, что молодняк *II* опытной группы уступал аналогам *III* опытной группы по величине коэффициента переваримости сухого вещества на 0,48 %, органического вещества – на 0,61 %, сырого протеина – на 0,74 %, сырого жира – на 1,29 %, сырой клетчатки – на 0,22 %, безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) – на 0,70 %.

Известно, что питательные вещества, поступающие в организм с кормами рациона, являются не только строительным материалом для синтеза тканей тела организма, но служат в качестве источника энергии, которая используется при протекании обменных процессов.

Полученные нами экспериментальные данные при физиологическом опыте свидетельствуют о положительном влиянии апробируемой добавки на потребление и использование энергии бычками-кастратами опытных групп (табл. 5).

Это обусловлено тем, что использование энергии зависит от поступления в организм питательных веществ кормов рациона и эффективности их усвоения животными. В этой связи бычки-кастраты *II* и *III* опытных групп превосходили сверстников *I* (контрольной) группы по потреблению валовой энергии на 0,83 МДж (0,6 %) и 1,27 МДж (0,9 %) соответственно.

Аналогичная закономерность отмечалась и по потреблению переваримой и обменной энергии. Достаточно отметить, что молодняк *I* (контрольной) группы уступал сверстникам *II* и *III* опытных групп по потреблению переваримой энергии соответственно на 3,15 МДж (3,5 %) и 4,32 МДж (4,7 %), обменной – на 2,59 МДж (3,4 %) и 3,55 МДж (4,8 %).

Полученные данные свидетельствуют, что максимальной величиной анализируемых показателей характеризовались бычки-кастраты *III* опытной группы, получавшие в составе рациона кормления пробиотическую кормовую добавку Ветоспорин-актив в дозе 0,10 г на 1 кг корма. Достаточно отметить, что бычки-кастраты *II* опытной группы уступали сверстникам *III* опытной группы по потреблению валовой энергии на 0,44 МДж (0,3 %), переваримой – на 1,17 МДж (1,2 %), обменной – на 0,97 МДж (1,3 %).

Таблица 5 – Потребление и характер использования энергии рационов подопытными бычками-кастратами, МДж ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)

Показатель	Группа		
	<i>I</i> (контрольная)	<i>II</i> (опытная)	<i>III</i> (опытная)
Энергия:			
валовая	141,51 ± 2,10	142,34 ± 2,43	142,78 ± 1,98
переваримая	91,15 ± 1,40	94,30 ± 1,32	95,47 ± 1,43
обменная	74,38 ± 1,22	76,97 ± 1,50	77,94 ± 1,28
Обменность валовой энергии, %	52,56 ± 0,52	54,07 ± 0,49	54,59 ± 0,55
Обменная энергия:			
на поддержание жизни	36,25 ± 0,43	37,24 ± 0,50	37,31 ± 0,48
сверхподдержания	38,13 ± 0,51	39,73 ± 0,48	40,63 ± 0,50
прироста	12,48 ± 0,22	13,82 ± 0,24	14,14 ± 0,20
Коэффициент продуктивного использования энергии, %:			
валовой (КПИВЭ)	8,82 ± 0,16	9,71 ± 0,18	9,90 ± 0,17
обменной (КПИОЭ)	32,73 ± 0,36	34,78 ± 0,38	34,80 ± 0,30

Аналогичная закономерность отмечалась и по обменности валовой энергии. Достаточно отметить, что бычки-кастраты *III* опытной группы превосходили аналогов *I* (контрольной) и *II* опытной групп по величине анализируемого показателя соответственно на 2,03% и 0,52%, а молодняк *I* (контрольной) группы уступал сверстникам *II* опытной группы по величине анализируемого показателя на 1,51%.

Полученные данные и их анализ свидетельствует, что энергия и питательные вещества кормов рациона используются на поддержание физиологических процессов, направленных на обеспечение жизнеспособности организма и непосредственно на синтез тканей тела животного. При этом бычки-кастраты *I* (контрольной) уступали молодняку *II* и *III* опытных групп по использованию обменной энергии на поддержание жизни на 0,99 МДж (2,7%) и 1,06 МДж (2,9%) соответственно.

Аналогичная закономерность отмечалась по использованию энергии на сверхподдержание и прирост. Так, молодняк *II* и *III* опытных групп превосходил аналогов *I* (контрольной) группы по величине первого показателя, соответственно, на 1,60 МДж (4,2%) и 2,50 МДж (6,6%), второго – на 0,34 МДж (2,7%) и 1,66 МДж (13,3%). При этом лидирующее положение по этим показателям занимали бычки-кастраты *III* опытной группы. Сверстники *II* опытной группы уступали им по использованию энергии на сверхподдержание на 0,07 МДж (0,2%), энергии прироста – на 0,32 МДж (2,3%).

Полученные данные свидетельствуют, что введение в состав рациона пробиотической кормовой добавки Ветоспорин-актив способствовало повышению продуктивного использования энергии. По валовой энергии повышение величины изучаемого показателя у бычков-ка-

стратов *II* и *III* опытных групп по сравнению с аналогами *I* (контрольной) группы составляло 0,89% и 1,08%, обменной энергии – 2,05% и 2,07%. Причем лидирующее положение занимали бычки-кастраты *III* опытной группы. Сверстники *II* опытной группы уступали им по коэффициенту продуктивного использования валовой энергии на 0,19%, обменной энергии – на 0,02%.

Известно, что в основе жизнедеятельности организма животного лежит обмен белков. При попадании в желудочно-кишечный тракт белки кормов рациона расщепляются под действием ферментов пищеварительных соков до более простых веществ, таких как полипептиды и аминокислоты. Они в свою очередь всасываются в кровь и используются в синтезе белков органов и тканей.

Для изучения обмена белков в организме животного широко используют метод определения баланса азота, который устанавливается путем определения разности между количеством азота, потребленного животным с белками корма рациона, и азотом, выделенного с калом и мочой.

По результатам определения баланса азота в организме животного устанавливается использование (усвоение) протеина кормов рациона, прироста или убыль белка в теле животного, судят об уровне продуктивности.

Полученные данные свидетельствуют о положительном влиянии включения в рацион кормления бычков-кастратов пробиотической кормовой добавки Ветоспорин-актив на переваримость азота белков корма, что подтверждается его балансом (табл. 6).

При этом бычками-кастрами *II* и *III* опытных групп было принято на 0,93 г (0,6%) и 1,44 г (0,9%) больше азота, чем сверстниками *I* (контрольной) группы. Характерно, что

Таблица 6 – Среднесуточный баланс азота в организме подопытных бычков-кастратов, г/гол ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)

Показатель	Группа		
	<i>I</i> (контрольная)	<i>II</i> (опытная)	<i>III</i> (опытная)
Принято с калом	158,29 ± 2,40	159,22 ± 2,31	159,73 ± 2,58
Выделено с калом	57,44 ± 0,62	54,42 ± 0,34	53,41 ± 0,54
Переварено	100,85 ± 1,13	104,80 ± 1,02	106,32 ± 1,10
Усвоено: на 1 голову	28,46 ± 0,33	30,12 ± 0,40	30,94 ± 0,35
на 100 кг живой массы	8,67 ± 0,12	8,86 ± 0,14	9,08 ± 0,13
Коэффициент использования, %:			
от принятого	17,98 ± 0,43	18,92 ± 0,34	19,37 ± 0,38
от переваренного	28,22 ± 0,52	28,74 ± 0,61	29,10 ± 0,60



молодняком *II* и *III* опытных групп было выделено с калом азота меньше на 3,02 г (5,5 %) и 4,03 г (7,5 %), чем животными *I* (контрольной) группы.

Характерно, что бычки-кастраты *II* и *III* опытных групп отличались лучшей переваримостью азота. Аналоги *I* (контрольной) группы уступали им по величине анализируемого показателя на 3,95 г (3,9 %) и 5,47 г (5,4 %).

Аналогичная закономерность отмечалась и по усвоению азота как на 1 животное, так и на 100 кг живой массы. Достаточно отметить, что бычки-кастраты *II* и *III* опытных групп превосходили сверстников *I* (контрольной) группы по величине первого показателя, соответственно, на 1,66 г (5,8 %) и 2,48 г (8,7 %), второго – на 0,19 г (2,2 %) и 0,41 г (7,7 %).

Установлено преимущество бычков-кастратов *III* опытной группы над сверстниками *II* опытной группы как по массе переваренного азота, так и по его усвоению. Так, эта разница в пользу бычков *III* опытной группы по массе переваренного азота составляла 1,52 г (1,6 %), усвоенного на 1 животное – 0,82 г (2,7 %), на 100 кг живой массы – 0,12 г (1,4 %).

Установлено, что использование рационов с пробиотической кормовой добавкой Ветоспорин-актив в кормлении бычков-кастратов опытных групп способствовало повышению отложения азота в их теле. Так, молодняк *I* (контрольной) уступал аналогам *II* и *III* опытных групп по величине коэффициента использования азота от принятого на 0,94 % и 1,39 %, от переваренного – на 0,52 % и 0,88 %.

Установлено лидирующее положение бычков-кастратов *III* опытной группы по коэффициенту использования азота. При этом молодняк *II* опытной группы уступал аналогам *III* опытной группы по коэффициенту использования азота от принятого на 0,45 % от переваренного – на 0,36 %.

Выводы

Таким образом, при выращивании бычков-кастратов симментальской породы было организовано полноценное, сбалансированное кормление. При этом использование пробиотической кормовой добавки Ветоспорин-актив способствовало большему потреблению всех видов кормов, питательных веществ и энергии молодняком *II* и *III* опытных групп. При этом наибольший эффект отмечался при использовании апробируемой добавки в дозе 0,10 г на 1 кг корма.

Рекомендации

Для увеличения потребления и использования питательных веществ рациона целесообразно вводить кормовую добавку Ветоспарин-актив бычкам кастратам симментальской породы в количестве 0,10 г на 1 кг корма.

Список литературы

1. Мироненко С. И., Косилов В. И. Мясные качества черно-пестрого скота и его помесей // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2010. № 2. С. 68–69.
2. Вильвер Д. С., Фомина А. А. Влияние энергетической кормовой добавки на изменчивость показателей молочной продуктивности коров черно-пестрой породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 1 (63). С. 140–142.
3. Литовченко В. Г. Гематологические показатели симментальских бычков разных генотипов в условиях Южного Урала. 2013. № 2 (108). С. 18–21.
4. Косилов В. И., Мироненко С. И. Формирование и реализация репродуктивной функции маток КРС красной степной породы и ее помесей // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2010. № 3. С. 64–66.
5. Тагиров Х. Х., Шакиров Р. Р. Воспроизводительные качества телок черно-пестрой породы на фоне скармливания пробиотической кормовой добавки биогумитель // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 3 (41). С. 129–132.
6. Потребление и использование питательных веществ рационов бычками симментальской породы при включении в рацион пробиотической добавки Биогумитель 2Г / В. И. Косилов [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 1 (63). С. 204–206.
7. Вильвер Д. С., Фомина А. А. Влияние энергетической кормовой добавки на гематологические показатели коров черно-пестрой породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 2 (64). С. 100–102.
8. Косилов В. И., Миронова И. В., Харламов А. В. Эффективность использования питательных веществ рационов бычками черно-пестрой породы и ее двух-трехпородных помесей // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 2 (52). С. 125–128.
9. Влияние пробиотической кормовой добавки Биогумитель 2Г на рост и развитие бычков

симментальской породы / В. И. Косилов, Е. А. Никонова, Д. С. Вильвер, Н. М. Губайдуллин // АПК России. 2017. Т. 24. № 1. С. 197–205.

10. Вильвер М. С. Показатели факторов естественной резистентности телок разного возраста и их повторяемость // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 5 (55). С. 140–143.

11. Тагиров Х. Х., Вагапов Ф. Ф. Особенности роста и развития бычков черно-пестрой породы при скормлинии пробиотической кормовой добавки биогумитель // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 6 (38). С. 123–126.

12. Косилов В. И., Миронова И. В. Потребление питательных веществ и баланс азота у коров черно-пестрой породы при введении в их рацион пробиотического препарата Ветоспорин-актив // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 3 (53). С. 122–124.

13. Вильвер Д. С. Физико-химические показатели молока коров в зависимости от возраста первого осеменения телок // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2010. Т. 4. № 28–1. С. 110–112.

14. Properties of morphogenesis of functional groups and particular skeletal muscles in red steppe young stock under southern urals conditions / V. I. Levakhin [et all.] // Russian Agricultural Sciences. 2015. Т. 41. № 6. С. 481–484.

15. Вильвер Д. С. Влияние возраста первого осеменения телок на молочную продуктивность коров черно-пестрой породы разного возраста // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 6 (56). С. 140–142.

16. Литовченко В. Г., Тюлебаев С. Д., Кадышева М. Д. Динамика живой массы и возраст маток разных генотипов в период становления и реализации репродуктивной функции скота // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2010. № 4 (28). С. 110–112.

17. Муратов А. А., Горелик О. В., Вильвер Д. С. Эффективность откорма свиней разных генотипов // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2010. № 10. С. 33–36.

18. Косилов В. И. Научные и практические основы увеличения производства говядины при создании помесных стад в мясном скотоводстве : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Оренбург : Оренбургский ГАУ, 1995. 48 с.

19. Особенности формирования экстерьера молодняка молочного, мясного и комбинированного направления продуктивности / А. А. Салихов, В. И. Косилов, Н. М. Губашев, Т. С. Кубатбеков // Ғылым және білім. 2016. № 1 (42). С. 71–77.

20. Вильвер Д. С. Влияние паратипических факторов на биохимический и морфологический состав крови коров черно-пестрой породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 3 (53). С. 137–139.

21. Харламов А. В., Ирсултанов А. Г., Завьялов О. А. Эффективность производства говядины при различной технологии выращивания подсосных телят на пастбище и дальнейшего их откорма на площадке // Вестник мясного скотоводства. 2006. Т. 1. № 59. С. 323–328.

22. Seltsov V. I., Sermiyagin A. A. Assessment of persistence components of milk from Simmental cows-heifers of different origin // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2014. Т. 36. № 12. С. 3–8.

Косилов Владимир Иванович, д-р с.-х. наук, профессор, профессор кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет».

E-mail: Kosilov_vi@bk.ru.

Никонова Елена Анатольевна, канд. с.-х. наук, доцент, доцент кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет».

E-mail: nikonovaea84@mail.ru.

Вильвер Дмитрий Сергеевич, д-р с.-х. наук, доцент, доцент кафедры генетики и разведения сельскохозяйственных животных, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: dmitriy.vilver@mail.ru.

* * *

ВЛИЯНИЕ СТРЕССОВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ СВИНЕЙ, ВЫРАЩЕННЫХ В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ТЕХНОЛОГИИ, НА ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ШПИКА

А. И. Кузнецов

Цель исследования состояла в изучении влияния стрессовой чувствительности на физико-химические и технологические свойства шпика стрессчувствительных свиней, выращенных в разных условиях. Экспериментальную часть работы выполняли в условиях свиноводческого комплекса, принадлежащего ООО «Красногорское» Челябинской области. Лабораторные исследования проводили в лабораториях института ветеринарной медицины Южно-Уральского ГАУ и аккредитованной испытательной лаборатории комбината «Самоцвет» системы «Росрезерва». Были сформированы три группы по 30 гол. в каждой. Перед формированием групп у поросят определяли стрессовую чувствительность методом А. И. Кузнецова и Ф. А. Сунагатуллина (1990). Поросята были получены от свиноматок крупной белой породы, осемененных спермой хряков породы ландрас. Первая была сформирована из числа стрессустойчивых; вторая – стрессчувствительных, без стрессустойчивых; третья включала стрессчувствительных и стрессустойчивых по 15 гол. Раздельное выращивание стрессчувствительных позволило снизить степень конкуренции за жизнь среди поросят, обеспечить иерархическую стабильность и спрофилировать психофизиологический стресс. Животных забивали в возрасте 222 дня. Для исследований использовали хребтовое сало. Химический состав и биологическую ценность шпика оценивали по содержанию в нем влаги, белка, золы, насыщенных и ненасыщенных жирных кислот, каратиноидов, определяли температуру плавления, йодное число. Исследованиями установлено, что сало, полученное от стрессустойчивых животных, имеет более высокое качество, пищевую ценность и технологические свойства. Выращивание стрессчувствительных животных в отсутствии конкуренции в группе со стрессустойчивыми позволяет повысить в сале содержание жира, золы, фосфолипидов, насыщенных жирных кислот, каратиноидов, токоферолов, температура плавления, показатель йодного числа на 1,1–11,0%, снизить количество воды, белка, холестерина, мононенасыщенных жирных кислот, полиненасыщенных на 4,1–66,7%. Такой шпик по своему качеству близок к шпику, полученному от стрессустойчивых свиней, и может быть использован для изготовления копченых изделий. Сало, полученное от стрессчувствительных свиней, выращенных в условиях конкуренции со стрессустойчивыми, имеет самое низкое качество. Такое сало больше подвержено гидролитической и окислительной порче, быстро теряет вкусовые качества как при простом солении, так и при копчении.

Ключевые слова: стрессовая чувствительность поросят, потребительские, технологические свойства шпика, условия технологии выращивания поросят.

В условиях промышленной технологии одним из негативных факторов, отрицательно влияющих на организм свиней, является недостаток движений – гиподинамия [1]. Установлено, что вследствие продолжительного ограничения двигательной активности у животных развивается так называемый «хронический стресс» [2, 3, 4]. Развитие хронического стресса сопровождается нарушением обменных процессов, снижением общей резистентности, ухудшением продуктивных качеств [5–9]. Негативным проявлением гиподинамии является ослабление скелетной мускулатуры животных, изменение ее физиологических и биохимических свойств,

что безусловно отражается на мясной продуктивности и качестве мяса [10–13]. Пищевая ценность мяса находится в прямой зависимости от соотношения входящих в его состав тканей. Жировая ткань – это второй после мышц морфологический компонент, определяющий качество мяса, поэтому знание о качестве этой ткани в зависимости от уровня стрессовой чувствительности имеет определенное значение. Вместе с этим интересно знать влияние технологии отдельного выращивания стрессчувствительных свиней на физико-химические и технологические свойства шпика для определения целесообразности его дальнейшего использования.

В связи с этим мы поставили перед собой цель – изучить влияние стрессовой чувствительности на физико-химические и технологические свойства шпика стрессчувствительных свиней, выращенных в разных условиях.

Материал и методы исследования

Экспериментальную часть работы проводили в условиях свиноводческого комплекса, принадлежащего ООО «Красногорское» Челябинской области. Лабораторные исследования проводили в лабораториях института ветеринарной медицины Южно-Уральского ГАУ и аккредитованной испытательной лаборатории комбината «Самоцвет» системы «Росрезерва». Для выполнения поставленной цели в цехе 1 периода откорма были сформированы три группы свиней в возрасте 107 сут. по 30 голов в каждой. Поросята были получены от свиноматок крупной белой породы, осемененных спермой хряков породы ландрас. Первая группа была сформирована из числа стрессустойчивых, вторая – стрессчувствительных, выращенных отдельной группой, без стрессустойчивых, третья – стрессчувствительные, выращенные вместе со стресс-

устойчивыми. Стрессовую чувствительность определяли методом А. И. Кузнецова, Ф. А. Сунагатуллина [14], перед формированием групп.

Раздельное выращивание стрессчувствительных свиней во второй группе позволило снизить степень конкуренции за жизнь среди поросят, обеспечить иерархическую стабильность и спрофилировать психологический стресс. Животных откармливали до 110 кг живой массы, после чего убивали. Для исследований использовали хребтовое сало, которое отбирали на участке спины между 9–12 грудными позвонками. Отбор образцов проводили после 48-часовой выдержки туш в холодильной камере при температуре +4 °С.

Химический состав и биологическую ценность шпика оценивали по содержанию в нем влаги, белка, золы, жира, триглицеридов, фосфолипидов, холестерина, суммы жирных кислот, в том числе насыщенных, моно-ненасыщенных, полиненасыщенных, каротиноидов, токоферолов, температура плавления и йодному числу. Для определения запланированных показателей использовали общепринятые методы [15] и соответствующие ГОСТы.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика химического состава и биологической ценности шпика у свиней с разной стрессовой чувствительностью, выращенных в разных условиях технологии

Показатель	Группа, n = 6					
	1	2	% к 1-й группе	3	% к 1-й группе	% ко 2-й группе
	$M \pm m$	$M \pm m$		$M \pm m$		
Влага, %	5,84±0,17	6,83±0,37**	116,9	8,26±0,65	124,3**	106,2*
Белок, %	1,76±0,08	2,05±0,06**	118,7	2,59 ±0,15	147,2***	126,3**
Жир, %	92,29±1,53	90,47±2,03	98,0	88,67±2,64	96,9	98,9
Зола, %	0,12±0,002	0,11±0,005*	91,7	0,09±0,003	75,0**	82,0*
Триглицериды, %	89,72±1,86	87,99±2,01	98,07	87,21 ±2,43	97,0	98,9
Фосфолипиды, %	1,49±0,07	1,39±0,04*	93,3	1,21±0,016	81,0**	87,0*
Холестерол, %	0,08±0,001	0,09±0,002*	112,5	0,15±0,007	187,5***	166,7***
Сумма жирных кислот, %	87,55±1,65	86,58±1,31	98,8	85,85±1,06	98,05	99,1
В том числе: Насыщенные, %	38,59±1,23	34,90±1,85*	96,1	31,62±1,74	86,9**	90,6*
Мононенасыщенные, %	38,2±1,47	40,25±1,73*	105,3	41,92±1,91	109,7*	104,1
Полиненасыщенные (сумма)	10,76±0,23	11,43±0,19*	106,3	12,31 ±0,21	114,4**	107,6*
В том числе: Линолевая, %	9,57±0,13	10,18±0,43	106,3	10,95±0,03	114,4**	107,5*
Линоленовая, %	0,70±0,02	0,74±0,01*	105,7	0,81 ±0,02	115,7**	109,5*
Арахидоновая, %	0,49±0,01	0,51 ±0,02	104,1	0,55±0,03	112,2*	107,8*
Полиненасыщенные:	0,27	0,33	122,2	0,39	144,4	118,2
Насыщенные						
Каротиноиды, мг %	0,056±0,0004	0,041±0,0003**	73,2	0,038±0,0006	67,9**	92,*
Токоферолы, мг %	0,26±0,001	0,21 ±0,005**	80,8	0,19±0,003	73,0**	90,5*
Температура плавления, °С	38,4±0,54	36,2±0,64*	94,3	33,5±0,38	87,2**	92,5*
Йодное число	62,7±0,21	58,7±0,27*	93,6	52,4±0,32	83,6**	89,3*

Примечание: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,00$.



Результаты исследований

Полученные результаты представлены в таблице 1. Из приведенных данных видно, что у животных, имеющих разную стрессовую чувствительность и выращиваемых в разных условиях интенсивной технологии, химический состав, пищевая ценность и физические свойства подкожного сала различны.

Так, у стрессустойчивых особей в сале содержалось влаги $5,84 \pm 0,17$, белка – $1,76 \pm 0,08$, жира – $92,29 \pm 1,53$, золы – $0,12 \pm 0,002$, триглицеридов – $89,72 \pm 1,86$, фосфолипидов – $1,4$, холестерина – $0,08 \pm 0,001$, общих жирных кислот – $87,55 \pm 2,65\%$, в том числе: насыщенных $38,59 \pm 1,23$, мононенасыщенных – $38,2 \pm 1,47$, общее количество полиненасыщенных – $10,76 \pm 0,23$, в их числе: линолевая – $9,70 \pm 0,02$, линоленовая – $0,74 \pm 0,01$, арахидоновая – $0,49 \pm 0,01\%$, коэффициент отношения полиненасыщенных жирных кислот к насыщенным составлял $0,27$. Из числа исследуемых витаминов было установлено количество каратиноидов – $0,056 \pm 0,0004$, токоферолов – $0,26 \pm 0,001$ мг %. Физико-химические показатели сала имели относительно высокий уровень, температура плавления была в пределах $38,4 \pm 0,54$ °C, показатель йодного числа – $62,7 \pm 0,21$.

У стрессочувствительных свиней, выращиваемых отдельно от стрессустойчивых, основное число исследуемых показателей качества относительно требований предъявляемых к качеству шпика имело достаточно высокий уровень.

Так, в их сале определялось влаги – $6,83 \pm 0,37$, белка – $2,05 \pm 0,06$, жира – $90,47 \pm 2,03$, золы – $0,11 \pm 0,005$, триглицеридов – $87,99 \pm 2,01$, фосфолипидов – $1,39 \pm 0,04$, холестерина – $0,09 \pm 0,002$, насыщенных жирных кислот – $34,90 \pm 1,85\%$, мононенасыщенных – $40,25 \pm 1,71$, полиненасыщенных – $11,43 \pm 0,19$, в том числе линолевая – $10,18 \pm 0,43$, линоленовая – $0,74 \pm 0,01$, арахидоновая – $0,51 \pm 0,02\%$.

В общей сумме жирные кислоты составляли $86,58 \pm 1,31\%$, отношение полиненасыщенных к насыщенным имело значение $0,33$, каратиноидов содержалось в пределах $0,041 \pm 0,0003$, токоферолов – $0,21 \pm 0,005$ мг %. Сало имело температуру плавления – $36,2 \pm 0,64$ °C, показатель йодного числа был в пределах $58,7 \pm 0,27$.

В сравнении с величинами аналогичных показателей у стрессустойчивых животных одна часть из них имела более низкое, а другая более высокое значение. Выше оказалось содержание воды на $16,9$, белка – $18,7$, холестерина – $12,5$, мононенасыщенных жирных кислот – $5,3$, полиненасыщенных – $6,3$, в том числе

линолевой – $5,7$, арахидоновой $4,1$, отношение полиненасыщенных к насыщенным – $22,2\%$.

Более низкое содержание установлено: жира на $2,0$, золы $8,3$, триглицеридов – $1,93$, фосфолипидов – $6,7$, сумма жирных кислот $1,2$, насыщенных жирных кислот – $3,9$, каратиноидов – $26,8$, токоферолов – $19,2$, температура плавления сала – $5,7$, йодное число – $5,4\%$.

Животные с высокой стрессовой чувствительностью, выращиваемые вместе со стрессустойчивыми, имели самые низкие показатели, характеризующие качество шпика, чем у свиней с низкой и высокой стрессочувствительностью, выращенных отдельно. Так, в их сале определялось содержание воды в пределах $8,26 \pm 0,65$, белка – $2,59 \pm 0,15$, жира – $88,67 \pm 2,64$, золы – $0,16 \pm 0,003$, триглицеридов – $87,21 \pm 2,43$, фосфолипидов – $1,21 \pm 0,016$, холестерина – $0,15 \pm 0,007$, общее количество жирных кислот – $85,85 \pm 1,0$, в том числе: насыщенных – $31,62 \pm 1,74$, мононенасыщенных – $41,92 \pm 1,91$, полиненасыщенных – $12,31 \pm 0,21$, в их числе линолевой – $10,95 \pm 0,03$, линоленовой – $0,81 \pm 0,02$, арахидоновой – $0,55 \pm 0,03\%$, количество каратиноидов – $0,038 \pm 0,0006$, токоферолов – $0,19 \pm 0,003$ мг %, температура плавления была в пределах $33,5 \pm 0,38$ °C, показатель йодного числа – $52,4 \pm 0,32$.

Уровень этих величин относительно таких же критериев, у животных с низкой стрессочувствительностью был не одинаков, оказались выше такие показатели как содержание воды на $24,3$, белка – $47,2$, золы – $33,3$, холестерина – $87,5$, мононенасыщенных жирных кислот – $9,7$, полиненасыщенных – $14,4$, в том числе линолевой – $14,4$, линоленовой – $15,7$, арахидоновой – $12,2\%$, отношение полиненасыщенных к насыщенным – $44,4\%$. Вместе с этим другая часть определяемых веществ была существенно выше, таких как содержание общего жира на $3,1$, триглицеридов – $3,0$, фосфолипидов – $19,0$, общего количества жирных кислот – $1,95$, в том числе насыщенных $13,1\%$, каратиноидов – $32,1$, токоферолов – $27,0\%$, температура плавления на $12,8$, показатель йодного числа – $16,4\%$. Сравнительный анализ этих величин с аналогичными в сале, полученном от стрессочувствительных, выращенных отдельно, показал, что качество шпика ниже. Так, в нем было выше содержание воды на $6,2$, белка – $26,3$, холестерина – $66,7$, мононенасыщенных жирных кислот – $4,1$, полиненасыщенных – $7,6$, в том числе, линолевой – $7,5$, линоленовой – $9,5$, арахидоновой – $7,8\%$, отношение полиненасыщенных к насыщенным – $18,2\%$. При этом общее

количество жира было выше на 1,1, золы – 18,0, триглицеридов – 1,1, фосфолипидов – 13,0, насыщенных жирных кислот – 9,4, каратиноидов – 7,3, токоферолов – 9,5%, температура плавления – 7,5, показатель йодного числа – 10,7%. Регламентируемые критерии безопасности шпика убойных свиней с разной стрессовой чувствительностью не превышали допустимых значений (табл. 2).

Выводы

На основании анализа полученных данных можно сделать выводы:

1. Сало полученное от стрессустойчивых животных имеет более высокое качество, пищевую ценность и технологические свойства. Оно превосходит по химическому составу на 2,0–26,8, и физико-химическим свойствам 5,4–6,3% сало, полученное от стрессчувствительных свиней, выращенных раздельно и соответственно на 3,1–32,1 и 16,4–12,8% сало, полученное от стрессчувствительных, выращенных вместе со стрессустойчивыми. Низкое содержание протеина свидетельствует о более низком содержании соединительной ткани. Высокое содержание насыщенных жирных кислот делает сало «зрелым» продуктом. Такое сало по

консистенции более плотное, меньше подвергается окислительной и гидролитической порчи, оно наиболее желательно для изготовления копченых изделий и хранится долгое время без снижения вкусовых качеств.

2. Выращивание стрессчувствительных животных в отсутствии конкуренции в группе со стрессустойчивыми позволяет повысить в сале содержание жира на 1,1, золы – 18,0, фосфолипидов – 13,0, насыщенных жирных кислот – 9,4, каратиноидов – 7,3, токоферолов – 9,5%, температура плавления – 7,5, показатель йодного числа – 10,7%, снизить количество воды на 6,2, белка – 26,3, холестерина – 66,7, моновенасыщенных жирных кислот – 4,1, полиненасыщенных – 7,6, в том числе: линолевой – 7,5, линоленовой – 9,5, арахидоновой – 7,8, отношение полиненасыщенных к насыщенным – 18,2%, что обуславливает повышение ее пищевой ценности и технологических свойств. Такой шпик по своему качеству близок к шпику полученному от стрессустойчивых свиней и может быть использован для изготовления копченых изделий.

3. Сало, полученное от стрессчувствительных свиней, выращенных в условиях конкуренции со стрессустойчивыми, имеет самое низкое

Таблица 2 – Критерии безопасности шпика убойных свиней с разной стрессовой чувствительностью

Показатель	Допустимый уровень мг/кг не более СанПин 2.3.2.1078-01	Группа, n = 6		
		1	2	3
Токсичные элементы, мг/кг:				
Свинец	0,1	0,02±0,001	0,050±0,003	0,062±0,002
Мышьяк	0,1	0,031 ±0,003	0,029±0,004	0,035±0,006
Кадмий	0,03	0,015±0,006	0,012±0,005	0,018±0,002
Ртуть	0,03	0,011±0,003	0,014±0,002	0,016±0,006
Медь	0.5	0,24±0,35	0,28±0,026	0,21±0,018
Железо	5.0	3,26±0,17	3,61±0,24	3.47±0,29
Антибиотики:				
Левомецетин	Не допускается	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен
Тетрациклиновая группа	Не допускается	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен
Гризин	Не допускается	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен
Бацитрацин	Не допускается	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен
Нитрозамины:				
Сумма НДМА и НДЭА	0.002	менее	менее	менее
Бензапирен	Не допускается	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен
Пестициды:				
Гексахлорциклогексан (α,β,γ-изомеры, мг/кг)	0,02	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен
ДДТ и его метаболиты, мг/кг	1,0	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен
Радионуклиды, Бк/кг:				
Цезий -137	100	27,4±2,35	24,1 ±2,46	29,51±2,40
Стронций-90	50	38,5±3,61	35,2±3,72	34,6±1,95



качество. В связи с более низким содержанием питательных веществ, высоким содержанием воды и ненасыщенных жирных кислот оно имеет характерные черты «незрелого» сала и низкие технологические свойства. В связи с этим такое сало больше подвержено гидролитической и окислительной порче, быстро теряет вкусовые качества как при простом солении, так и при копчении.

Рекомендации

С целью повышения потребительских и технологических свойств шпика рекомендуем перед постановкой поросят на откорм проводить их тестирование для определения степени стрессовой чувствительности. После тестирования, животных с высокой стрессовой чувствительностью следует выращивать отдельно от стресс устойчивых. Для проведения тестирования поросят по степени стрессовой чувствительности целесообразно использовать скипидарный метод определения стрессовой чувствительности А. И. Кузнецова и Ф. А. Сунагатуллина (1991).

Список литературы

1. Характеристика скорости роста, откормочных и мясных качеств поросят, имеющих разную стрессовую чувствительность в разных условиях выращивания / А. И. Кузнецов, Т. И. Бежиняр, Н. П. Смолякова, А. Н. Левицкий // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Разработка и внедрение новых технологий по переработке продуктов животноводства». Троицк : УГАВМ, 2014. С. 25–29.
2. Антистрессовая активность и эффективность применения фармакологического комплекса СПАО курам родительского стада / В. И. Фисинин, А. В. Мифтахутдинов, В. В. Пономаренко, Д. Е. Аносов // Аграрный вестник Урала. 2015. № 12. С. 54–58.
3. Журавель Н. А., Аносов Д. Е., Мифтахутдинов А. В. Экономическая эффективность фармакологической профилактики стрессов при выращивании ремонтного молодняка и содержания родительского стада кур мясного направления продуктивности // Достижения науки и техники АПК. 2017. № 1. С. 44–49.
4. Anosov D. E., Mitrohina A. S., Miftakhutdinov A. V. Efficiency the SM pharmacological complex at debeaking and fattening chickens // *Advances in Agricultural and Biological Sciences*. 2015. № 2. P. 11–17.
5. Кузнецов А. И., Бойко М. А. Изменения качества шпика убойных свиней, имеющих разную стрессовую чувствительность, при длительном его хранении // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Управление качеством и конкурентоспособность потребительских товаров. Экономика АПК». Троицк : УГАВМ, 2012. С. 25–37.
6. Кузнецов А. И., Бойко М. А. Товароведная характеристика мяса свинины, полученной от животных с разной стрессовой чувствительностью, при длительном хранении // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Управление качеством и конкурентоспособность потребительских товаров. Экономика АПК». Троицк : УГАВМ, 2012. С. 41–44.
7. Кузнецов А. И., Бойко М. А. Товароведная характеристика мяса-свинины, полученной от животных с разной стрессовой чувствительностью // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Разработка и внедрение новых технологий по переработке продуктов животноводства». Троицк : УГАВМ, 2014. С. 25–37.
8. Аносов Д. Е., Мифтахутдинов А. В. Сравнительное воздействие литийсодержащих фармакологических средств на состояние прооксидантной и антиоксидантной систем организма цыплят при дебикировании // АПК России. 2015. Т. 73. С. 145–150.
9. Фисинин В. И., Мифтахутдинов А. В., Аносов Д. Е. Фармакологическая профилактика стресса у цыплят при дебикировании // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2015. № 6. С. 50–53.
10. Кузнецов А. И. Влияние стрессовой чувствительности свиней на биологическую ценность свинины // Материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. «Таможенный союз и Евразийское экономическое сообщество». Дулатовские чтения. Костанай, 2014. С. 32–36.
11. Эффективность стимулятора метаболизма SM-Complex при откорме цыплят-бройлеров / А. В. Мифтахутдинов [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 12. С. 54–56.
12. Аносов Д. Е., Мифтахутдинов А. В. Сопоставительный анализ фармакологических схем профилактики стресса, развивающегося при дебикировании цыплят // Проблемы и пути развития ветеринарии высокотехнологичного животноводства : матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 45-летию ГНУ ВНИВИП-ФиТ Россельхозакадемии (1–2 октября 2015 г.). Воронеж : Истоки, 2015. С. 50–53.
13. Характеристика откормочных и мясных качеств гибридных свиней в связи с их стрессовой чувствительностью / Т. И. Бежиняр,

Н. П. Смолякова, А. Н. Левицкий // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Научные и инновационные подходы в ветеринарной медицине. Управление качеством и конкурентоспособность потребительских товаров». Троицк : УГАВМ, 2015. С. 25–30.

14. Кузнецов А. И., Сунагатуллин Ф. А. Определение стрессовой чувствительности

свиней // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы интенсификации животноводства и подготовки специалистов». Троицк, 1990. С. 87.

15. Антипова Л. В., Глотова И. А., Рогов И. А. Методы исследования мяса и мясных продуктов. М. : КолосС, 2001.

Кузнецов Александр Иванович, д-р биол. наук, профессор, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: phiziology_ugavm@mail.ru.

* * *

ХАРАКТЕРИСТИКА РОСТА И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЕСТЕСТВЕННОЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ У ЧИСТОПОРОДНОГО И ПОМЕСНОГО МОЛОДНЯКА ГЕРЕФОРДСКОЙ ПОРОДЫ

Т. Т. Левицкая, Н. В. Фомина

В статье приведены результаты оценки показателей роста, естественной резистентности и ее наследуемости у чистопородного и помесного молодняка герефордской породы. Исследования выполнены на чистопородных бычках и телочках герефордской породы и помесных животных различной степени кровности по черно-пестрой породе. Молодняк выращивали на подсосе до 6-месячного возраста. Для оценки роста взвешивание проводили в новорожденном возрасте, 3, 6, 9, 12 и 15 месяцев. Для характеристики неспецифической естественной резистентности исследовали общий белок, протеинограмму, фагоцитарную активность лейкоцитов и фагоцитарный индекс. В статье представлены данные по показателям крови в периоды после рождения, отъема и физиологической зрелости. Цифровой материал был обработан методами вариационной статистики и дисперсионного анализа, достоверность определяли по таблице Стьюдента. В одинаковых условиях кормления и содержания за счет эффекта гетерозиса максимально проявили генетический потенциал помесные бычки и телочки первого поколения при достоверных межгрупповых различиях. Исследования крови показали, что биохимические показатели крови косвенно связаны с продуктивностью, а уровень общего белка увеличивался по мере роста молодняка разных генотипов. Высокие показатели клеточного звена естественной резистентности также были отмечены у чистопородного молодняка и у помесных животных первого поколения, что свидетельствует о высокой естественной резистентности, этот факт обуславливается долей влияния коров-матерей на изучаемые показатели крови у потомства. Пученные результаты исследования свидетельствуют, что использование помесного молодняка первого поколения (50 % доли крови герефордской породы, 50 % доли крови черно-пестрой породы) для производства говядины в товарном стаде более оправдано.

Ключевые слова: герефордская порода, генотип, живая масса, естественная резистентность, наследуемость.

В настоящее время проблему обеспечения населения говядиной можно решить, применяя промышленное скрещивание коров молочного направления продуктивности с быками специализированных мясных пород [1–5]. По данным ряда авторов основным источником получения мяса является молочное скотоводство [6], где ведущее место занимает черно-пестрая порода [7]. Для промышленного скрещивания во многих странах мира, в том числе и России, используется герефордская порода мясного скота. Важным элементом при этом становится использование явления гетерозиса при внедрении межпородного промышленного скрещивания.

Этот метод, по данным В. И. Косилова и других, является одним из основных биологических средств повышения мясной продуктивности животных в товарном мясном скотоводстве [4, 8]. Кроме того, все производители мяса хотели бы иметь здоровое стадо [9], но единого мнения о влиянии генотипа на защитные свойства организма нет. В трудах ученых М. Д. Кадышева, В. Г. Литовченко, М. В. Тарасова, М. С. Вильвер, Н. В. Фоминой доказана роль показателей естественной резистентности как иммуностимулирующих, повышающих молочную и мясную продуктивность и обеспечивающих лучший рост и развитие молодняка [10, 12].

Поэтому возникает необходимость изучения роста во взаимосвязи с показателями естественной резистентности у чистопородных и помесных животных герефордской породы.

В связи с этим **целью наших исследований** явилось изучение роста, естественной резистентности и ее наследуемости у чистопородного и помесного молодняка герефордской породы при промышленном производстве говядины.

Материал и методы

Исследования проводили в условиях ФГУП «Троицкое» Челябинской области. Объектом исследования служили бычки и телочки герефордской породы разных генотипов, из которых методом сбалансированных групп с учетом возраста, живой массы, пола, породности были сформированы три группы молодняка. В первую группу вошли чистопородные бычки и телочки герефордской породы, во вторую – помесный молодняк I поколения, полученный от скрещивания коров черно-пестрой породы с быками герефордской породы (50% доли крови черно-пестрой породы и 50% доли крови герефордской породы), в третью – помесные животные II поколения (25% доли крови черно-пестрой породы и 75% доли крови герефордской породы). Молодняк содержали по технологии принятой в мясном скотоводстве. Рационы были одинаковы для всех групп и сбалансированы по основным питательным веществам. Для контроля роста животных взвешивали при рождении, 3-х, 6-ти, 9-ти, 12-ти, и 15-месячном возрасте. Материалом исследования служила кровь животных, которую получали в те же возрастные периоды. В сыворотке крови определяли общий белок рефрактометрическим методом

и протеинограмму – методом нефелометрии [13]; в цельной крови – фагоцитарную активность лейкоцитов методике В.С. Гостева и фагоцитарный индекс путем определения среднего числа фагоцитированных микробов, приходящихся на один активный лейкоцит [14]. В статье представлены данные по показателям крови в периоды после рождения, отъема и физиологической зрелости. Обработку данных проводили методом вариационной статистики по В.Л. Петухову и Н.А. Плохинскому с использованием пакета прикладных программ «biostat».

Результаты исследования

При промышленном скрещивании коров молочных пород с быками мясных пород основной целью является повышение интенсивности роста и продуктивности помесей [15, 16] за счет эффекта гетерозиса. Результаты исследования живой массы молодняка представлены в таблице 1.

Из данных таблицы 1 видно, что животные II и III групп (независимо от пола) при рождении имели живую массу достоверно выше, чем сверстники I группы. В последующие исследуемые периоды достоверные различия между животными I и II групп в пользу II группы установлены у бычков в возрасте 3, 12 и 15 месяцев, у телочек в 6, 9 и 12 месяцев.

Бычки и телочки III группы с 3-месячного возраста и в последующие периоды достоверно уступал по живой массе сверстникам I группы.

Различия по живой массе обусловлены неодинаковой интенсивностью роста молодняка.

Динамика среднесуточных приростов у чистопородных и помесных бычков и телочек отражена на рисунках 1 и 2.

Таблица 1 – Живая масса чистопородного и помесного молодняка герефордской породы, кг ($\bar{X} \pm S\bar{x}$, $n = 10$)

Возраст, мес.	Бычки			Телочки		
	Группа			Группа		
	I	II	III	I	II	III
Новорожденные	24,2±0,44	34,1±0,89***	33,5±1,45***	22,3±0,80	24,4±0,49*	23,8±0,57
3	105,4±0,58	110,1±0,77***	106,2±1,44	98,1±3,08	102,3±1,25	93,7±2,48
6	188,3±1,17	190,7±0,41	180,0±2,3*	175,0±0,68	181,1±0,55***	164,8±1,29***
9	269,3±1,69	271,07±1,07	254,9±2,29***	249,2±1,16	256,1±1,19**	239,7±1,25***
12	362,9±2,5	372,5±2,94*	336,5±3,31***	328,8±1,61	338,3±1,72**	318,1±2,22**
15	451,1±1,87	462,0±3,54*	409,5±2,28***	393,5±4,06	403,7±2,47	381,8±2,59*

Примечание: здесь и далее * – $P \leq 0,05$, ** – $P \leq 0,01$, *** – $P \leq 0,001$.



На рисунке 1 видно, что бычки I группы в подсосный период имели среднесуточные приросты достоверно выше, чем помесные сверстники II и III групп. В последующие исследуемые периоды энергия роста была выше у бычков II группы, а сверстники III группы достоверно уступали бычкам I и II группе по данному показателю.

У телочек II группы (рис. 2) энергия роста была выше, чем у сверстниц, во все исследуемые периоды. Самые низкие среднесуточные приросты показали телочки III группы.

В целом же максимальные приросты были отмечены в период от 6-ти до 12-ти мес. и составили: у бычков – 1009,61 г, у телочек – 873,44 г.

Таким образом, в одинаковых условиях кормления и содержания помесные животные I поколения разного пола (II группа) выше проявили свой генетический потенциал по живой массе.

Помеси II поколения утратили эффект гетерозиса и показали более низкие результаты по сравнению не только с чистопородными сверстниками, но и с помесами I поколения.

Белки крови играют большую роль в формировании физиологического состояния животных и их племенных качеств [17]. Кроме того, они отражают состояние обменных процессов в организме. По характеру изменений общего белка и его фракций можно косвенно судить о естественной резистентности к неблагоприятным факторам внешней среды [18], так как нарушения в обмене веществ снижают уровень общей неспецифической резистентности [19].

Динамика общего белка и его фракций представлена в таблице 2.

Из данных таблицы видно, что концентрация общего белка у животных всех групп, независимо от пола, с возрастом повышалась за счет увеличения количества альбуминов, и зависела

от генотипа животных. Самая низкая концентрация общего белка была отмечена у бычков и телочек III группы. Во II группе данный показатель был выше, чем у сверстников I группы. Это явление связано с тем, что животные I и II групп несколько интенсивнее росли, а следовательно, уровень обменных процессов у них был выше [20].

Проведенные нами исследования показали, что количество альбуминов с возрастом увеличивалось, что прослеживалось и при изучении динамики живой массы животных.

Концентрация глобулиновой фракции в сыворотке крови животных всех групп была довольно высокой, это свидетельствует о наличии у животных высокой естественной резистентности [21]. Изменения в концентрации глобулинов обусловлены особенностями роста и генотипом животных.

Необходимо отметить, что содержание общего белка и его фракций в крови животных были в пределах физиологической нормы.

При оценке защитных сил организма как в возрастном, так и в генотипическом аспекте большое значение имеет исследование клеточного звена реактивности организма (механизм действия которых направлен на подавление чужеродного влияния). Динамика фагоцитарной активности лейкоцитов бычков и телочек представлена на рисунках 3 и 4.

Из рисунка 3 видно, что динамика фагоцитарной активности лейкоцитов молодняка с возрастом повышалась во всех группах. В новорожденном возрасте была выше у бычков II и III групп. В период с 6-ти до 15-ти месяцев показатель был выше у бычков I группы, однако бычки II группы превосходили сверстников III группы по данному показателю.

У телочек III группы (рис. 4) была установлена достоверно низкая фагоцитарная актив-

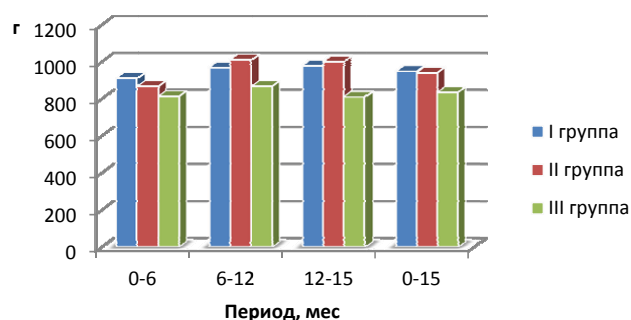


Рис. 1. Динамика среднесуточных приростов чистопородных и помесных бычков герефордской породы, г ($n = 10$)

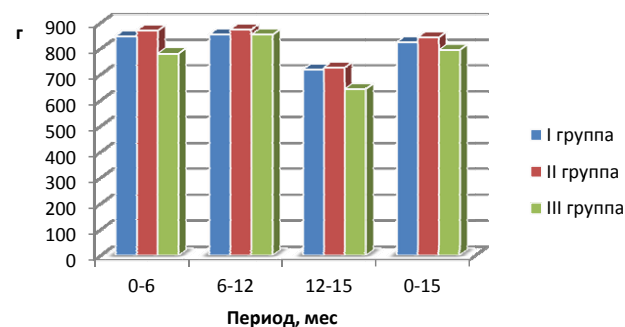


Рис. 2. Динамика среднесуточных приростов чистопородных и помесных телочек герефордской породы, г ($n = 10$)

ность лейкоцитов. У животных второй группы данный показатель не имел достоверных различий со сверстниками I группы.

Фагоцитарный индекс с возрастом изменялся во всех группах. Достоверно низкие значения установлены у животных III группы [22].

Таким образом, представленные выше показатели свидетельствуют о том, что животные I и II групп обладали более высокой естественной резистентностью, по сравнению со сверстниками III группы.

Для выявления доли генотипической изменчивости признака в общей изменчивости

были рассчитаны коэффициенты наследуемости. Данные представлены в таблице 4.

В период отъема бычков генотип коров-матерей I и II групп оказал наибольшее влияние на величину показателей общего белка и его фракций. У телочек наибольшее влияние на показатели белковых фракций оказал генотип коров-матерей I группы. Необходимо отметить, что на изменчивость данного показателя в большей степени оказывают влияние генотипические факторы [23].

Расчеты доли влияния матерей на изучаемые показатели потомства представлены в таблице 4.

Таблица 2 – Динамика общего белка и его фракций у чистопородного и помесного молодняка герефордской породы ($\bar{X} \pm S\bar{x}$, $n = 10$)

Возраст, мес.	Бычки			Телочки		
	Группа					
	I	II	III	I	II	III
	Общий белок, г/л					
После рождения	69,26±0,32	72,34±0,34***	71,20±0,42**	69,15±0,48	70,89±0,27*	68,04±0,43
6	76,70±0,37	75,73±0,52	73,20±0,41**	72,04±0,44	73,64±0,22***	71,38±0,36
15	78,22±0,27	80,69±1,25	73,4±0,41***	73,13±0,48	74,98±0,32**	71,32±0,35*
	Альбумины					
После рождения	47,88±0,49	47,28±0,35	46,80±0,83	44,56±1,27	44,66±0,40	44,17±0,59
6	48,66±0,55	48,24±0,32	46,28±0,55*	44,79±1,20	45,38±0,32	44,58±1,42
15	48,78±0,43	48,47±0,22	47,56±1,24	45,23±1,06	46,21±0,36	44,60±1,08
	α-глобулины					
После рождения	13,11±0,60	14,89±0,35*	14,56±0,58	16,72±0,68	15,58±0,30	16,14±0,52
6	12,92±0,27	13,92±0,27	14,88±0,42**	14,49±0,52	14,18±0,28	15,06±0,60
15	12,51±0,41	12,92±0,27	13,28±0,68	13,09±0,40	13,41±0,27	13,94±0,47
	β-глобулины					
После рождения	16,01±0,76	15,22±0,44	15,14±0,32	14,63±0,65	15,20±0,32	15,36±0,40
6	14,45±0,43	13,68±0,34	15,19±0,28	15,25±0,41	14,45±0,26	15,75±0,63
15	12,13±0,52	11,27±0,31	13,48±0,48	14,83±0,54	13,45±0,28	15,35±0,33
	γ-глобулины					
После рождения	22,99±0,97	22,61±0,75	23,49±1,03	24,08±1,22	24,54±0,55	24,33±1,16
6	23,97±0,68	24,16±0,43	23,65±0,89	25,46±1,78	25,99±0,52	24,61±1,62
15	26,58±0,28	27,34±0,60	25,68±1,47	26,87±0,99	26,93±0,49	26,13±1,13

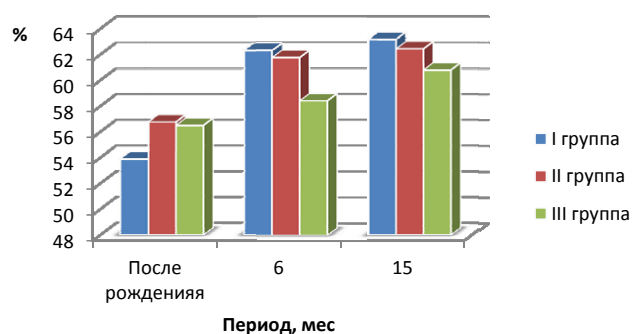


Рис. 3. Фагоцитарная активность лейкоцитов у бычков герефордской породы разных генотипов, $n = 10$

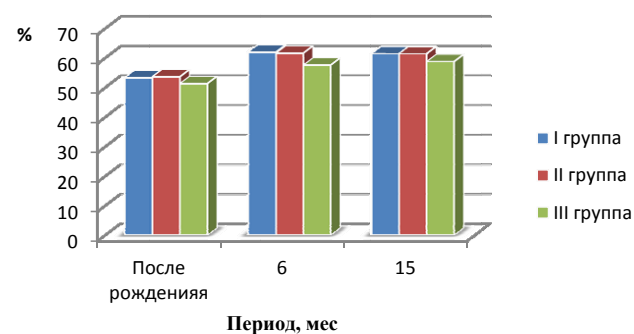


Рис. 4. Фагоцитарная активность лейкоцитов у телочек герефордской породы разных генотипов, $n = 10$



Таблица 3 – Влияние генотипа коров-матерей на величину показателей естественной резистентности потомков ($n = 10$)

Показатель	Бычки						Телочки					
	I		II		III		I		II		III	
	Период, мес.											
	1	6	1	6	1	6	1	6	1	6	1	6
Общий белок	0,62	0,60	0,14	0,40	0,28	0,68	0,36	0,40	0,34	0,42	0,12	0,32
AI	0,30	0,66	0,10	0,18	0,62	0,62	0,44	0,62	0,18	0,20	0,18	0,20
α - Gb	0,22	0,44	0,18	0,10	0,62	0,62	0,44	0,64	0,20	0,28	0,18	0,20
β - Gb	0,70	0,44	0,44	0,66	0,64	0,72	0,60	0,54	0,24	0,56	0,62	0,56
γ - Gb	0,22	0,78	0,48	0,44	0,24	0,28	0,62	0,42	0,26	0,28	0,24	0,34
ФА	0,38	0,46	0,23	0,23	0,48	0,66	0,32	0,74	0,54	0,28	0,46	0,64
ФИ	0,24	0,34	0,44	0,46	0,16	0,20	0,28	0,44	0,62	0,68	0,34	0,52

Таблица 4 – Доля влияния показателей естественной резистентности матерей на аналогичные показатели потомства

Показатель	Бычки						Телочки					
	I		II		III		I		II		III	
	r_w	$F_{\text{факт}}$	r_w	$F_{\text{факт}}$	r_w	$F_{\text{факт}}$	r_w	$F_{\text{факт}}$	r_w	$F_{\text{факт}}$	r_w	$F_{\text{факт}}$
Общий белок	96,41	48,75	38,70	13,64	69,03	44,08	96,61	51,52	42,98	15,37	93,47	25,98
AI	62,64	31,54	78,90	69,00	2,19	22,04	97,70	2,10	12,48	43,62	9,59	2,6
α - Gb	18,03	57,47	69,97	53,50	2,97	23,48	12,00	17,62	42,88	15,30	6,67	6,73
β - Gb	35,63	11,65	18,36	58,59	8,53	3,85	37,01	12,38	51,57	20,8	64,02	33,79
γ - Gb	75,63	57,80	26,15	81,81	52,91	22,08	78,64	37,78	39,58	7,56	14,82	49,32
ФА	51,27	21,11	88,40	13,82	11,10	1,02	80,35	75,32	60,55	29,40	7,24	5,84
ФИ	15,57	51,17	88,23	13,49	48,19	18,59	2,87	23,32	91,75	20,10	10,86	1,90

Из таблицы 4 видно, что доля влияния коров-матерей I и II группы на показатели естественной резистентности потомков была выше, чем в III группе.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие **выводы**:

1. За счет эффекта гетерозиса помесные бычки и телочки I поколения имели наиболее достоверно высокие показатели по живой массе и среднесуточным приростам, по сравнению с чистопородными сверстниками и помесами II поколения.

2. Динамика концентрации общего белка и его фракций зависела от возраста, генотипа животных, а высокие показатели у помесного молодняка I поколения свидетельствовали о высоком уровне белкового обмена, высокой активности глобулиновых фракций и, как следствие, высокой естественной резистентности организма.

3. Наиболее высокие клеточные показатели, определяющие естественную резистентность, были отмечены у чистопородного молодняка и у помесей I поколения.

4. Генотип коров-матерей оказал большое влияние на изучаемые показатели общего белка и его фракций у потомства. Наибольшая доля

влияния была установлена у чистопородных животных и у помесей I поколения.

Таким образом, полученные результаты исследований показали, что использование помесного молодняка первого поколения (50% доли крови герефордской породы, 50% доли крови черно-пестрой породы) для производства говядины в товарном стаде более оправдано как имеющего высокие показатели живой массы и разные периоды выращивания и естественной резистентности.

Список литературы

1. Промышленное скрещивание как способ повышения мясной продуктивности крупного рогатого скота в регионе Нижнего Поволжья / О. Б. Гелунова, Л. Ф. Григорян, А. А. Кайдулина, В. И. Храмова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2011. № 8 (82). С. 62–67.
2. Гудыменко В. В. Эффективность промышленного скрещивания при производстве говядины // Известия Оренбургского аграрного университета. 2014. № 2. С. 119–121.
3. Жданова А. Лучшие убойные качества – у помесей // Животноводство России. 2011. № 6. С. 48–50.

4. Косилов В. И., Крылов В. Н., Андриенко Д. А. Эффективность использования промышленного скрещивания в мясном скотоводстве // Известия Оренбургского аграрного университета. 2013. № 1 (39). С. 87–91.
5. Мухамедянов М. М. Важные факторы увеличения производства высококачественной говядины // Зоотехния. 2013. № 9. С. 23–24.
6. Кибкало Л., Гончарова Н. Симментальский и черно-пестрый скот – резерв увеличения говядины // Молочное и мясное скотоводство. 2010. № 1. С. 12–14.
7. Желтиков А., Григорьева Е. Продуктивность коров разных линий // Животноводство России. 2012. № 5. С. 51–52.
8. Шеннон Д. Генетика «Иммьюнити +»: противостояние заболеваниям // Животноводство России. 2014. № 5. С. 38–39.
9. Косилов В. И., Жуков А. П., Жаймышева С. С. Эффективность скрещивания казахского белоголового и симментальского скота на Южном Урале // АПК России. 2016. Т. 23. № 3. С. 652–656.
10. Показатели неспецифического гуморального иммунитета бычков / М. Д. Кадышева, В. Г. Литовченко, Л. З. Мазуровский, С. Д. Тюлебаев // Материалы межрег. науч.-практ. конф. ученых и специалистов «Пути увеличения производства и повышения качества сельскохозяйственной продукции». Оренбург, 2002. С. 46–47.
11. Тарасов М. В., Литовченко В. Г. Гематологические показатели и естественная резистентность крови у бычков разных пород // Вестник мясного скотоводства. 2013. № 3 (81). С. 24–28.
12. Вильвер М. С., Фомина Н. В. Естественная резистентность коров-матерей и их дочерей в стаде ООО «Деметра» Челябинской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 1 (45). С. 96–97.
13. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики : справочник / под ред. И. П. Кондрахина. М. : КолосС, 2004. 520 с.
14. Азаубаева Г. С. Картина крови у животных и птицы. Курган : Зауралье, 2004. 168 с.
15. Кобцев М. Ф. Некоторые аспекты промышленного скрещивания в скотоводстве // Инновации и продовольственная безопасность. 2014. № 4 (6). С. 63–72.
16. Прохоров И., Калмыкова О., Губина А. Технологии выращивания бычков на мясо // Животноводство России. 2011. № 10. С. 57–58.
17. Балтабекова А. Ж., Дерхо М. А. Тиреоидный профиль быков-производителей казахской белоголовой породы в зависимости от возраста // АПК России. 2016. Т. 23. № 3. С. 646–651.
18. Бежиняр Т. И., Пунина Н. С. Общие показатели естественной резистентности крупного рогатого скота // Молодежь и наука. 2014. № 4. С. 2–24.
19. Самохин В.Т. Проблемы повышения резистентности организма животных // Сборник науч. трудов. Воронеж : ВНИИ незаразных болезней животных, 1983. С. 3–9.
20. Левицкая Т. Т. Сравнительная характеристика белкового фактора естественной резистентности молодняка герефордской породы крупного рогатого скота разных генотипов // Вестник АПК Верхневолжья. 2014. № 2 (26). С. 48–51.
21. Состояние обменных процессов и факторов естественной резистентности у коров, больных некробактериозом / А. А. Евглевский, В. Ю. Тарасов, Е. П. Евглевская, Г. А. Манукян // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. № 2. Т. 2. С. 71–72.
22. Левицкая Т. Т. Характеристика клеточных факторов защиты организма молодняка герефордской породы // Аграрный вестник Урала. 2009. № 2 (56). С. 70–72.
23. Левицкая Т. Т., Фомина Н. В. Наследуемость показателей естественной резистентности у телочек герефордской породы от чистопородных и поместных коров-матерей // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 5 (55). С. 144–145.

Левицкая Татьяна Тимофеевна, ассистент кафедры незаразных болезней, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: tatyana-levitskaya@mail.ru.

Фомина Наталья Васильевна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры генетики и разведения животных, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: vip.nataly.f@mail.ru.

* * *

ВЛИЯНИЕ ПРОБИОТИЧЕСКОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ БИОДАРИН НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ТЕЛОК СИММЕНТАЛЬСКОЙ ПОРОДЫ

**В. Г. Литовченко, С. С. Жаймышева, В. И. Косилов,
Д. С. Вильвер, Б. С. Нуржанов**

В статье приводятся результаты изучения особенностей потребления кормов, сухого вещества, сырого и переваримого протеина, обменной энергии, а также показатели живой массы, абсолютного и среднесуточного прироста, относительной скорости роста, коэффициента увеличения живой массы с возрастом, показатели линейного роста телок симментальской породы при использовании белково-витаминно-минеральной добавки Биодарин. При этом телки II и III опытных групп превосходили сверстниц I (контрольной) группы по потреблению сена за период выращивания на 244 кг (4,4%) и 41 кг (7,6%), сенажа – на 32 кг (3,8%) и 58 кг (6,8%), силоса кукурузного – на 31 кг (1,7%) и 87 кг (4,8%), зеленой массы – на 41 кг (1,8%) и 68 кг (3,1%) при равном потреблении молочного и концентрированного корма. Неодинаковое потребление кормов телками разных подопытных групп обусловило межгрупповые различия по потреблению питательных веществ и энергии. При этом телки I (контрольной) группы уступали аналогам II и III опытных групп по потреблению сухого вещества соответственно на 12,94 кг (0,5%) и 41,79 кг (1,6%), кормовых единиц – на 19,9 кг (0,8%) и 46,4 кг (2,0%), ЭКЕ – на 14,9 (0,6%) и 30,8 (1,2%), обменной энергии – на 148,8 МДж и 308,0 МДж, переваримого протеина – на 6,59 кг (1,7%) и 9,31 кг (2,4%). При этом 1 корм. ед. содержала 101,2–101,8 г переваримого протеина, а концентрация обменной энергии в 1 кг сухого вещества находилась в пределах 9,90–9,96 МДж. Достаточно отметить, что телки II и III опытных групп превосходили сверстниц I (контрольной) группы по живой массе в годовалом возрасте соответственно на 3,3 кг (1,1%, $P < 0,05$) и 6,2 кг (2,0%, $P < 0,05$), в 15 мес. – на 4,6 кг (1,3%, $P < 0,05$) и 8,8 кг (2,4%, $P < 0,05$), в 18 мес. – на 6,1 кг (1,4%, $P < 0,05$) и 11,3 кг (2,7%, $P < 0,01$). Установлено, что наибольший эффект наблюдался при использовании кормовой добавки Биодарин в дозе 7,0 г на 1 кг корма. Вследствие этого телки III опытной группы превосходили сверстниц II опытной группы по живой массе во все возрастные периоды. В 6-месячном возрасте это превосходство составляло 1,3 кг (0,7%, $P > 0,05$), в 12 мес. – 2,9 кг (0,9%, $P < 0,05$), в 15 мес. – 4,2 кг (1,1%, $P < 0,05$), в 18 мес. – 5,2 кг (1,2%, $P < 0,05$).

Ключевые слова: скотоводство, симментальская порода, телки, пробиотическая добавка Биодарин, корма, питательные вещества, энергия, потребление кормов, рост и развитие.

Увеличение производства высококачественного мяса-говядины, являющейся одним из основных источников полноценного белка является важной народнохозяйственной задачей [1–10]. Поэтому основным направлением решения этой задачи является разработка и широкое внедрение научно обоснованных методов интенсификации скотоводства. При этом необходимо принять меры по повышению продуктивных качеств скота, расширению масштабов использования высокопродуктивных пород, совершенствованию систем кормления и содержания животных при выращивании и откорме. В то же время необходимо заниматься генети-

ческим совершенствованием отечественных пород скота, использовать эффективные формы организации и технологии производства мяса – говядины.

Известно, что продуктивные качества молодняка крупного рогатого скота формируются при сложном взаимодействии генотипических и паратипических факторов. При этом важнейшими паратипическими факторами или факторами внешней среды, оказывающими доминирующее влияние на степень реализации генетического потенциала мясной продуктивности, являются условия содержания и кормления [11–15].

Введение в рацион кормления животных кормовых добавок позволит сбалансировать их по биологическим активным веществам, витаминам, минералам, а также повысить продуктивность животных вследствие активизации обменных процессов в организме. Применение пробиотических кормовых добавок при выращивании молодняка крупного рогатого скота на мясо способствует развитию полезной микрофлоры в желудочно-кишечном тракте, которая подавляет жизнедеятельность патогенных микроорганизмов, поступающих из внешней среды [16–20].

Материал и методы

Для проведения исследований по принципу аналогов были сформированы 3 группы 3-месячных телок симментальской породы по 15 голов в каждой.

Телки *I* (контрольной) группы получали основной рацион, состоящий из кормов собственного производства. Молодняку *II* (опытной) группы дополнительно скармливали комплексную кормовую добавку Биодарин в дозе 3,5 г на 1 кг концентрированного корма, животным *III* (опытной) группы – 7,0 г на 1 кг концентрированного корма. Потребление кормов и питательных веществ определяли путем учета их поедаемости ежемесячно. Весовой рост устанавливали при ежемесячном взвешивании молодняка, линейный – путем взятия основных промеров тела и вычисления индексов телосложения.

Биодарин стимулирует процессы пищеварения, обмена веществ, стимулирует функциональные резервы организма, способствует формированию стойкого иммунитета и в конечном итоге повышает интенсивность роста.

Результаты исследования

Полученные данные и их анализ свидетельствует, что использование в кормлении телок *II* и *III* опытных групп комплексной кормовой добавки Биодарин оказало положительное влияние на потребление всех видов кормов рациона, кроме лимитированных молочного корма и концентратов (табл. 1).

При этом телки *II* и *III* опытных групп превосходили сверстниц *I* (контрольной) группы по потреблению сена за период выращивания на 244 кг (4,4%) и 41 кг (7,6%), сенажа – на 32 кг (3,8%) и 58 кг (6,8%), силоса кукурузного – на 31 кг (1,7%) и 87 кг (4,8%), зеленой массы – на 41 кг (1,8%) и 68 кг (3,1%) при равном потреблением молочного и концентрированного корма.

Неодинаковое потребление кормов телками разных подопытных групп обусловило межгрупповые различия по потреблению питательных веществ и энергии. При этом телки *I* (контрольной) группы уступали аналогам *II* и *III* опытных групп по потреблению сухого вещества соответственно на 12,94 кг (0,5%) и 41,79 кг (1,6%), кормовых единиц – на 19,9 кг (0,8%) и 46,4 кг (2,0%), ЭКЕ – на 14,9 (0,6%)

Таблица 1 – Потребление кормов, питательных веществ и энергии подопытными телками за период выращивания от 3 до 18 мес. (в расчете на 1 животное), кг

Показатель	Группа		
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>
Молочный корм	500	500	500
Сено	540	564	581
Сенаж	850	882	908
Силос кукурузный	1801	1832	1888
Зеленая масса	2220	2261	2288
Концентраты	720	720	720
В кормах содержится: сухого вещества	2644,29	2657,23	2686,08
кормовых единиц	2382,4	2402,3	2428,8
ЭКЕ	2628,4	2643,3	2659,2
обменной энергии, МДж	26284,2	26433,0	26592,2
переваримого протеина	240,62	243,59	247,25
сырого протеина	392,81	399,40	402,12
Приходится переваримого протеина на 1 к.ед., г	101,2	101,4	101,8
Концентрация обменной энергии в 1 кг сухого вещества (КОЭ), МДж	9,94	9,96	9,90



и 30,8 (1,2%), обменной энергии – на 148,8 МДж и 308,0 МДж, переваримого протеина – на 6,59 кг (1,7%) и 9,31 кг (2,4%). При этом 1 корм. ед. содержала 101,2–101,8 г переваримого протеина, а концентрация обменной энергии в 1 кг сухого вещества находилась в пределах 9,90–9,96 МДж.

Характерно, что лидирующее положение по потреблению всех видов кормов, питательных веществ и энергии занимали телки III опытной группы, в рацион которых вводилась апробируемая добавка в дозе 7,0 г на 1 кг концентрированного корма. Достаточно, отметить, что телки II опытной группы уступали сверстницам III опытной группы по потреблению сена за весь период выращивания на 17 кг (3,0%), сенажа – на 26 кг (2,9%), силоса кукурузного – на 56 кг (3,1%), зеленой массы – на 27 кг (1,2%), сухого вещества – на 28,8 кг (1,1%), ЭКЕ – на 15,9 (0,6%), обменной энергии на 159,2 МДж, переваримого протеина – на 3,66 кг (1,5%), сырого протеина – на 2,72 кг (0,7%). При этом концентрированные корма занимали в структуре рациона кормления телок 29, 64–30,22%.

Полученные данные и их анализ свидетельствуют о положительном влиянии кормовой добавки Биодарин на этот признак (табл. 2).

Так, если при постановке на опыт в 3-месячном возрасте межгрупповых различий по живой массе не наблюдалась, то по окончании молочного периода в 6 мес. телочки I (контрольной) группы уступали сверстницам II и III опытных групп по массе тела на 1,5 кг (0,8%) и 2,8 кг (1,6%, $P < 0,05$) соответственно.

Характерно, что ранг распределения молодняка подопытных групп по величине живой массы, установленный в 6-месячном возрасте, наблюдался и в более поздние возрастные периоды с большей разницей в пользу телок опытных групп. Достаточно отметить, что телки II и III опытных групп превосходили сверстниц I (контрольной) группы по живой массе в годо-

валом возрасте соответственно на 3,3 кг (1,1%, $P < 0,05$) и 6,2 кг (2,0%, $P < 0,05$), в 15 мес. – на 4,6 кг (1,3%, $P < 0,05$) и 8,8 кг (2,4%, $P < 0,05$), в 18 мес. – на 6,1 кг (1,4%, $P < 0,05$) и 11,3 кг (2,7%, $P < 0,01$).

Установлено, что наибольший эффект наблюдался при использовании кормовой добавки Биодарин в дозе 7,0 г на 1 кг корма. Вследствие этого телки III опытной группы превосходили сверстниц II опытной группы по живой массе во все возрастные периоды. В 6-месячном возрасте это превосходство составляло 1,3 кг (0,7%, $P > 0,05$), в 12 мес. – 2,9 кг (0,9%, $P < 0,05$), в 15 мес. – 4,2 кг (1,1%, $P < 0,05$), в 18 мес. – 5,2 кг (1,2%, $P < 0,05$).

Межгрупповые различия по величине живой массы обусловлены неодинаковым уровнем абсолютного прироста массы тела в отдельные возрастные периоды. Установлено положительное влияние скормливания телками опытных групп комплексной кормовой добавки Биодарин на этот признак. В этой связи молодняк I (контрольной) группы уступал им по величине абсолютного (валового) прироста живой массы на протяжении всего периода выращивания (табл. 3).

Достаточно отметить, что телки II и III опытных групп превосходили сверстниц I (контрольной) группы по величине анализируемого показателя в возрастной период 3–6 мес. соответственно на 1,3 кг (2,0%) и 2,3 кг (3,5%, $P < 0,05$), с 6 до 12 мес. – на 1,8 кг (1,4%) и 3,4 кг (2,6%, $P < 0,05$), с 12 до 15 мес. – на 1,3 кг (2,3%) и 2,6 кг (4,5%, $P < 0,05$), с 15 до 18 мес. – на 1,5 кг (2,7%) и 2,5 кг (4,5%, $P < 0,05$), а за весь период выращивания с 3 до 18 мес. – на 5,9 кг (1,9%, $P < 0,05$) и 11,2 кг (3,6%, $P < 0,01$).

Полученные данные и их анализ свидетельствуют, что лидирующее положение по абсолютному приросту живой массы занимали телки III опытной группы. Молодняк II опытной

Таблица 2 – Динамика живой массы подопытных телок

Возраст, мес.	<i>I</i>		<i>II</i>		<i>III</i>	
	показатель					
	$x \pm Sx$	Cv	$x \pm Sx$	Cv	$x \pm Sx$	Cv
3	112,9±1,68	3,44	113,1±1,72	4,92	113,0±1,71	3,94
6	175,1±2,44	3,12	180,6±2,21	2,68	181,9±2,40	3,41
12	308,9±2,92	4,10	311,3±3,10	3,94	314,2±3,12	4,10
15	365,4±4,92	5,41	370,0±4,43	4,91	374,2±4,71	4,18
18	420,7±6,94	5,88	426,8±6,17	5,43	432,0±5,92	4,94

группы уступал им по величине анализируемого показателя в возрастной период с 3 до 6 мес. на 1,0 кг (1,5%), с 6 до 12 мес. – на 1,6 кг (1,2%), с 12 до 15 мес. – на 1,3 кг (2,2%), с 15 до 18 мес. – на 1,0 кг (1,8%), а за весь период выращивания с 3 до 18 мес. – на 5,3 кг (1,7%, $P < 0,01$). При оценке интенсивности роста молодняка достаточно информативным показателем является среднесуточный прирост живой массы.

Полученные данные этого показателя свидетельствуют о межгрупповых различиях по среднесуточному приросту живой массы. При этом отмечалось положительное влияние использования белково-витаминно-минеральной пробиотической добавки Биодарин на интенсивность роста, вследствие чего телки II и III опытных групп превосходили по среднесуточному приросту живой массы (табл. 4).

Так, телки I контрольной группы уступали сверстникам II и III опытных групп по изуча-

емому показателю в возрастной период с 3 до 6 мес. на 15 г (2,0%, $P < 0,05$) и 26 г (3,5%, $P < 0,05$), с 6 до 12 мес. – 10 г (1,4%, $P < 0,05$) и 15 г (2,1%), с 12 до 15 мес. – на 14 г (2,2%, $P < 0,05$) и 29 г (4,5%, $P < 0,05$), с 15 до 18 мес. – на 17 г (2,8%, $P < 0,01$), а за весь период выращивания с 3 до 18 мес. – на 13 г (1,9%, $P < 0,05$) и 25 г (3,6%, $P < 0,01$).

Характерно, что использование апробируемой добавки в дозе 7,0 г на 1 кг концентрированного корма оказало более существенное влияние на интенсивность роста, вследствие чего телки III опытной группы занимали лидирующее положение по среднесуточному приросту живой массы. Достаточно отметить, что телки III опытной группы уступали молодняку III опытной группы по величине анализируемого показателя в возрастной период с 3 до 6 мес. на 11 г (1,5%, $P < 0,05$), с 6 до 12 мес. – на 9 г (1,2%, $P > 0,05$), с 12 до 15 мес. – на 15 г (2,3%, $P < 0,05$), с 15 до 18 мес. – на 11 г (1,7%,

Таблица 3 – Абсолютный прирост живой массы подопытных телок, кг

Возрастной период, мес.	Группа					
	I		II		III	
	$X \pm Sx$	Cv	$X \pm Sx$	Cv	$X \pm Sx$	Cv
3–6	66,2±2,14	5,18	67,5±2,21	4,10	68,5±2,18	3,21
6–12	128,9±3,43	5,24	130,7±3,52	4,19	132,3±3,41	3,99
12–15	57,4±1,49	2,41	58,7±1,58	2,62	60,0±1,62	3,21
15–18	55,3±2,28	3,56	56,8±2,35	3,58	57,8±2,69	3,28
3–18	307,8±5,66	6,12	313,7±3,21	3,21	319,0±1,48	2,89

Таблица 4 – Среднесуточный прирост живой массы подопытных телок, кг

Возрастной период, мес.	Группа					
	<i>I</i>		<i>II</i>		<i>III</i>	
	Показатель					
	$X \pm Sx$	Cv	$X \pm Sx$	Cv	$X \pm Sx$	Cv
3–6	735±6,12	5,92	750±7,14	6,10	761±4,92	3,12
6–12	716±5,24	6,22	726±4,94	5,40	735±5,19	4,94
12–15	638±6,29	5,28	652±7,11	7,21	667±4,94	5,48
15–18	614±5,32	4,94	631±6,24	5,18	642±5,95	4,92
3–18	684±6,82	5,19	697±6,77	6,21	709±8,10	6,71

Таблица 5 – Относительная скорость роста и коэффициент увеличения живой массы бычков с возрастом

Группа	Показатель								
	относительная скорость роста, %					коэффициент увеличения живой массы			
	3–6	6–12	12–15	15–18	3–18	6	12	15	18
I	45,34	52,92	17,05	14,07	115,37	1,59	2,73	3,24	3,73
II	45,96	53,14	17,23	14,26	116,21	1,60	2,75	3,27	3,77
III	47,01	53,34	17,43	14,34	117,06	1,61	2,78	3,31	3,82



$P < 0,05$), а за весь период выращивания с 3 до 18 мес. – на 12 г (1,7%, $P < 0,05$).

При оценке особенностей роста и интенсивности развития используется такой показатель, как относительная скорость роста. Этот показатель во многом характеризует напряженность роста молодняка крупного рогатого скота в отдельные возрастные периоды.

Полученные экспериментальные материалы свидетельствуют о положительном влиянии включения в рацион кормления телок комовой добавки Биодарин на относительную скорость роста. Вследствие этого телки опытных групп превосходили сверстниц контрольной группы по величине изучаемого показателя (табл. 5).

Так, телки I (контрольной) группы уступали молодняку II и III опытных групп по относительной скорости роста в возрастной период с 3 до 6 мес. соответственно на 0,62% и 1,67%, с 6 до 12 мес. – на 0,22% и 0,42%, с 12 до 15 мес. – на 0,18% и 0,27%, с 15 до 18 мес. – на 0,19% и 0,27%, а за весь период выращивания с 3 до 18 мес. – на 0,84% и 1,69%.

В свою очередь телки III опытной группы превосходили сверстниц II опытной группы по величине анализируемого показателя в соответствующие возрастные периоды на 1,05%, 0,20%, 0,20%, 0,08% и 0,85%.

Полученные данные и их анализ свидетельствуют, что ранг распределения телок подопытных групп по относительной скорости отмечался и по коэффициенту увеличения живой массы с возрастом.

Выводы

В целом при выращивании телок всех подопытных групп было организовано сбалансированное, полноценное кормление, способствующее интенсивному их росту и развитию на всех этапах постнатального периода онтогенеза.

Телки всех групп отличались высоким уровнем продуктивных качеств. При этом введение в рацион кормления молодняка комплексной пробиотической кормовой добавки Биодарин оказало положительное влияние на рост и развитие телок подопытных групп. Наибольший эффект отмечался при введении в рацион апробируемой добавки в дозе 7,0 г на 1 кг концентрированного корма.

Рекомендации

Результаты научнохозяйственного опыта свидетельствуют об эффективности использования в кормлении телок симментальской породы

пробиотической кормовой добавки Биодарин. В этой связи для повышения интенсивности роста и достижения высокого уровня живой массы телками этого генотипа целесообразно включать в рацион кормления испытуемого добавки в дозе 7,0 г на 1 кг концентрированного корма.

Список литературы

1. Вильвер Д. С., Фомина А. А. Влияние энергетической кормовой добавки на изменчивость показателей молочной продуктивности коров черно-пестрой породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 1 (63). С. 140–142.
2. Литовченко В. Г. Гематологические показатели симментальских бычков разных генотипов в условиях Южного Урала. 2013. № 2 (108). С. 18–21.
3. Потребление и использование питательных веществ рационов бычками симментальской породы при включении в рацион пробиотической добавки Биогумитель 2Г / В. И. Косилов [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 1 (63). С. 204–206.
4. Вильвер Д. С., Фомина А. А. Влияние энергетической кормовой добавки на гематологические показатели коров черно-пестрой породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 2 (64). С. 100–102.
5. Совершенствование бестужевского и черно-пестрого скота на Южном Урале / А. М. Белосусов, В. И. Косилов, Р. С. Юсупов, Х. Х. Тагиров. Оренбург, 2004. 300 с.
6. Влияние пробиотической кормовой добавки Биогумитель 2Г на рост и развитие бычков симментальской породы / В. И. Косилов, Е. А. Никонова, Д. С. Вильвер, Н. М. Губайдуллин // АПК России. 2017. Т. 24. № 1. С. 197–205.
7. Жаймышева С. С. Биотехнологические аспекты применения пробиотиков // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : матер. Всерос. науч.-метод. конф. (сборник, с международным участием). 2015. С. 920–923.
8. Вильвер М. С. Показатели факторов естественной резистентности телок разного возраста и их повторяемость // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 5 (55). С. 140–143.
9. Косилов В. И., Губашев Н. М., Насамбаев Е. Г. Повышение мясных качеств казахского белоголового скота путем скрещивания

// Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2007. № 1 (13). С. 91–93.

10. Вильвер Д. С. Физико-химические показатели молока коров в зависимости от возраста первого осеменения телок // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2010. Т. 4. № 28–1. С. 110–112.

11. Жаймышева С. С., Нуржанов Б. С. Использование энергии рационов бычками казахской белоголовой породы при скормливании пробиотического препарата на основе сорбента // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2011. № 2 (30). С. 111–113.

12. Properties of morphogenesis of functional groups and particular skeletal muscles in red steppe young stock under southern urals conditions / V. I. Levakhin [et all.] // Russian Agricultural Sciences. 2015. Т. 41. № 6. С. 481–484.

13. Вильвер Д. С. Влияние возраста первого осеменения телок на молочную продуктивность коров черно-пестрой породы разного возраста // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 6 (56). С. 140–142.

14. Жаймышева С. С., Швынденков В. А. Создание на Южном Урале маточных мясных стад на основе помесей симменталов с лимузинами // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2011. № 1 (29). С. 88–91.

15. Литовченко В. Г., Тюлебаев С. Д., Кадышева М. Д. Динамика живой массы и возраст маток разных генотипов в период становления и реализации репродуктивной функции скота // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2010. № 4 (28). С. 110–112.

16. Муратов А. А., Горелик О. В., Вильвер Д. С. эффективность откорма свиней разных генотипов // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2010. № 10. С. 33–36.

17. Косилов В. И. Научные и практические основы увеличения производства говядины при создании помесных стад в мясном скотоводстве : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Оренбург : Оренбургский ГАУ, 1995. 48 с.

18. Вильвер Д. С. Влияние паратипических факторов на биохимический и морфологический состав крови коров черно-пестрой породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 3 (53). С. 137–139.

19. Нуржанов Б. С., Жаймышева С. С. Убойные качества бычков симментальской породы при различной технологии выращивания // Комбикорма. 2008. № 1. С. 150–154.

20. Seltsov V. I., Sermiyagin A. A. Assessment of persistence components of milk from Simmental cows-heifers of different origin // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2014. Т. 36. № 12. С. 3–8.

Литовченко Виктор Григорьевич, д-р с.-х. наук, доцент, доцент кафедры технологии производства и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: tvl_t@mail.ru.

Жаймышева Сауле Серекпаевна, канд. с.-х. наук, доцент, доцент кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет».

E-mail: saule-zhaimysheva@mail.ru.

Косилов Владимир Иванович, д-р с.-х. наук, профессор, профессор кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет».

E-mail: Kosilov_vi@bk.ru.

Вильвер Дмитрий Сергеевич, д-р с.-х. наук, доцент, доцент кафедры генетики и разведения сельскохозяйственных животных, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: dmitriy.vilver@mail.ru.

Нуржанов Баер Серекпаевич, канд. с.-х. наук, научный сотрудник отдела кормления мясного скота, Всероссийский научно-исследовательский институт мясного скотоводства.

E-mail: vniims.or@mail.ru.

* * *

УДК 621.436

ОЦЕНКА ПУСКОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИЗЕЛЕЙ РАЗМЕРНОСТИ 13/14 С ИНДИВИДУАЛЬНЫМИ ГОЛОВКАМИ ЦИЛИНДРОВ

В. Н. Бондарь

Для оценки эффективности мероприятий по улучшению пусковых свойств двигателей типа Ч13/14 и ЧН13/14 были проведены пусковые испытания дизелей Д-442И и Д-461И с индивидуальными головками цилиндров в различных вариантах комплектации в «климатической камере», специализированной для пусковых испытаний дизелей, которая обеспечивала минимальную температуру окружающей среды минус 55 °С и максимальную тепловую мощность, отводимую от объекта испытаний в условиях теплового баланса, 130 кВт. В результате испытаний выявлено, что наличие газотурбинного наддува не сказывается на пусковых качествах двигателей. Было установлено, что применение электрофакельного подогрева впускного воздуха позволяет снизить минимальную температуру пуска дизелей с электростартером на масле М-8Г_{2К} с минус 5 °С до минус 10 °С, на масле М-4з/8В₂ – до минус 20 °С, с пусковым двигателем П-350-1 на масле М-8Г_{2К} до минус 15 °С, на масле М-4з/8В₂ – до минус 25 °С. Применение пускового обогатителя топлива позволяет снизить минимальную температуру пуска дизелей на 5 °С (до минус 10 °С). Применение двухскоростного редуктора облегчает работу пускового двигателя при его подготовке к выходу на полную мощность и сокращает общую продолжительность его работы при пуске дизеля при низких температурах на 5...7 мин. Применение пускового подогревателя обеспечивает пуск дизелей типа Ч413/14 и ЧН13/14 при температуре до минус 40 °С. Результаты исследования были использованы ОАО «ПО Алтайский моторный завод» при модернизации выпускаемой продукции и разработке новых моделей дизельных двигателей.

Ключевые слова: дизель, пуск, минимальная температура пуска, климатическая камера.

Пусковые характеристики дизельных двигателей во многом определяют потребительские свойства объектов их применения. Дизели типа Ч13/14 и ЧН13/14 широко применяются в составе тракторов, комбайнов и других сельскохозяйственных машин. С учетом того, что значительная часть территории Российской Федерации расположена в холодных климатических зонах [1-4 и др.], важнейшей задачей является необходимость обеспечения гарантированного пуска двигателя, без чего функционирование транспортно-технологических машин в сельском хозяйстве в принципе невозможно.

Цель исследования заключалась в экспериментальной оценке пусковых характеристик дизелей типа Ч13/14 и ЧН13/14 с индивидуальными головками цилиндров в различных вариантах комплектации в условиях низких температур окружающего воздуха.

Объекты и метод исследования

Для оценки эффективности различных мероприятий по улучшению пусковых свойств дизелей типа этих двигателей были проведены испытания дизелей Д-442И и Д-461И с индивидуальными головками цилиндров в различных вариантах комплектации. Известно, что улучшение

пусковых качеств дизелей может обеспечиваться различными способами [5–8], частности: применением свечей накаливания [9], использованием систем термостатирования масла [10, 11] или масловпрыска [12, 13], введением в систему газообмена вихревой трубы [14].

Базовые модели дизелей Д-461И оборудуются системами пуска с пусковым двигателем, а модели с турбонаддувом – системами пуска как с пусковым двигателем, так и с электростартером [15]. Дизели с электростартерной системой пуска (ЭССП) также могут быть оборудованы устройствами электрофакельного подогрева впускного воздуха (ЭФП). На этих двигателях отсутствует декомпрессионный механизм, но увеличена на 40 % цикловая подача топлива на пусковых режимах, введен двухступенчатый (двухскоростной) редуктор пускового двигателя.

Проведение пусковых испытаний в условиях окружающей среды крайне неэффективно, так как возможно только зимой при нестабильных температурах воздуха. Проведение испытаний в составе объекта в «климатических» камерах большого объема требует существенных затрат. Поэтому в настоящем исследовании испытания проводились в «климатической» камере, специализированной для пусковых испытаний только дизелей. «Климатическая» камера (габаритные размеры (Д×Ш×В) – 5×5×2,7 м, объем камеры 67,5 м³) обеспечивает минимальную температуру окружающей среды минус 55 °С, максимальная отводимая от объекта испытаний тепловая мощность в условиях теплового баланса – 130 кВт [16]. Объект испытаний помещается на перекаточной стенд и присоеди-

няется к измерительным системам. Методика испытаний – по ГОСТ 18509-88, требования к номинальным пусковым характеристикам – по ГОСТ 20000-88. Топливо – дизельное марки «А» ГОСТ 305.

Результаты исследований

Испытания показали, что наличие газотурбинного наддува не сказывается на пусковых качествах двигателей. Пусковые характеристики дизелей Д-442И и Д-461И с ЭССП приведены на рисунке 1. Сравнение характеристик свидетельствует о более высоких пусковых качествах дизеля Д-461И по сравнению с Д-442И. Дизель Д-461И без применения ЭФП и пускового обогатителя топлива пускается при температуре минус 10 °С, тогда как Д-442И без ЭФП и обогатителя топлива – минус 5 °С. При температуре минус 10 °С дизель Д-442И пускается с применением пускового обогатителя топлива.

С применением ЭФП при температуре минус 20 °С дизель Д-461И пускается при частоте вращения коленчатого вала около 100 мин⁻¹, а дизель Д-442И – при частоте 135 мин⁻¹. Минимальная температура пуска дизелей Д-442И и Д-461И без применения ЭФП составляет минус 10 °С, а с применением ЭФП – минус 15 °С для дизеля Д-442И и минус 20 °С для дизеля Д-461И. Пуск дизеля Д-442И при температуре минус 20 °С обеспечивается при использовании для питания стартера 321.3708 полностью заряженных аккумуляторных батарей.

Анализируя характеристики прокручивания коленчатого вала дизелей, приведенные на рисунке 2, необходимо отметить, что дизель

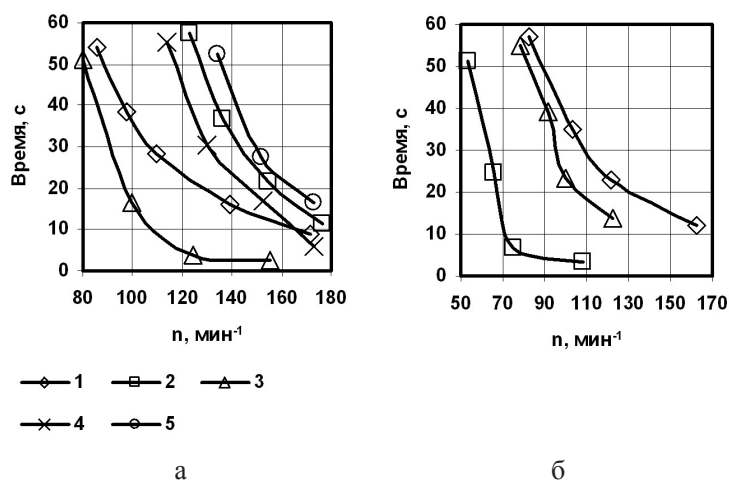


Рис. 1. Пусковые характеристики дизелей: а – Д-442И: 1 – $t_0 = -5$ °С без ЭФП и обогатителя; 2 – $t_0 = -10$ °С без ЭФП с обогатителем; 3 – $t_0 = -10$ °С с ЭФП; 4 – $t_0 = -15$ °С с ЭФП; 5 – $t_0 = -20$ °С с ЭФП; б – Д-461И: 1 – $t_0 = -10$ °С без ЭФП и обогатителя; 2 – $t_0 = -15$ °С с ЭФП; 3 – $t_0 = -20$ °С с ЭФП



Д-461И при температуре минус 20 °С на масле М-4з/8В₂ (10W-20 по классификации SAE) прокручивается с частотой 100...110 мин⁻¹, а дизель Д-442И – с частотой 120 мин⁻¹.

Зависимость момента сопротивления прокручиванию коленчатого вала дизелей от температуры показана на рисунке 3. Момент сопротивления прокручиванию дизеля Д-461И на 12...13 % выше, чем дизеля Д-442И. Применение маловязкого масла М-4з/8В₂ позволяет снизить момент сопротивления в среднем на 20 %, что, в свою очередь, обеспечивает повышение скорости прокручивания на 16...18 %. Кроме повышения скорости прокручивания применение масла М-4з/8В₂ позволяет уменьшить время задержки появления давления

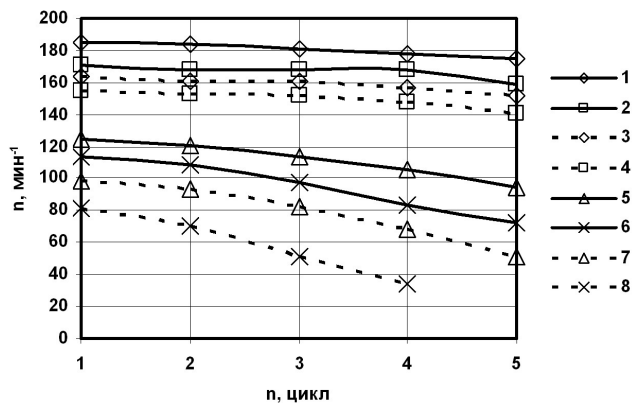
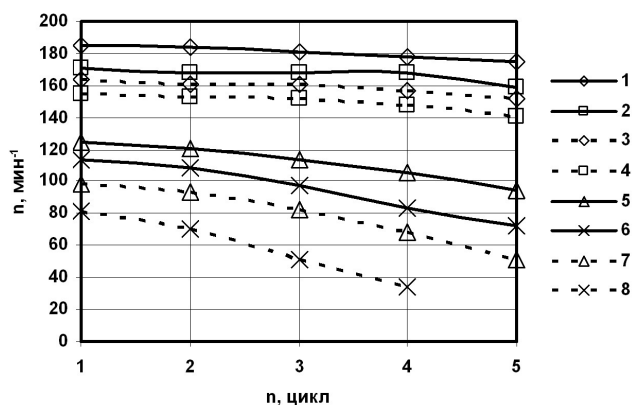


Рис. 2. Характеристика прокручивания коленчатого вала дизелей Д-461И (1, 3, 5, 7) и Д-442И (2, 4, 6, 8) на масле М-8Г_{2К} (класс 20 по SAE) (3,4,7,8) и М-4з/8В₂ при температуре $t_0 = -10$ °С (1, 2, 3, 4) и $t_0 = -20$ °С (5, 6, 7, 8)



1, 3 – Д-461И; 2, 4 – Д-442И; 1, 2 – масло М-4з/8В₂; 3, 4 – масло М-8Г_{2К}

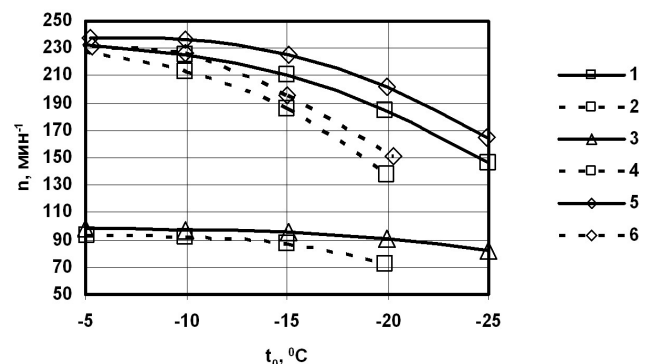
Рис. 3. Зависимость момента сопротивления прокручиванию коленчатого вала дизелей

масла в главной магистрали. При температуре минус 10 °С на масле М-8Г_{2К} и при температуре минус 20 °С на масле М-4з/8В₂ продолжительность задержки появления давления масла в главной масляной магистрали дизеля Д-461И практически одинакова и составляет около 10 с от начала прокручивания. Давление масла М-8Г_{2К} при температуре минус 20 °С появляется только через 35...40 с после начала прокручивания.

При проведении испытаний двигателя Д-461И с ЭССП при температуре окружающего воздуха минус 40 °С был использован подогреватель ПЖД-30. В процессе проведения опыта подогреватель проработал около 30 мин, за это время температура антифриза на выходе из двигателя достигла 53 °С, а масло в поддоне (область маслошупа) нагрелось до 5 °С, время пуска составило 6 с (масло М-8Г_{2К}).

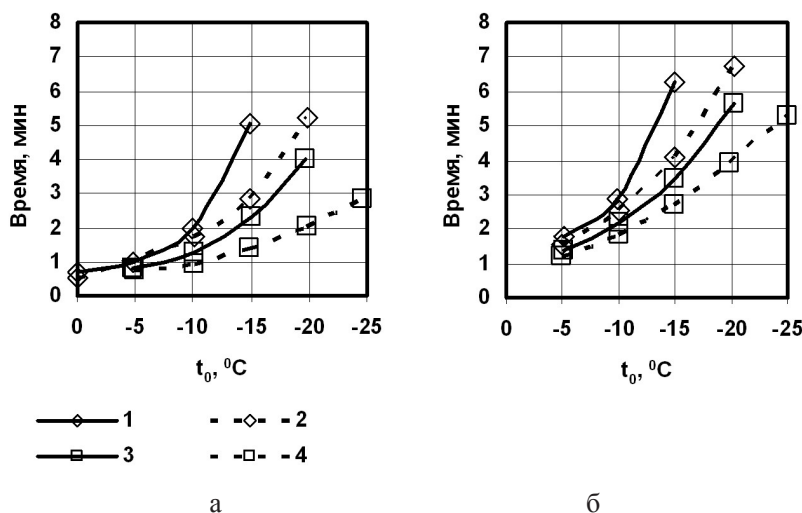
Характеристики прокручивания коленвала дизелей с ЭССП приведены на рисунке 4. Частота прокручивания дизеля Д-442И на маслах М-8Г_{2К} и М-4з/8В₂ при температуре минус 10 °С составляет соответственно 225 и 233 мин⁻¹. А при температуре минус 20 °С – 152 и 200 мин⁻¹. При температуре минус 20 °С начало прокручивания коленвала дизелей затруднено даже на масле М-4з/8В₂ и происходит только после длительной работы пускового двигателя (не менее 4...5 мин для дизеля Д-442И и не менее 8...10 мин для дизеля Д-461И) на холостом ходу, которая необходима для его прогрева и подготовки к принятию нагрузки.

Применение двухскоростного редуктора в системе пуска дизеля Д-461И облегчает



1, 2 – двухскоростной редуктор, ускоренная передача; 3, 4 – двухскоростной редуктор, замедленная передача; 5, 6 – односкоростной редуктор; 1, 3, 5 – масло М-4з/8В₂, 2,4,6 – масло М-8Г_{2К}

Рис. 4. Характеристика прокручивания коленчатого вала дизеля Д-461И



1, 2 – без ЭФП; 3, 4 – с ЭФП; 1, 3 – масло М-4з/8В₂, 2, 4 – масло М-8Г_{2К}

Рис. 5. Характеристики продолжительности пуска дизелей Д-442И (а) и Д-461И (б) пусковым двигателем П-530-1

работу пускового двигателя за счет использования замедленной передачи в начальный период прокручивания. После прокручивания коленвала дизеля на замедленной передаче в течение 1,5...2 мин при температуре минус 20 °С пусковой двигатель обеспечивает прокручивание коленвала на ускоренной передаче. На замедленной передаче частота прокручивания коленвала дизеля составляет 80...90 мин⁻¹, а на ускоренной (прямой) передаче при температуре минус 20 °С на масле М-8Г_{2К} – 135 мин⁻¹, на масле М-4з/8В₂ – 180 мин⁻¹.

Анализ характеристик продолжительности пуска (рис. 5) показывает, что продолжительность пуска дизеля Д-461И выше, чем дизеля Д-442И, особенно при температурах минус 15 °С и ниже. Это увеличение продолжительности пуска связано с дополнительным временем прокручивания коленвала дизеля на замедленной передаче редуктора, тогда как пуск дизеля Д-442И производится на одной передаче. Однако общее время работы пускового двигателя с применением односкоростного редуктора больше на 5...7 мин, чем с применением двухскоростного редуктора, так как ГОСТ 18509-88 предусматривает определение продолжительности пуска дизеля временем прокручивания коленчатого вала до отключения пускового устройства.

Выводы

По результатам экспериментального исследования можно сделать следующие выводы:

1. Применение ЭФП позволяет снизить минимальную температуру пуска дизелей с ЭССП на масле М-8Г_{2К} с минус 5 °С до минус 10 °С, на масле М-4з/8В₂ – до минус 20 °С, с пусковым двигателем П-350-1 на масле М-8Г_{2К} до минус 15 °С, на масле М-4з/8В₂ – до минус 25 °С. Применение пускового обогатителя топлива позволяет снизить минимальную температуру пуска дизелей на 5 °С (до минус 10 °С).

2. Применение двухскоростного редуктора облегчает работу пускового двигателя при его подготовке к выходу на полную мощность и сокращает общую продолжительность его работы при пуске дизеля при низких температурах на 5...7 мин.

3. Применение пускового подогревателя обеспечивает пуск дизелей типа Ч413/14 и ЧН13/14 при температуре до минус 40 °С.

Рекомендации

Результаты исследования были рекомендованы и использованы ОАО «ПО Алтайский моторный завод» при модернизации выпускаемой продукции и разработке новых моделей дизельных двигателей.

Список литературы

1. Бондарь В. Н., Бердов Е. И. Разработка технических требований, предъявляемых к современной автотракторной технике для Севера // Материалы 43-й Междунар. науч.-техн. конф. Ассоциации автомобильных инженеров. Омск, 2003. С. 44–50.



2. Беледних В. В. Математическая модель климатических условий (на примере Челябинска) // Вестник ЧГАА. 2015. Т. 71. С. 15–18.

3. Николаев Л. А., Сташкевич А. П., Захаров И. А. Системы подогрева тракторных дизелей при пуске. М. : Машиностроение, 1977. 191 с.

4. Шишков В. В. Улучшение показателей рабочего цикла дизеля при пуске подогревом впускного заряда : дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 2000. 158 с.

5. Бондарь В. Н., Лавров М. Н., Романов Д. В. Результаты экспериментальной оценки влияния различных методов предпусковой подготовки тракторного дизеля на его пусковые качества // Бъдещите изследвания : матер. за IX междунар. науч.-практ. конф. София : «БялГРАД-БГ» ООД, 2013. Т. 29 : Технологии. С. 44–49.

6. Mitchell K. The cold performance of diesel engines // SAE. 1993. Paper 932768. P. 678–687.

7. Калимуллин Р. Ф., Казаков А. В. Определение рациональных условий использования средств предпусковой тепловой подготовки автомобильного двигателя // Вестник Оренбургского государственного университета. 2014. № 10 (171). С. 77–83.

8. Бондарь В. Н. Экспериментальное исследование влияния свечей накаливания на пусковые характеристики дизелей типа ЧН13/15 // Вестник Сибирского отделения Академии военных наук. 2016. № 38.. 92–96.

9. Улучшение пусковых характеристик транспортных дизелей использованием системы термостатирования масла / А. А. Малоземов, В. Н. Бондарь, А. А. Селедкин, А. В. Шавлов // Материалы Междунар. науч.-техн. конф. Ассоциации автомобильных инженеров (ААИ) «Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров», по-

свящ. 145-летию МГТУ «МАМИ». М. : МГТУ «МАМИ», 2010. Кн. 2. С. 46–51.

10. Malozemov A. A., Bondar V. N., Cherepanov S. I. Improvement of the Forced Diesel Engines Starting Characteristics Using Oil Temperature Control System // Procedia Engineering: International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2016). 2016. V. 150. P. 143–148.

11. Бондарь В. Н. Совершенствование системы маслопрыска дизеля типа ЧН15/18 // Труды международного форума по проблемам науки, техники и образования (г. Москва, 1–4 декабря 2009 г.). М. : Академия наук о земле, 2011. С. 197–199.

12. Malozemov A. A., Bondar V. N., Kukis V. S. Improvement of the Forced Diesel Engines Cold Starting Characteristics Using Oil Injection into the Cylinder // Procedia Engineering: International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2016). 2016. V. 150. P. 1149–1145.

13. Кукис В. С., Бондарь В. Н., Хилай А. А. Улучшение пусковых качеств поршневых ДВС в условиях низких температур окружающего воздуха за счет использования тепловой трубы // Вестник академии военных наук. 2015. № 4 (53). С. 157–159.

14. Бондарь В. Н. Особенности пуска дизелей типа Ч13/14 и ЧН13/14 в условиях низких температур окружающего воздуха // Materiały XII międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Kluczowe aspekty naukowej działalności – 2016». 2016. V. 8. Przemysł: Nauka i studia. P. 43–49.

15. Бондарь В. Н., Малоземов А. А., Кукис В. С. Опыт ОАО «НИИ АТТ» по доводке пусковых характеристик дизелей в климатической камере // Известия Международной академии аграрного образования. 2012. Вып. 12. Т. 2. С. 8–12.

Бондарь Владимир Николаевич, канд. техн. наук, доцент, директор, НП Сертификационный центр Автотракторной техники.

E-mail: scatt_74@mail.ru.

* * *

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ДВИГАТЕЛЯ ПО ПАРАМЕТРАМ ДАВЛЕНИЯ

А. В. Гриценко, С. С. Куков, А. С. Балясников, В. Д. Шепелёв, Е. В. Шепелёва

В настоящее время автомобильная электроника развивается гигантскими темпами. Когда-то считавшиеся лабораторными и академическими методы диагностирования находят применение в практике эксплуатации, обслуживания и ремонта автомобилей. Эти методы и раньше старались внедрить многие научные организации, но существенная стоимость применяемых средств диагностирования, большая трудоемкость при подготовке прибора, измерении, хранении и обработке полученной диагностической информации не позволили распространить данные технологии. На сегодня стоимость приборных средств, в частности цифровых осциллографов находится в пределах 2000–80 000 рублей, что вполне по силам любому автообслуживающему предприятию. В то же время существенно упростился технологический набор приемов при использовании осциллографических методов. Однако технологические особенности конструкций систем двигателей, их режимов и выходных параметров существенно поменялись. В связи с этим потребовалась экспериментальная работа по установлению новых закономерностей и связей между диагностическими параметрами и техническим состоянием систем двигателей. В статье рассматривается методология применения осциллографических методов диагностирования. Проведенные исследования позволили существенно расширить возможности методов измерения пульсаций давления во впускном коллекторе и измерения давления в камере сгорания в режиме прокрутки стартером. При реализации технологических приемов использования методов по сравнению с аналогами: время диагностирования снижено на 10–30 %, достоверность анализа не ниже 0,95, чувствительность используемых диагностических параметров позволяет оценивать относительный износ в 0,02 мм. Полученные результаты рекомендуются к использованию автообслуживающим и авторемонтным предприятиям.

Ключевые слова: диагностирование, двигатель, система впуска, газораспределительный механизм, пульсации давления, амплитуда, фаза.

Несмотря на сегодняшние тенденции автоматического и адаптивного регулирования различных систем автомобилей число отказов некоторых элементов остается на высоком уровне [1, 2, 3, 4, 24, 25, 26]. Так, например, клапанный механизм ГРМ современных автомобилей для исключения регулировок оснащают гидротолкателями, механизмами автоматической коррекции фаз и натяжения ремня (цепи) [3, 4, 5]. Введение данных систем позволило существенно исключить отказы, связанные с эксплуатационными ошибками, такими как перетяжка ремня ГРМ, увеличенные или уменьшенные тепловые зазоры клапанов [6, 7, 8]. В связи с этим остается

актуальной проблема безразборного определения технического состояния элементов ГРМ, включая тепловые зазоры и фазы. Эффективность нормального функционирования механизма ГРМ определяется фазами открытия и закрытия клапанов, их герметичностью, а также значением теплового зазора в механизме привода. Перечисленные параметры тесно связаны с параметрами пульсаций газов, создаваемых на впуске при работе цилиндров двигателя [5, 8, 9].

Техническое состояние впускных клапанов характеризуется продолжительностью и фазовым сдвигом пульсаций газов по углу поворота коленчатого вала относительно в.м.т. поршня



[10, 11, 12]. Момент открытия клапана фиксируется началом возникновения пульсации и характеризует состояние фазы газораспределения [10, 13, 14, 15]. При нарушении фаз газораспределения импульсы смещаются по углу поворота коленчатого вала. Продолжительность пульсации определяется значением теплового зазора [8, 14, 16, 17]. С увеличением теплового зазора продолжительность пульсации газа возрастает.

С увеличением неплотности в клапанном механизме уменьшается амплитуда пульсации. При нормальном состоянии клапанов амплитуда пульсации и фазовый сдвиг между пульсациями по цилиндрам одинаковы.

Износ кулачков привода механизма газораспределения вызывает фазовый сдвиг пульсаций относительно в.м.т. поршня [18, 19, 20, 21].

Таким образом, измеряя фазовый сдвиг, продолжительность и амплитуду импульсов пульсаций, создаваемых во впускном трубопроводе, можно оценить техническое состояние сопряжений механизма газораспределения.

Целью настоящих исследований является повышение эффективности диагностирования ГРМ по пульсациям давления во впускном коллекторе.

Рассмотрим теоретические аспекты формирования пульсаций давления и их взаимосвязи с изменяющимися конструктивными параметрами ГРМ. Надо сказать, что данный метод изучался многими исследователями, каждый в процессе находил свой характерный прием, позволяющий найти более тесные связи структурных и диагностических параметров [13, 14, 15, 17, 18, 20, 21].

Массовый расход воздуха во впускном тракте системы впуска двигателя рассчитывается по интегральной формуле [14, 16]:

$$Q = \mu \cdot Q_i = \mu \cdot F \cdot \sqrt{2 \cdot \rho \cdot \Delta p}, \quad (1)$$

где Q – массовый расход воздуха, кг/ч;

Q_i – массовый расход без учета разобширения потока при его турбулизации за дроссельной заслонкой, кг/ч;

F – площадь поперечного сечения впускного патрубка, м²;

ρ – плотность воздушного потока, кг/м³;

Δp – перепад давления на выбранном участке воздухоподачи, Н/м².

Поток воздуха, движущийся во впускном коллекторе подвержен воздействию сжимаемости, это связано с инерционностью его массы, следующей с высокой скоростью. С учетом сказанного можно записать [16]:

$$Q = \mu \cdot Q_i = \mu \cdot m \cdot \frac{F \cdot p_p \cdot f(\lambda_p)}{\sqrt{T_B}}, \quad (2)$$

где m – коэффициент;

p_p – давление в выбранной точке воздухоподачи, Н/м²;

$f(\lambda_p)$ – расходная газодинамическая функция зависящая от скорости потока воздуха на выходе;

T_B – температура воздуха на впуске, К.

$$\lambda_p = \sqrt{\frac{k+1}{k-1} \left[1 - \left(\frac{p_p}{p_b} \right)^{(k-1)/k} \right]}, \quad (3)$$

где p_b – давление на входе, Н/м².

$$f(\lambda_p) = \left(\frac{k+1}{2} \right)^{1/(k-1)} \lambda_p \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \lambda_p^2 \right)^{1/(k-1)}, \quad (5)$$

где k – показатель адиабаты.

Во впускном коллекторе происходит волновой процесс подачи воздуха, которому свойственны колебания во времени [17, 20, 21]. При перемещениях волны вдоль трубопровода и отражениях у обоих его концов происходит последовательное уменьшение ее амплитуды, связанное с затратой энергии на преодоление сил внешнего (о стенки трубопровода) и внутреннего трения и с рассеиванием при отражениях [20]. Таким образом, во впускном трубопроводе действует основная волна разряжения и множество ее отражений. Для исследования колебаний давления во впускном трубопроводе целесообразно использовать численные методы гармонического анализа. Полученный ряд можно представить в виде выражения [21]:

$$f(x) = a_0 + \sum_i^m A_m \cdot \sin(m \cdot \varphi_m + \delta_m), \quad (6)$$

где A_m – амплитуда различных гармоник ряда;

δ_m – фазовый угол гармоники;

φ_m – текущая фаза m -й гармоники;

m – номер гармоники.

Амплитуду гармоник ряда можно найти из выражения [21]:

$$A_m = \sqrt{a_m^2 + b_m^2}, \quad (7)$$

где $a_0, a_1, \dots, a_m, b_0, b_1, \dots, b_m$ – действительные константы.

Действительные константы определяются выражениями:

$$a_m = \frac{2}{p} \sum_1^{p+1} f(x) \cdot \cos(mx), \quad (8)$$

$$b_m = \frac{2}{p} \sum_1^{p+1} f(x) \cdot \sin(mx), \quad (9)$$

где p – количество интервалов разбиения кривой;
 $f(x)$ – значение функции в крайних точках интервала.

Фазовый угол гармоник определяется по формуле [20]:

$$\delta_m = \arctg \frac{a_m}{b_m}. \quad (10)$$

Раскладывая в ряд Фурье волну разрежения, действующую в период открытого состояния клапана, получаем зависимость изменения давления во впускном трубопроводе двигателя с учетом колебаний [21]:

$$\Delta p_{m0} = \frac{a_c \cdot \gamma_0}{g} \cdot A_m \cdot \sin(\varphi_m + \delta_m), \quad (11)$$

– первое отражение основной волны разрежения m -й гармоники:

$$\Delta p_{m1} = e^{-r\Delta t} \frac{a_c \cdot \gamma_0}{g} \cdot A_m \cdot \sin(\varphi_m + \delta_m - \Delta\varphi_m), \quad (12)$$

где r – коэффициент затухания;

– второе отражение основной волны разрежения m -й гармоники:

$$\Delta p_{m2} = e^{-r\Delta t} \frac{a_c \cdot \gamma_0}{g} \cdot A_m \cdot \sin(\varphi_m + \delta_m - 2\varphi_m). \quad (13)$$

Изменение давления во впускном патрубке каждого цилиндра с учетом колебаний можно рассчитать по формуле:

$$\Delta p_i = \Delta p_{m0} + \Delta p_{m1} + \Delta p_{m2} + \dots + \Delta p_{mj}, \quad (14)$$

где j – номер отражения основной волны.

Методика исследований

При проведении экспериментальных исследований использовался USB Autoscope III (осциллограф Постоловского), который имеет 8 каналов для одновременной фиксации синхронизированных данных [8, 22, 23]. Прибор предназначен для просмотра, сохранения и анализа цифровых и аналоговых сигналов с различных электрических цепей автомобиля. Из всех возможностей приборного средства для экспериментальных исследований были использованы базовые возможности прибора, а также ряд частных функций, необходимых для снятия, отображения и анализа диагностических данных. Это такие, как: 1. Измерение угла опережения зажигания (УОЗ) по осцилло-

грамме давления в цилиндре (при наличии соответствующего датчика); 2. Отображение графика разрежения для оценки состояния механики двигателя методом исследования характера изменения разрежения во впускном коллекторе, измерения уровня пульсаций давления газов в картере и в выхлопной трубе; 3. Оценка относительной компрессии в цилиндрах двигателя на основании осциллограммы тока стартера (при наличии токовых клещей). Известно, что чем больше компрессия в цилиндре, тем больше амплитуда пульсаций тока стартера на такте сжатия в данном цилиндре; 4. Сохранение полученных данных в формате JPEG или бинарного файла; 5. Возможность редактирования записанных сигналов; 5. Возможность создания пользовательских настроек для часто используемых режимов.

Подготовка цифрового осциллографа USB Autoscope III к работе заключается в установке датчика давления Pх на место свечи зажигания соответствующего цилиндра диагностируемого двигателя и подключении его к 1 аналоговому входу USB Autoscope (рис. 1). Одновременно устанавливается в штатный штуцер двигателя датчик разрежения Dх, который входит в базовый/полный комплект USB Autoscope III. Датчик разрежения Dх применяется для оценки состояния ГРМ двигателя по графику разрежения во впускном коллекторе при прокрутке двигателя стартером. При использовании совместно с усилителем Dх Amplifier датчик позволяет получить график пульсаций разрежения во впускном коллекторе работающего двигателя, по которому можно судить о состоянии клапанного механизма системы газораспределения.



Рис. 1. Подсоединение датчиков Pх и Dх цифрового осциллографа USB Autoscope III к элементам двигателя

Далее осуществляют последовательно действия: подключают свечной провод диагностируемого цилиндра к разряднику с искровым промежутком не менее 5 мм; устанавливают датчик первого цилиндра Sync (черного цвета) на высоковольтный провод диагностируемого цилиндра и подключить его к входу In Synchrono адаптера диагностики систем зажигания Ignition Adapter; подсоединяют к «массе» двигателя в одной точке черные «крокодилы» питающих проводов датчика давления и адаптера диагностики систем зажигания; подсоединяют красные «крокодилы» питающих проводов датчика давления и адаптера диагностики систем зажигания к клемме «+» аккумуляторной батареи диагностируемого автомобиля; включают программу USB Осциллограф. Приборное средство и датчики готовы к экспериментальным исследованиям.

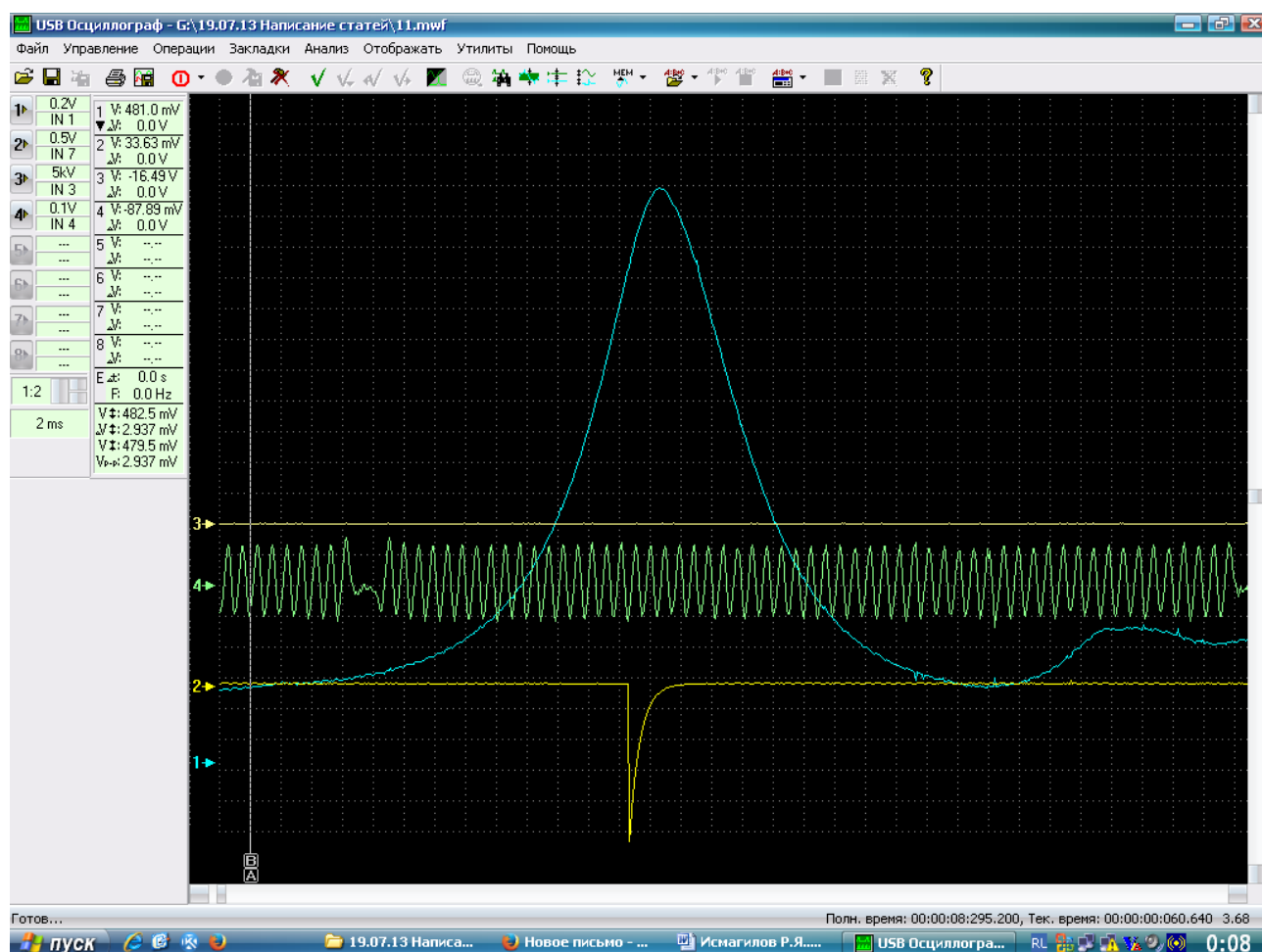
Осциллограмма давления, измеренная в цилиндре двигателя представлена на рисунке 2.

На полученной осциллограмме давления установочными маркерами фиксируют одинаковые временные участки влево и вправо от верхней мертвой точки. При этом степень износа цилиндра определяется по ниспадающей части сигнала давления. Чем быстрее во времени снижается величина давления от верхней мертвой точки, тем больше утечки в ЦПГ [8, 20, 21].

Осциллограмма пульсаций давления во впускном коллекторе двигателя представлена на рисунке 3.

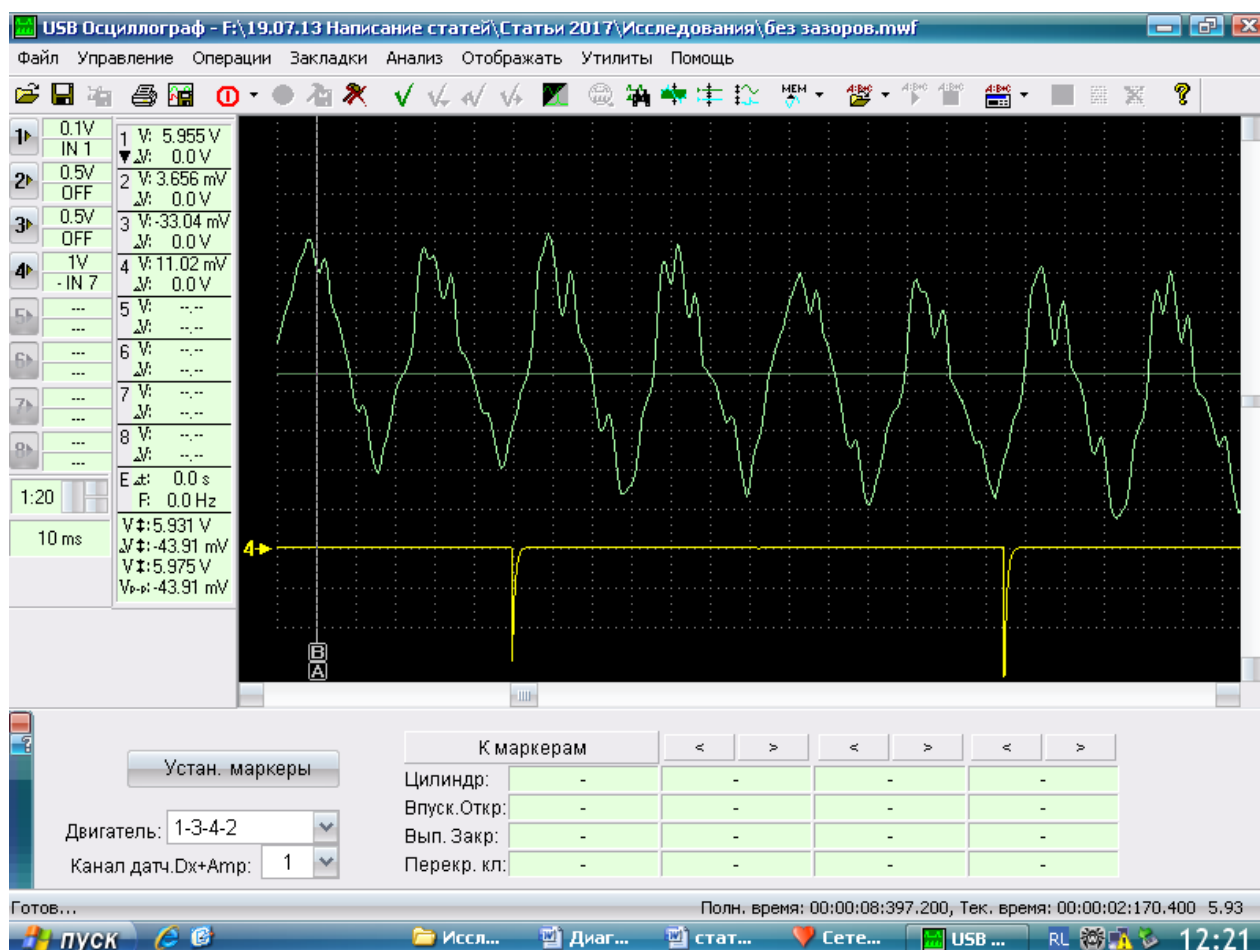
Результаты экспериментальных исследований

Эталонная осциллограмма пульсаций давления должна иметь одинаковые амплитудные пики на всем протяжении. Для примера получена такая осциллограмма с равномерной работой двигателя и эталонными значениями зазоров в ГРМ (рис. 4).



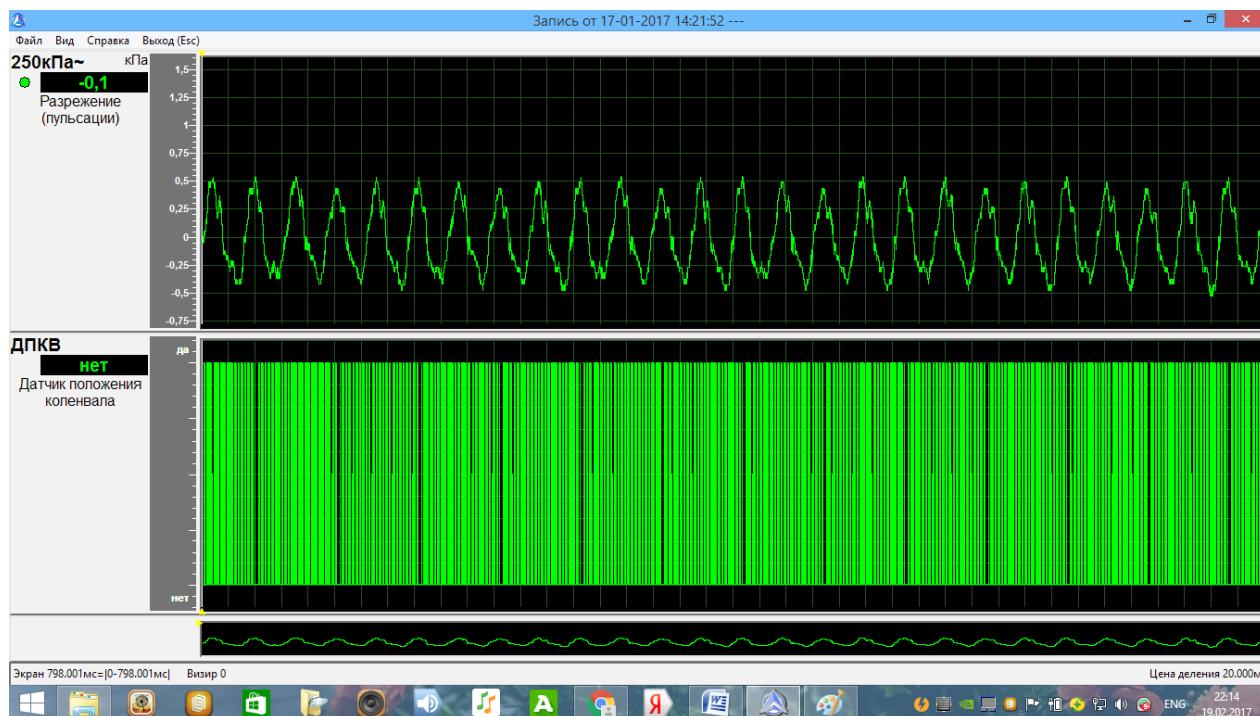
Канал 1 – сигнал давления; канал 2 – импульсы системы зажигания; 3 канал – синхронизирующий импульс; 4 канал – импульсы датчика положения коленчатого вала

Рис. 2. Осциллограммы давления, измеренная в цилиндре двигателя



Канал 1 – сигнал пульсации давления; 4 канал – импульсы зажигания первого цилиндра

Рис. 3. Осциллограмма пульсаций давления во впускном коллекторе двигателя



Верхнее окно – пульсации разряжения; нижнее окно – сигнал с датчика положения коленвала

Рис. 4. Осциллограмма с равномерной работой двигателя ЗМЗ-4062 и эталонными значениями зазоров в ГРМ

Как видно из рисунка 4, осциллограмма пульсаций давления от насосных ходов поршней идентична от цилиндра к цилиндру, что говорит об одинаковом вкладе в суммарную полезную работу каждого из четырех цилиндров. Для имитации износа цилиндра был изготовлен штуцер с микровинтом, позволяющий быстро устанавливать искусственный износ. Для этого перемещают микровинт и фиксируют его в одном из нужных положений. Процент утечки из цилиндра одновременно контролируют прибором К-69М [11]. Так получена осциллограмма пульсаций давления при установке зазора в первом цилиндре 1,2 мм (рис. 5).

Так, по рисунку 5 мы видим существенное увеличение амплитуды пульсаций, что обусловлено негерметичностью. После тарировки сигнала датчика разряжения были проведены измерения на пяти автомобилях ГАЗ 3110

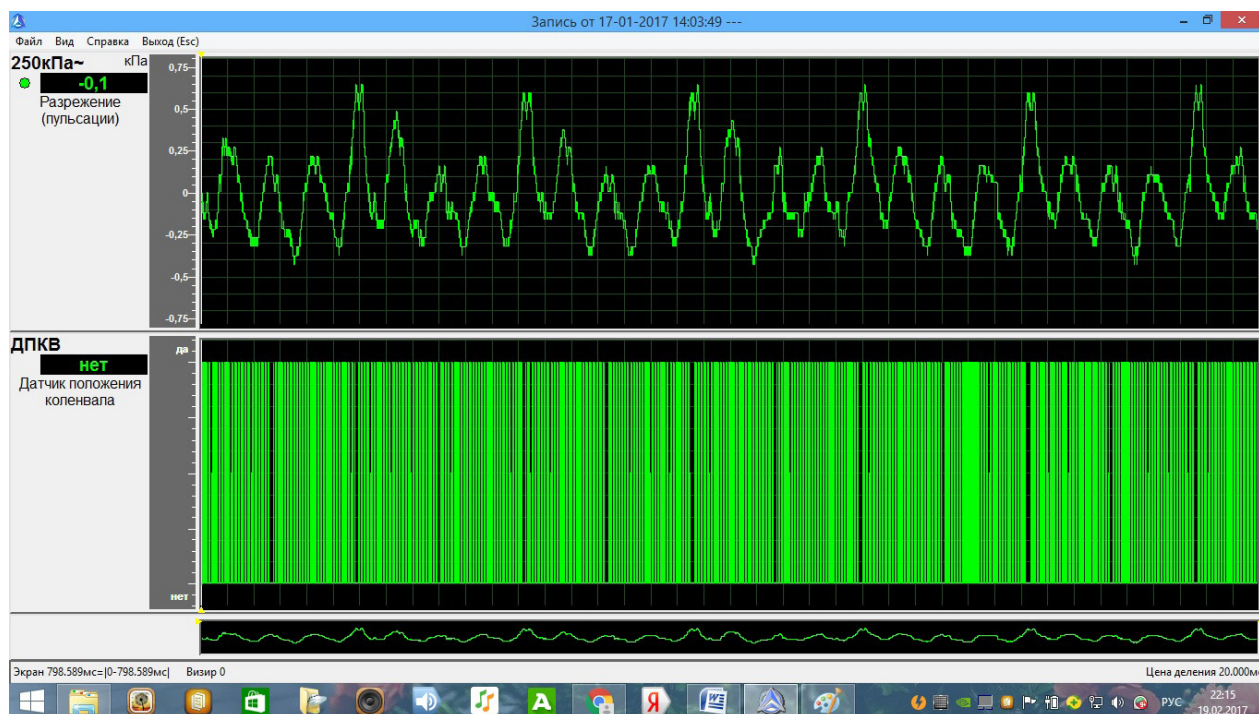
с различными пробегам (при заявочных ремонтах ГРМ), после чего измерения были сведены в таблицу 1.

Анализ данных в таблице 1 показывает, что сигнал пульсации давления 680–700 мВ соответствует практически полному прогару клапана ГРМ. Соответствующие цилиндры с такими значениями пульсации давления работали с существенными перебоями при повышенном значении содержания СН в отработавших газах, что говорит о неполном сгорании топлива. Данные двигатели подвергались разборке и контролю ГРМ и других механизмов.

Кроме того, эти же двигатели подвергали проверкам по параметру – давлению в камере сгорания в режиме прокрутки стартером. При этом уже указанным приспособлением изменялась площадь суммарного износа в пределах от 0,5 мм² до 1,5 мм². При этом частоту вращения

Таблица 1 – Результаты измерения пульсаций на пяти автомобилях ГАЗ 3110

	1-й цилиндр, мВ	2-й цилиндр, мВ	3-й цилиндр, мВ	4-й цилиндр, мВ
1. ДВС 3110 (пробег 160 000 км)	586	225	234	229
2. ДВС 3110 (пробег 125 000 км)	620	540	240	260
3. ДВС 3110 (пробег 97 000 км)	260	570	650	275
4. ДВС 3110 (пробег 108 000 км)	660	680	240	247
5. ДВС 3110 (пробег 220 000 км)	256	272	670	699



Верхнее окно – пульсации разряжения; нижнее окно – сигнал с датчика положения коленвала

Рис. 5. Осциллограмма пульсаций давления при установке зазора в первом цилиндре 1,2 мм

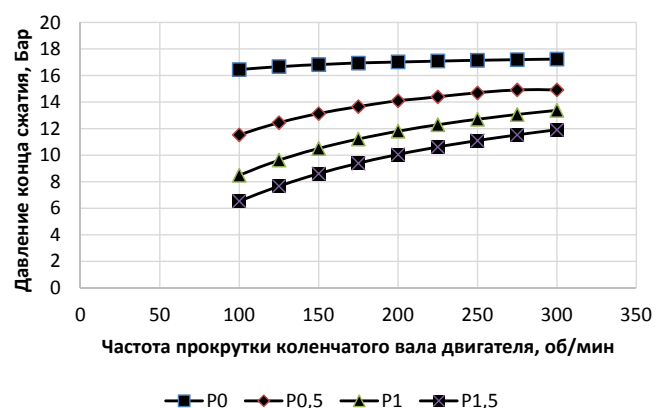


Рис. 6. Зависимость давления в камере сгорания в режиме прокрутки стартером от износа поршневых колец

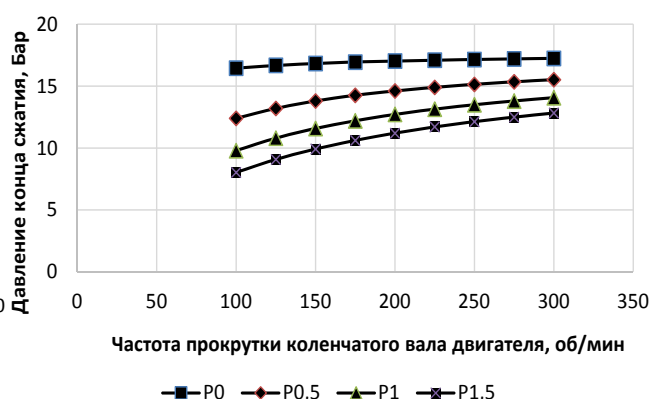
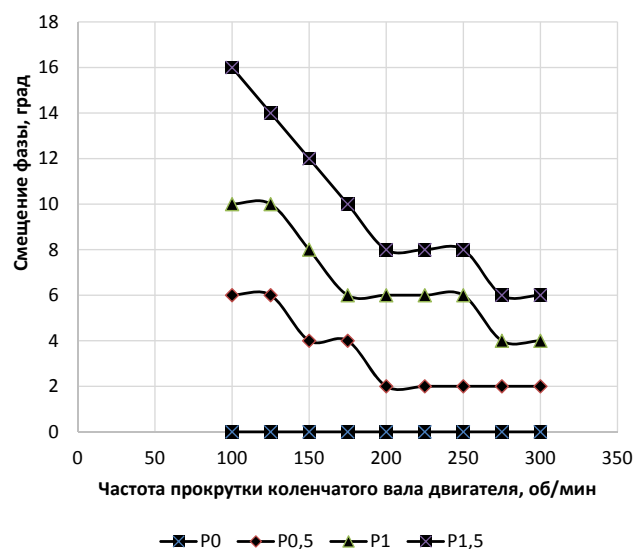


Рис. 7. Зависимость давления в камере сгорания в режиме прокрутки стартером от износа цилиндров



P0 – зазор номинальный; P0,5 – зазор 0,5 мм²;
P1 – зазор 1,0 мм; P1,5 зазор 1,5 мм²

Рис. 8. Зависимости смещения фазы давления (в градусах) при различном износе поршневых колец

коленчатого вала двигателя в режиме прокрутки задавали в пределах от 100 до 300 мин⁻¹ с шагом 50 мин⁻¹. Результаты экспериментальных исследований представлены на рисунке 6.

Заметна тенденция, чем больше степень износа поршневых колец, тем меньше величина давления в камере сгорания (рис. 6).

При изменении степени износа цилиндров также наблюдается существенное снижение величины давления (рис. 7).

Причем из рисунка 7 видно, что чувствительность величины давления к износу больше при малых частотах вращения (максимальная чувствительность при 100 мин⁻¹).

При исследованиях оценивался параметр – смещение фазы при фиксации величины давления в режиме прокрутки. Как показали исследования, изменение фазы – более чувствительный параметр к изменению технического состояния ЦПГ. Измерения проводились в пределах изменения частоты прокрутки стартера от 100 до 300 мин⁻¹. В результате получена зависимость смещения фазы давления (в градусах) от величины износа поршневых колец (рис. 7).

Выводы

Таким образом, проведенные исследования позволили существенно расширить возможности методов измерения пульсаций давления во впускном коллекторе и измерения давления в камере сгорания в режиме прокрутки стартером. Представленные в материалах методы показали значительные технические и технологические результаты по сравнению с аналогами: время диагностирование снижено на 10–30 % в зависимости от модели двигателя, достоверность и точность анализа не ниже 0,95, чувствительность используемых диагностических параметров позволяет оценивать относительный износ в 0,02 мм. Полученные результаты рекомендуются к использованию автообслуживающим и авторемонтным предприятиям.

Список литературы

1. Зырянов А. П., Шепелев В. Д. Оценка эксплуатационных показателей грузового транспорта в Российской Федерации // Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика. 2014. № 1. С. 292–297.



2. Зырянов А. П. Перспектива развития машинно-тракторного парка в растениеводстве // АПК России. 2013. Т. 63. С. 47–50.
3. Соснин Д. А., Яковлев В. Ф. Новейшие автомобильные электронные системы. М. : СОЛОН-Пресс, 2005. 240 с.
4. Гончаров А. А. Совершенствование технологии диагностирования электронных систем управления автомобильных двигателей : дис. ... канд. техн. наук. Оренбург, 2004. 96 с.
5. Соснин Д. А. Автотроника. Электрооборудование и системы бортовой автоматики современных легковых автомобилей : учеб. пособие. М. : СОЛОН-Р, 2001. 272 с.
6. Дьяченко В. Г. Теория двигателей внутреннего сгорания : учебник / пер. с укр. языка. Харьков : ХНАДУ, 2009. 340 с.
7. Конструирование впускных и выпускных каналов двигателей внутреннего сгорания / Б. Х. Драганов, М. Г. Круглов, В. С. Обухова. Киев : Вища шк., 1987. 175 с.
8. Руководство по эксплуатации USB Autoscope III, руководство по работе с программой USB осциллограф). Режим доступа : http://www.autoscanners.ru/catalogue/files/689/program_usb_oscilloscope.pdf.
9. Обозов А. А., Таричко В. И. Математическое имитационное моделирование рабочего процесса автомобильного ДВС в целях изучения диагностической информации // Двигателестроение. 2013. № 2 (252). С. 21–26.
10. Колчин А. И., Демидов В. П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей : учеб. пособ. для вузов. 2-е изд., перераб и доп. М. : Высш. шк., 1980. 400 с.
11. Сазонов К. А. Диагностирование цилиндро-поршневой группы двигателей внутреннего сгорания пневматическим способом при низких рабочих давлениях : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 1997. 22 с.
12. Иванов Р. В. Диагностирование ДВС по параметру мощности механических потерь : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Волгоград, 2010. 40 с.
13. Понизовский А. Ю. Оценка технического состояния цилиндропоршневой группы автотракторных дизелей по разности расходов воздуха на впуске и выпуске в пусковом режиме : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 2010. 111 с.
14. Бабошин А. А., Косарев А. С., Малышев В. С. Оценка технического состояния двигателей внутреннего сгорания по давлению во впускном и выпускном коллекторах // Вестник МГТУ. 2013. Т. 16. № 1. С. 23–32.
15. Гребенников С. А., Петров М. Г., Гребенников А. С. Способ диагностирования элементов механизма газораспределения автотракторных двигателей // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2011. Т. 8. № 3. С. 24–27.
16. Кузнецов В. Н., Беляев В. И., Мельников Ф. П. Влияние фаз газораспределения на изменение давления во впускном трубопроводе многоцилиндрового двигателя // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 12. С. 137–141.
17. Кузнецов В. Н., Беляев В. И., Мельников Ф. П. Расчет давления во впускном трубопроводе многоцилиндрового двигателя // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 3. С. 122–126.
18. Лагерева А. В. Метод дифференциального диагностирования газораспределительного механизма двигателей внутреннего сгорания автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Улан-Удэ, 2009. 20 с.
19. Проектирование газозоудушного тракта поршневых машин. Киев ; Донецк : Вища шк., 1977. 124 с.
20. Федоров А. Л. Метод диагностирования газораспределительного механизма автомобильных ДВС по параметрам изменения давления во впускном трубопроводе : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Иркутск, 2011. 24 с.
21. Федотов А. И., Федоров А. Л. Моделирование пульсаций давления во впускном коллекторе автомобильного ДВС при изменении настройки ГРМ // Вестник ИргТУ. 2011. № 9 (56). С. 116–124.
22. Зырянов А. П. Исследование взаимосвязи энергетических и технико-экономических показателей работы тягово-приводных агрегатов // АПК России. 2015. Т. 72. № 1. С. 36–39.
23. Кузнецов Н. А., Пятаев М. В., Зеленин А. В. Результаты производственных опытов по установлению тягового сопротивления прицепа // АПК России. 2015. Т. 72. № 2. С. 68–73.
24. Плаксин А. М., Качурин В. В. Взаимосвязь процессов использования и восстановления работоспособности машинно-тракторных агрегатов в растениеводстве // АПК России. 2013. Т. 63. С. 74–77.
25. Плаксин А. М., Качурин В. В. Методика обоснования параметров процесса восстановления работоспособности механизированных комплексов в растениеводстве // АПК России. 2013. Т. 65. С. 29–40.

26. Качурин В. В., Плаксин А. М. Восстановление работоспособности машинно-тракторных агрегатов мобильными звеньями // АПК России. 2011. Т. 58. С. 134–136.

Гриценко Александр Владимирович, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: alexgrits13@mail.ru.

Куков Станислав Семенович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: kukov24@mail.ru.

Балясников Алексей Сергеевич, аспирант кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: btgr123@mail.ru.

Шепелёв Владимир Дмитриевич, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Автомобильный транспорт», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: shepelev1978@mail.ru.

Шепелёва Елена Витальевна, аспирант кафедры «Автомобильный транспорт», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)».

E-mail: shepelev1978@mail.ru.

* * *

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ВОССТАНОВЛЕННЫХ ЗУБЬЕВ ШЛИЦЕВЫХ ВАЛОВ

А. Г. Игнатьев, Н. К. Смагин, А. С. Широков

Для восстановления изношенных зубьев (шлицев) шлицевых валов перспективной является совмещенная технология. Возникающие при восстановлении шлицев технологические остаточные напряжения способствуют снижению долговечности восстановленных валов. В статье представлены результаты расчета и экспериментальных исследований остаточных напряжений в восстановленных шлицах. Расчет остаточных напряжений выполнен методом первоначальных деформаций. В качестве расчетной модели шлица принят стержень прямоугольного поперечного сечения, защемленный по всей длине в корпус вала, часть толщины которого наплавлена на заданную толщину по всей боковой поверхности. Получены расчетные выражения, описывающие распределение остаточных напряжений в наплавленном шлице. По результатам расчета построены эпюры остаточных напряжений в восстановленном шлице. Экспериментальные измерения остаточных напряжений выполнены методом, основанным на использовании вдавливания индентора в поверхность детали и электронно-оптической регистрации реакции детали на воздействие. Приведены принципиальные основы метода и технологические аспекты его применения. Показано, что данные измерений вполне удовлетворительно соответствуют результатам расчетов. Установлено, что наибольшие по величине остаточные напряжения локализованы в корневой части шлица в зоне сплавления основного и наплавленного металлов. В этой зоне остаточные напряжения достигают 400 МПа, или 0,35...0,4 предела текучести наплавленного металла. На поверхности наплавленной зоны растягивающие остаточные напряжения не превышают 100 МПа. В наиболее подверженной износу зоне наплавленной поверхности в верхней части шлица остаточные напряжения сжимающие, по величине достигают 100 МПа. На основании данных расчета и экспериментальных исследований сделано заключение о вполне благоприятном, с точки зрения износостойкости и усталостной прочности, напряженном состоянии шлица, восстановленного по совмещенной технологии.

Ключевые слова: сельскохозяйственная техника, шлицевой вал, восстановление, долговечность, наплавка, пластическое деформирование, остаточные напряжения.

Шлицевые соединения являются одним из широко распространенных видов соединений деталей машин и механизмов. Долговечность шлицевой части вала в основном определяется износостойкостью его зубьев [1–5]. В ходе эксплуатации происходит износ зубьев по их боковой поверхности. В зависимости от размеров валов износ составляет от 0,4 до 4 мм [6].

В ремонтной практике наибольшее распространение получили два основных направления восстановления шлицев: путем нанесения компенсирующего износ материала и с использованием собственных запасов металла [7]. Первое направление реализуется в основном

путем наплавки шлицевой части в целом или изношенной боковой поверхности и частично наружного диаметра шлицев с последующей их размерной механической обработкой. Второе направление предполагает формообразование шлицев накаткой путем перемещения запасов металла с нерабочих поверхностей на изношенные и размерного профилирования [7–11]. Перспективной является совмещенная технология восстановления шлицев, заключающаяся в продольной наплавке каждой восстанавливаемой боковой поверхности с одновременным формообразованием накаткой роликом и последующей размерной механической обработкой

[12–14]. Эта технология обеспечивает высокое качество материала наплавленного слоя и повышенную его износостойкость.

Общим недостатком всех известных методов восстановления шлицевых валов является пониженная долговечность восстановленных поверхностей. Одним из значимых факторов, влияющих на долговечность восстановленных деталей, являются технологические остаточные напряжения. Как показано в [15, 16], сжимающие остаточные напряжения повышают износостойкость, а растягивающие ее снижают. При циклическом нагружении сжимающие остаточные напряжения способствуют повышению предела выносливости, а растягивающие – его снижению [17–20].

Целью настоящей работы является определение остаточных напряжений в шлицах, восстановленных по совмещенной технологии.

Теория

Представим шлиц как стержень прямоугольного поперечного сечения со сторонами h и b , защемленный по всей длине в корпус вала (рис. 1). Изношенная боковая поверхность шлица наплавлена на толщину δ .

Остаточные напряжения в шлице обусловлены пластическими и структурными деформациями в наплавленном слое и реакциями связей в защемлении. Обозначим эти реакции: R – продольная реакция и M_R – момент в защемлении (рис. 2).

Для определения остаточных напряжений в свободном стержне (без учета реакций связей) воспользуемся методом первоначальных деформаций, разработанным И. А. Биргером [21]. Если стержень изготовлен из однородного материала, то для определения остаточных напряжений в стержне основная расчетная формула имеет вид:

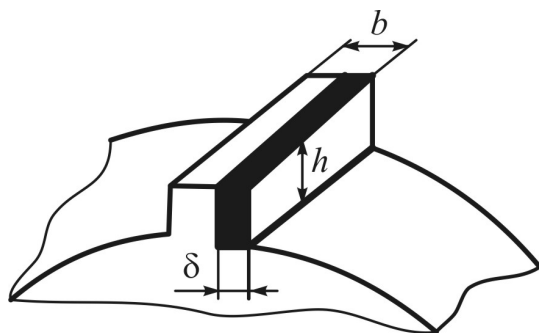


Рис. 1. Схема восстановленного шлица

$$\sigma = E \left(\frac{1}{S} \int_S \epsilon_0 dS + \frac{z}{J_y} \int_S z \epsilon_0 dS + \frac{y}{J_z} \int_S y \epsilon_0 dS - \epsilon_0 \right), \quad (1)$$

где ϵ_0 – первоначальная деформация;

E – модуль упругости I рода;

S – площадь поперечного сечения;

J_z и J_y – главные центральные моменты инерции поперечного сечения,

$$J_z = \int_S y^2 dS, \quad J_y = \int_S z^2 dS.$$

Пусть в слое толщиной δ (см. рис. 2) произошла первоначальная деформация ϵ_0 , которую будем считать постоянной по толщине слоя. Тогда слагаемые в выражении (1) принимают вид [22]:

$$S = bh, \quad J_z = \frac{bh^3}{12}, \quad J_y = \frac{hb^3}{12};$$

$$\frac{1}{S} \int_S \epsilon_0 dS = \epsilon_0;$$

$$\frac{z}{J_y} \int_S z \epsilon_0 dS = \frac{z \epsilon_0}{J_y} \int_S z dS,$$

где $\int_S z dS = \delta h \frac{b-\delta}{2}$ – статический момент части площади поперечного сечения наплавленного слоя относительно центральной оси y всего сечения;

$$\frac{y}{J_z} \int_S y \epsilon_0 dS = \frac{y \epsilon_0}{J_z} \int_S y dS = 0,$$

т.к. статический момент наплавленной части поперечного сечения относительно центральной оси z сечения $\int_S y dS = 0$.

Подставляя приведенные слагаемые в выражение (1), после незначительных преобра-

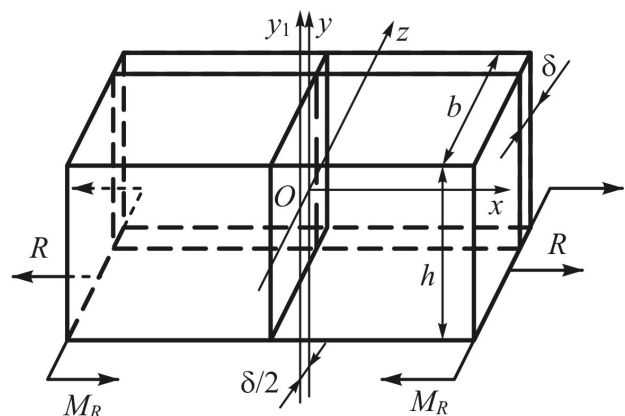


Рис. 2. Расчетная схема для определения остаточных напряжений



зований получаем выражение для напряжений в наплавленном слое:

$$\sigma_n = \frac{E\varepsilon_0(b-\delta)(6\delta z - b^2)}{b^3}. \quad (2)$$

В остальной части стержня за пределами наплавленной зоны, где отсутствует первоначальная деформация ε_0 :

$$\sigma = \frac{E\varepsilon_0[\delta b^2 + 6\delta(b-\delta)z]}{b^3}. \quad (3)$$

Реакции в защемлении R и M_R равны по величине и противоположны по знаку величинам нормальной силы N и изгибающего момента M_y относительно центральной оси y поперечного сечения ненаплавленной части стержня (см. рис. 2). Напряжения σ_N от действия нормальной силы N в этом сечении получаем подстановкой в выражение (3) значения $z = -\delta/2$, при котором напряжения от изгибающего момента $\sigma_{My1} = 0$, т.к. эта точка находится на оси y_1 (нейтральной линии при изгибе):

$$\sigma_N = \frac{E\varepsilon_0[\delta b^2 - 3\delta^2 b + 3\delta^3]}{b^3}. \quad (4)$$

Напряжения от действия изгибающего момента получаем вычитанием между собой выражений (3) и (4):

$$\sigma_{My1} = \frac{E\varepsilon_0\delta(b-\delta)(6z - 3\delta)}{b^3}. \quad (5)$$

Нормальная сила определяется как

$$N = \sigma_N S_1,$$

где $S_1 = (b-\delta)h$ – площадь поперечного сечения ненаплавленной части стержня.

С учетом выражения (4)

$$N = \frac{E\varepsilon_0(\delta b^2 - 3\delta^2 b + 3\delta^3)(b-\delta)h}{b^3}. \quad (6)$$

Изгибающий момент определяется как

$$M_{y1} = \frac{\sigma_{My1} J_{y1}}{z + \frac{\delta}{2}},$$

где J_{y1} – осевой момент инерции сечения ненаплавленной части стержня:

$$J_{y1} = \frac{h(b-\delta)^3}{12},$$

$z + \frac{\delta}{2}$ – координата точки, в которой определяется напряжение от действия момента M_{y1} .

С учетом этого

$$M_{y1} = \frac{E\varepsilon_0\delta(b-\delta)^4 h}{2b^3}. \quad (7)$$

Напряжения в стержне от реакции R и момента M_R определяем по выражениям:

$$\sigma_R = \frac{R}{S}, \quad \sigma_{M_R} = \frac{M_R z}{J_y}.$$

Исходя из того, что $R = -N$ и $M_R = -M_{y1}$, с использованием выражений (6) и (7) можно записать:

$$\sigma_R = \frac{-E\varepsilon_0(b^2 - 3\delta b + 3\delta^2)(b-\delta)\delta}{b^4}, \quad (8)$$

$$\sigma_{M_R} = \frac{-6E\varepsilon_0(b-\delta)^4 \delta z}{b^6}. \quad (9)$$

Выражения для определения остаточных напряжений с учетом реакций связей, действующих в плоскости xOz , получаем, складывая выражения (2) и (3) с выражениями (8) и (9) соответственно.

Тогда в наплавленном слое

$$\sigma = \frac{E\varepsilon_0 \left[(6\delta z - b^2)(b-\delta)b^3 - 6(b-\delta)^4 \delta z - (b^2 - 3\delta b + 3\delta^2)(b-\delta)\delta b^2 \right]}{b^6}, \quad (10)$$

а в остальной части стержня

$$\sigma = \frac{E\varepsilon_0 \left\{ [\delta b^2 + 6\delta(b-\delta)z]b^3 - 6(b-\delta)^4 \times \right.}{b^6} \left. \times \delta z - (b^2 - 3\delta b + 3\delta^2)(b-\delta)\delta b^2 \right\}}{b^6}. \quad (11)$$

В плоскости xOy реакция R будет создавать изгибающий момент M_z . В соответствии с [22] напряжения от изгибающего момента:

$$\sigma_{M_z} = \frac{R \cdot y_R \cdot y}{J_z},$$

где $y_R = -h/2$ – координата точки приложения силы R ;

y – координата точки, в которой определяется напряжение.

Используя выражение (6) и учитывая, что $R = -N$ и $J_z = \frac{bh^3}{12}$, получаем выражение для определения напряжений от действия момента M_z :

$$\sigma_{M_z} = \frac{6E\varepsilon_0(\delta b^2 - 3\delta^2 b + 3\delta^3)(b-\delta)y}{b^4 h}. \quad (12)$$

Окончательные формулы для определения остаточных напряжений получаем путем

суммирования выражений (10) и (11) с выражением (12).

Первоначальные деформации в наплавленном слое вызваны пластическим обжатием слоя и структурными превращениями в материале при его охлаждении. Пластическое обжатие происходит за счет того, что малые по объему участки металла нагреваются до высокой температуры в условиях, когда их тепловое расширение стеснено относительно холодным металлом вала. Величина пластической деформации, которую испытал материал шлица в результате пластического обжатия, определяется по формуле [22]:

$$\varepsilon_0^n = -\alpha(T_k - T_0),$$

где α – коэффициент линейного расширения;

T_k – температура, при которой теряется несущая способность материала;

T_0 – начальная температура детали.

Возможность применения этого выражения обоснована тем, что при температурах выше 500–550 °С для специальных сталей и 400–450 °С для углеродистых сталей и чугунов предел текучести материала резко снижается [23].

При остывании металла наплавленного слоя происходит изменение его объема. Линейную деформацию при этом обозначим ε_0^c . Следовательно, полная первоначальная деформация будет $\varepsilon_0 = \varepsilon_0^n + \varepsilon_0^c$.

Метод измерения, приборы и оборудование

Остаточные напряжения в восстановленных шлицах измеряли разработанным методом, основанным на использовании упругопластического контактного взаимодействия. Метод базируется на закономерностях взаимосвязи между остаточными напряжениями в поверхностном слое детали и деформированным состоянием поверхности в условиях локального упругопластического контактного нагружения. Локальное нагружение реализуется вдавливанием шарового индентора диаметром 10 мм.

Принципиальные основы метода представлены в источниках [24–27]. При вдавливании индентора в поверхность детали вокруг отпечатка образуется зона выпучивания материала. Распределение перемещений в этой зоне качественно и количественно связано с остаточными напряжениями в поверхностном слое. На качественном уровне связь выражается в изменении распределения перемещений по сравнению с ненапряженной деталью. На количественном уровне связь между величинами главных оста-

точных напряжений и величинами перемещений в контрольных точках распределения перемещений описывается выражениями:

$$\frac{\sigma_{x,y}^{\text{ост}}}{\sigma_T} = \frac{1}{b} \ln \left(1 - \frac{1}{a} \frac{\Delta W^{(y,x)}}{W_{\max}} \right),$$

где σ_T – предел текучести материала поверхностного слоя;

$W_{\max}$ – величина перемещения в контрольной точке в случае ненапряженного поверхностного слоя детали;

$\Delta W^{(y,x)}$ – изменение величины максимального нормального перемещения на оси, перпендикулярной действующему напряжению, относительно $W_{\max}$:

$$\Delta W^{(y,x)} = W_{\sigma}^{(y,x)} - W_{\max},$$

W_{σ} – перемещение в той же контрольной точке при измерении остаточных напряжений.

При применении шарового индентора коэффициенты a и b имеют следующие значения: $a = 2,0$, $b = 0,67$.

При определении величин главных остаточных напряжений используется следующая информация:

- значения пределов текучести основного материала и материала покрытия;

- величины перемещений $W_{\max}$ для основного материала и материала покрытия и их зависимость от диаметра отпечатка в виде

$$W_{\max}(d) = W_{0d} \cdot \left(\frac{d}{d_0} \right)^{n_w},$$

где W_{0d} – максимальное перемещение при создании отпечатка диаметром $d_0 = 1$ мм;

- величины перемещений W_{σ} , измеренные в контрольных точках распределения интерференционных полос.

В качестве способа измерения перемещений используется оптический метод электронной спекл-интерферометрии (ЭСИ) с регистрацией нормальной компоненты вектора перемещения [28]. Оптическая схема экспериментальной установки показана на рисунке 3.

Результаты исследований и обсуждение

Расчет остаточных напряжений проведен для шлицевого вала, восстановленного по совместной технологии [12]. Размеры поперечного сечения шлица этого вала $h = 5,5$ мм, $b = 9$ мм (см. рис. 1); толщина наплавленного слоя $\delta = 4$ мм; вал изготовлен из стали 45; наплавка выполнена проволокой марки Нп-65Г под флюсом АН-60.

Внешний вид восстановленного шлица представлен на рисунке 4. При расчете остаточных напряжений приняты следующие характеристики материала [29]: $E = 2 \cdot 10^5$ МПа; $\alpha = 137 \cdot 10^{-7}$ 1/град; $T_k = 500$ °С; $T_0 = 20$ °С; $\varepsilon_0^c = 0,4\% = 0,004$.

Полученные эпюры остаточных напряжений по ширине сечения в наплавленном слое (пунктирная линия) и в остальной части стержня (сплошная линия) для точек верхней и нижней граней сечения показаны на рисунке 5. На этом же рисунке точками показаны результаты экспериментального определения остаточных напряжений. В целом по площади сечения распределение остаточных напряжений в линиях уровня представлено на рисунке 6.

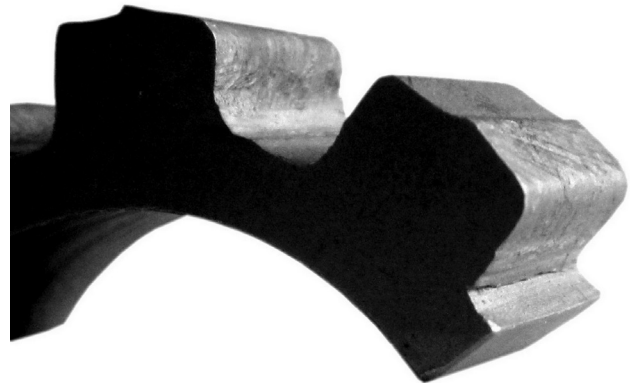
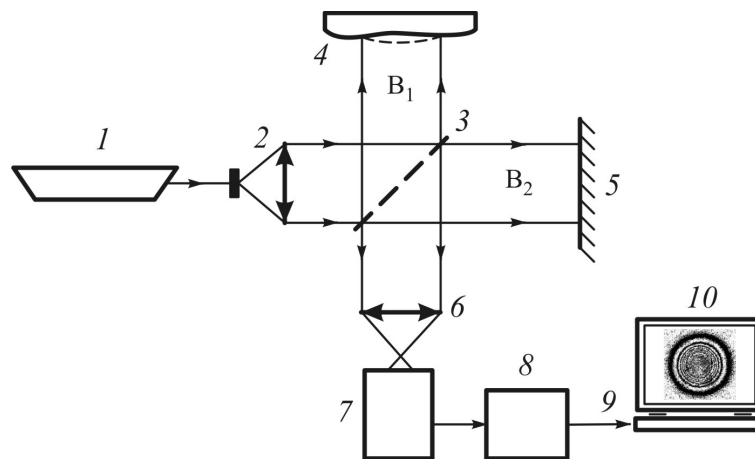


Рис. 4. Внешний вид шлица, восстановленного по совмещенной технологии



1 – лазер; 2 – коллиматор; 3 – делитель (полупрозрачное зеркало); 4 – объект; 5 – зеркало; 6 – объектив; 7 – цифровой фотодетектор (регистрирующая среда); 8 – устройство захвата изображения; 9 – интерфейсный кабель; 10 – персональный компьютер

Рис. 3. Оптическая схема экспериментальной установки

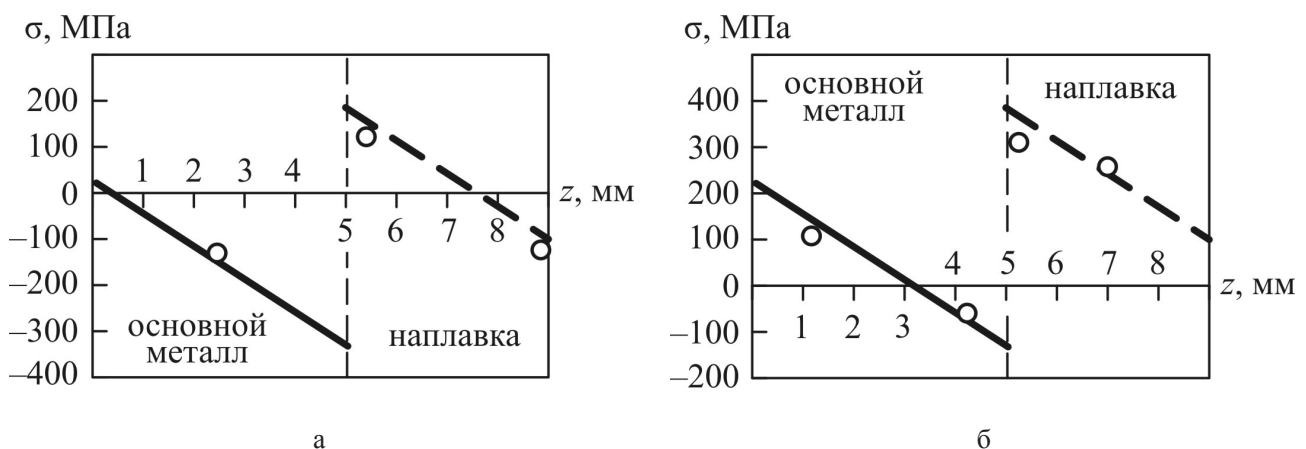


Рис. 5. Эпюры остаточных напряжений в шлице, восстановленном по совмещенной технологии: а – на верхней грани сечения; б – на нижней грани сечения; пунктирная линия – в наплавленном слое, сплошная линия – в основном металле

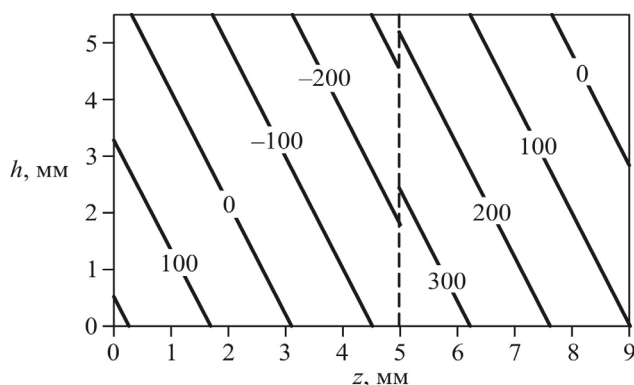


Рис. 6. Распределение остаточных напряжений (в МПа) по сечению восстановленного шлица

Результаты расчетов и экспериментальных исследований показали, что в целом остаточные напряжения в сечении шлица, восстановленного по совмещенной технологии, изменяются от -330 МПа до $+380$ МПа. В основном металле в верхней зоне сечения остаточные напряжения сжимающие, по величине достигают 330 МПа или $(0,8...0,9)\sigma_{\text{т}}^{\text{ом}}$, где $\sigma_{\text{т}}^{\text{ом}}$ — предел текучести основного металла. В корневой зоне сечения в основном металле остаточные напряжения переходят в растягивающие величиной до 220 МПа или $(0,5...0,6)\sigma_{\text{т}}^{\text{ом}}$. В наплавленной зоне сечения в верхней области, наиболее подверженной износу, остаточные напряжения незначительные по величине, изменяются в пределах от -100 МПа до $+100$ МПа, что составляет $(0,08...0,1)\sigma_{\text{т}}^{\text{нм}}$, где $\sigma_{\text{т}}^{\text{нм}}$ — предел текучести наплавленного металла. В корневой части наплавленной зоны сечения остаточные напряжения растягивающие, достигают 380 МПа или $(0,35...0,4)\sigma_{\text{т}}^{\text{нм}}$.

На основании полученных данных можно заключить о вполне благоприятном с точки зрения износостойкости и усталостной прочности напряженном состоянии шлица, восстановленного по совмещенной технологии.

Выводы

Теоретические и экспериментальные исследования напряженного состояния зубьев шлицевого вала, восстановленных по совмещенной технологии, показали ее высокую эффективность. Применение в технологии пластического деформирования остывающего наплавленного металла роликом приводит к его уплотнению, упрочнению и существенному снижению возникающих остаточных при наплавке остаточных напряжений. Этот эффект благоприятно сказывается на износостойкости и долговечности восстановленных зубьев.

Список литературы

1. Авдеев М. В., Воловик Е. И., Ульман И. Е. Технология ремонта машин и оборудования. М. : Агропромиздат, 1986. 248 с.
2. Воловик Е. Л. Справочник по восстановлению деталей. М. : Колос, 1981. 351 с.
3. Молодых Н. В., Зенкин А. С. Восстановление деталей машин : справочник. М. : Машиностроение, 1989. 480 с.
4. Восстановление деталей машин / Ф. И. Пантелеев, В. П. Лялякин, В. П. Иванов, В. М. Константинов ; под ред. В. П. Иванова. М. : Машиностроение, 2003. 672 с.
5. Черноиванов В. И. Восстановление деталей сельскохозяйственных машин. М. : Колос, 1983. 220 с.
6. Восстановление шлицевых валов наплавкой в среде углекислого газа с последующей нитроцементацией / В. В. Бедин [и др.] // Вестник Курской ГСХА. 2013. № 2. С. 67–69.
7. Годунов Н. Б. Обеспечение работоспособности и ресурсосбережения при восстановлении и упрочнении сложнопрофильных шлицевых деталей накаткой : дис. ... д-ра техн. наук. Саратов, 2010. 261 с.
8. Синичкин В. П. Технология восстановления полуосей задних мостов автомобилей давлением : дис. ... канд. техн. наук. Саратов, 2000. 202 с.
9. Магомедов Р. Я. Совершенствование технологии восстановления неравномерно изношенных по длине шлицевых втулок карданных передач осадкой с продольным профилированием шлицев : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Саратов, 2012. 19 с.
10. Рудик Ф. Я., Годунов Н. Б. Пути повышения прочностных показателей шлицевых деталей карданных передач при их восстановлении // Вестник СГАУ. 2008. № 1. С. 53–56.
11. Пат. 2530924 Рос. Федерация. Способ восстановления изношенных боковых поверхностей шлицев. № 2013104481/02 ; опубл. 20.10.14, Бюл. № 29.
12. Белоглазов Н. С., Торбеев И. Г., Широков А. С. Совмещенная технология восстановления прямобоковых шлицевых валов // Материалы XLIV Междунар. науч.-техн. конф. «Достижения науки — агропромышленному производству». Челябинск : ЧГАУ, 2005. Ч. 4. С. 159–161.
13. Белоглазов Н. С., Торбеев И. Г., Широков А. С. Определение площади контакта ролика с наплавленным металлом при восстановлении зубьев шлицевых валов // Материалы XLIX Междунар. науч.-техн. конф. «Достиже-



ния науки – агропромышленному производству». Челябинск : ЧГАА, 2010. Ч. 4. С. 237–240.

14. Белоглазов Н. С., Торбеев И. Г., Широков А. С. Определение площади контакта формообразующего ролика с наплавленным металлом при восстановлении прямобоочных шлицев валов // АПК России. 2005. Т. 46. С. 217–220.

15. Вишняков Я. Д., Пискарев В. Д. Управление остаточными напряжениями в металлах и сплавах. М. : Металлургия, 1989. 254 с.

16. Проников А. С. Надежность машин. М. : Машиностроение, 1978. 592 с.

17. Бурумкулов Ф. Х., Лезин П. П. Работоспособность и долговечность восстановленных деталей и сборочных единиц машин. Саранск : Изд-во Мордовского ун-та, 1993. 121 с.

18. Игнатьев А. Г., Лисицина Е. В. Прогнозирование долговечности восстановленных деталей с учетом остаточных напряжений // АПК России. 2012. Т. 62. С. 50–53.

19. Остаточные напряжения поверхностного слоя как критерий сопротивления усталости деталей / В. Ф. Павлов [и др.]. // Вестник Самарского гос. техн. ун-та. Сер. : Физ.-мат. науки. 2004. Вып. 26. С. 115–121.

20. Кирпичев В. А. Разработка научных методов прогнозирования сопротивления усталости упрочненных деталей с концентраторами напряжений : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Самара, 2009. 34 с.

21. Биргер И. А. Остаточные напряжения. М. : Машгиз, 1963. 233 с.

22. Феодосьев В. И. Сопротивление материалов : учебник. М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. 592 с.

23. Винокуров В. А., Григорьянц А. Г. Теория сварочных деформаций и напряжений. М. : Машиностроение, 1984. 280 с.

24. Игнатьев А. Г. Метод измерения остаточных напряжений на основе упругопластического контактного взаимодействия // АПК России. 2007. Т. 50. С. 51–59.

25. Машрабов Н., Игнатьев А. Г., Сучилин В. И. Свойства и характеристики поверхностного слоя при восстановлении деталей высокоскоростной аргоно-дуговой наплавкой // АПК России. 2010. Т. 57. С. 115–121.

26. Ignatiev A. G., Erofeev V. V., Tretyakov A. A. Residual Stress Measurements Using Elasto-plastic Indentation and ESPI // Materials Science Forum, Vol. 843 (2016), pp. 161–166.

27. Игнатьев А. Г., Третьяков А. А., Ерофеев В. В. Измерение остаточных напряжений в восстановленных и упрочненных деталях // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 122. С. 167–171.

28. Игнатьев А. Г., Третьяков А. А. Экспериментальная оптико-электронная установка для измерения остаточных напряжений в восстановленных деталях // Агропродовольственная политика России. 2015. № 6 (18). С. 24–28.

29. Марочник сталей и сплавов / под ред. А. С. Зубченко. М. : Машиностроение, 2003. 784 с.

Игнатьев Андрей Геннадьевич, д-р техн. наук, профессор, кафедра «Прикладная механика», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: ignat74@bk.ru.

Смагин Николай Кузьмич, канд. техн. наук, доцент, кафедра «Прикладная механика», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: nikolay_smagin@mail.ru.

Широков Анатолий Семенович, кафедра «Технология и механизация животноводства и инженерная графика», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: shirokov3108@mail.ru.

* * *

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СТАЦИОНАРНОГО СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА В РЕАКТОРЕ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ ПО ОДНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ

Ю. П. Ильин, А. В. Белов, И. С. Стабулит, Н. Ю. Кузьмина, Н. В. Рудных

Рассматривается задача оптимального управления нагревом сырья в горизонтальном реакторе биогазовой установки с теплоизолированной боковой поверхностью. Под оптимальным управлением в данной задаче понимается задание такого краевого режима на торцах реактора, который в конечный момент времени обеспечит распределение температуры в реакторе, наиболее близкое (в смысле некоторой метрики) к желаемому распределению температур. Развитие и усложнение структуры производства переработки сырья в биогаз и другие компоненты приводит к тому, что необходимо стремиться минимизировать затраты сырья, временных и человеческих ресурсов, одновременно с этим повышая качество производимой продукции, в смысле близости ее показателей к установленным стандартам, а также полностью использовать все возможности оборудования в целях повышения производительности. Вследствие влияния различных факторов, снижается качество выпускаемой продукции и увеличивается количество непереработанного сырья, что приводит к необходимости разработки таких методов управления, которые бы обеспечивали наилучшее протекание исследуемых процессов. Формально речь идет о сложных системах, состояние которых характеризуется одним или несколькими параметрами, распределенными в пространстве и времени. Из-за сложности технологических производственных процессов и особенностей физических процессов распространения тепла, возникающих в ходе производства, для математического моделирования используются краевые задачи математической физики, а управление определяется функционалом специального вида, структура которого зависит от целей управления. В ряде случаев управляемую систему принято считать одномерной. Теория оптимального управления позволяет подбирать параметры, которые обеспечат оптимальное функционирование исследуемого процесса. Разработка новых и усовершенствование существующих методов оптимального управления процессами теплопроводности является актуальной научной задачей.

Ключевые слова: биогазовая установка, уравнение теплопроводности, однородная среда, заданный температурный режим, торцевые стенки реактора, оптимизация, управление температурным режимом, управляющие функции, ряд Фурье, кубический сплайн, начально-краевая задача для температуры, аналитическое решение, аппроксимация управляющего воздействия.

Одним из направлений энергетики России является использование нетрадиционных источников энергии [1–9]. Это определяет увеличение вклада биомассы в энергетический баланс, в целях анаэробного производства биогаза [9–11]. При этом одной из задач [10] является задача оптимального управления процессами теплопроводности в реакторах биогазовых установок.

Для решения задач оптимального управления процессом распространения тепла в реакторе используются сеточные методы в сочетании с методами оптимизации (методы проекции градиента и условного градиента) [11, 12...18],

методы, основанные на разложении в ряды Фурье [11, 12, 16], и другие [21, 22].

Как известно, процессы теплопроводности описываются параболическими уравнениями [19, 20]. Кроме того, параболическими уравнениями описываются нестационарные процессы диффузии, фильтрации.

Теоретическое исследование, а также постановка задач оптимального управления, описываемых параболическими уравнениями, приведены в [15, 21]. Каждый из перечисленных методов обладает рядом достоинств и недостатков. К недостатку сеточных методов [22] следует отнести то, что решение задачи получается

в виде массива чисел, дающих значение температуры только в отдельных точках расчетной области. В настоящей работе решение уравнений теплопроводности в реакторах БГУ представляется методом, основанным на решении непрерывной функции – линейной комбинации базисных функций.

Цели и задачи исследования

Целью настоящего исследования является применение математических методов оптимального управления конечным температурным состоянием однородного поля за счет управления температурным режимом на его концах.

Нами для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- сформулировать соответствующую целям работы задачу оптимального управления процессом теплопроводности в однородном поле;
- используя метод Фурье, получить решение задачи теплопроводности в однородном поле с теплоизолированной боковой поверхностью (без внутренних источников тепла) при заданных краевых и начальном условиях;

– рассмотреть различные способы задания управляющих воздействий (в виде отрезка ряда Фурье и в виде кубического сплайна);

– провести вычислительные эксперименты для разных параметров процесса оптимального управления конечным температурным состоянием однородного поля реактора.

Постановка задачи

Имеется однородное пространство реактора $0 \leq x \leq L$ с теплоизолированной боковой поверхностью (внутренние источники тепла отсутствуют) и с заданным температурным режимом на его концах. Через $u = u(x, t)$ обозначим температуру реактора в точке x в момент времени t .

При рассмотрении данного вопроса мы исходили из конструктивных параметров установки, которая включает несколько горизонтальных реакторов емкостью 75 м^3 , разделенных вертикальными перегородками на четыре секции. Перегородки смонтированы таким образом, что загружаемая масса от первой до четвертой секции проходит по синусоиде. Трубопроводы для подогрева сбраживаемой массы

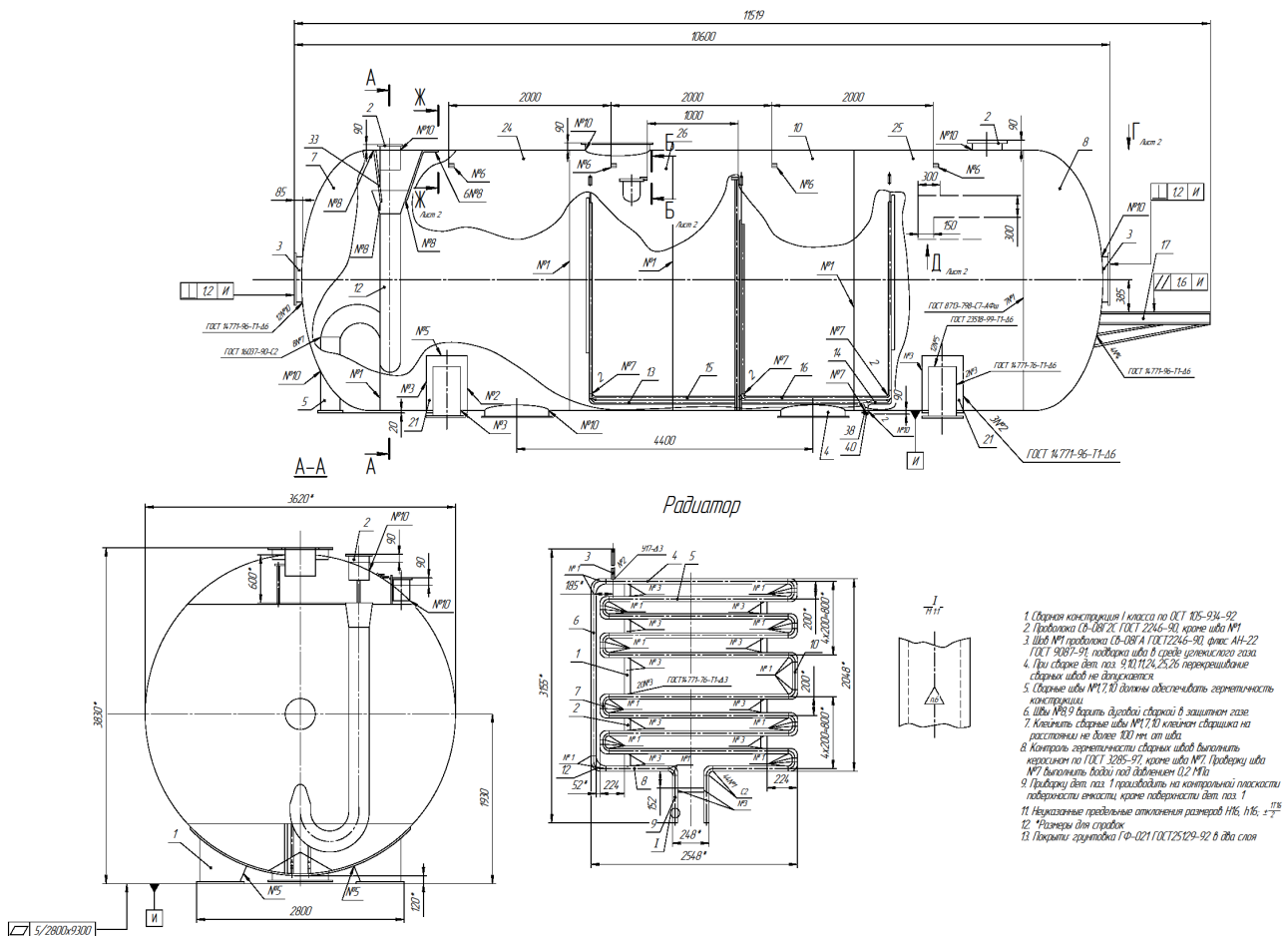


Рис. 1. Емкость метантенка (сборочный чертеж)

смонтированы на конечных перегородках с целью создания краевых и начальных условий. Боковые поверхности реактора теплоизолированы, внутренних источников подогрева нет.

Система ректора характеризуется несколькими параметрами, распределенными в пространстве и времени.

$U = U(t, x, y, z)$ – температура в точке с координатами (x, y, z) в момент времени t .

P – это температура, которой нужно добиться.

Температура в точке с координатами (x, y, z) принадлежит области от 0 до T : $U \in [0; T] \times R^3$.

Задана область объема $V \in R^3$ с границей Γ . Внутри объема V задана связная область, принадлежащая этому объему $\gamma \in V$.

Особенностью мезофильного, термотолерантного и термофильного процессов является распространение тепла в ходе брожения навозного субстрата. Для математического моделирования принято использовать краевые задачи математической физики, а уравнение определять функционалом специального вида, структура которого зависит от целей управления.

$$f(x, y, z) = \begin{cases} 1, & \text{если } (x, y, z) \in \gamma \\ 0, & \text{если } (x, y, z) \notin \gamma \end{cases} \quad (1)$$

Динамика системы задается параболическим уравнением вида:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = a^2 \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} \right) + c(t)f(x, y, z) \quad (2)$$

с начальными условиями (ζ начальное распределение температур)

$$U(0, x, y, z) = \varphi(x, y, z) \quad (3)$$

и граничными условиями третьего рода (теплообмен с окружающей средой).

Управление системой со временем (t) принадлежит к классу кусочно-постоянных в диапазоне $[0; T]$ функций:

$$Y(U) = \int_0^T \int_{\Gamma} (U(t, x, y, z) - P)^2 d\sigma \cdot dt \rightarrow \min, \quad (4)$$

где U – граница элементарного эллиптического объема.

$$x^2 + y^2 = R^2; 0 < h \in h; \quad (5)$$

h – расстояние между перегородками.

Решением интеграла является:

$$\begin{aligned} & \int_0^1 \int_{\Gamma} (U(t, x, y, z) - P)^2 d\sigma \cdot dt \rightarrow \\ & \rightarrow \int_0^1 \sigma \cdot (P\sigma) \cdot \int_{\Gamma} (P - U(t, x, y, z))^2 \cdot dt \rightarrow \\ & \rightarrow \sigma \cdot \left(P^2 t + \int U(t, x, y, z)^2 - 2 \cdot P \cdot U(t, x, y, z) dt \right) \rightarrow (6) \\ & \rightarrow \int_0^1 \sigma U(P - U(t, x, y, z))^2 \cdot dt \rightarrow \\ & \rightarrow \int_0^1 \sigma U(P - U(t, x, y, z))^2 \cdot dt. \end{aligned}$$

Пусть $u|_{t=0} = \varphi(x)$, $0 \leq x \leq L$ распределение температуры в реакторе в начальный момент времени – $t = 0$.

Требуется, управляя температурным режимом на торцах реактора, к заданному моменту времени $T > 0$ распределение температуры в реакторе сделать как можно более близким к заданному распределению температур $y(x)$, $0 \leq x \leq L$.

Формальная постановка задачи оптимального управления конечным температурным состоянием реактора имеет вид:

$$\begin{aligned} J(\mu) &= \|u(x, T; \mu) - y(x)\|_{L_2(0, L)}^2 = \\ &= \int_0^L (u(x, T; \mu) - y(x))^2 dx \end{aligned} \quad (7)$$

при условии, что $u = u(x, t) = u(x, t; \mu)$ является решением начально-краевой задачи:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \quad 0 \leq x \leq L, \quad t > 0; \quad (8)$$

$$u|_{t=0} = \varphi(x), \quad 0 \leq x \leq L; \quad (9)$$

$$\left(-\alpha_1 \frac{\partial u}{\partial x} + \beta_1 u \right) \Big|_{x=0} = \mu_1(t), \quad t \geq 0; \quad (10)$$

$$\left(\alpha_2 \frac{\partial u}{\partial x} + \beta_2 u \right) \Big|_{x=L} = \mu_2(t), \quad t \geq 0, \quad (11)$$

где a^2 , L , α_1 , α_2 , β_1 , β_2 – заданные положительные константы;

$\varphi(x)$ – заданная функция из $L_2(0, L)$.

В уравнении (8) $a^2 = \frac{k}{\rho c}$ – коэффициент температуропроводности сбраживаемого материала в реакторе;

ρ – плотность материала;

c – удельная массовая теплоемкость;

k – коэффициент теплопроводности сбраживаемого материала.



Предполагается, что $\mu = (\mu_1(t), \mu_2(t))$ – управление, принадлежащее множеству:

$$M = \{\mu = (\mu_1(t), \mu_2(t)) \in L_2(0, T) \times L_2(0, T),$$

$$\mu_1^{\min} \leq \mu_1(t) \leq \mu_1^{\max}, \mu_2^{\min} \leq \mu_2(t) \leq \mu_2^{\max}; \quad (12)$$

почти всюду на $[0, T]$, где $\mu_1^{\min} < \mu_1^{\max}, \mu_2^{\min} < \mu_2^{\max}$.

Возможны также и другие ограничения, накладываемые на управление μ [11, 21].

Исследование разрешимости задачи (8)–(12) проводится аналогично схеме, приведенной в [14].

Построение оптимального управления

Сначала получим решение задачи (8)–(11) методом Фурье. Сделаем замену

$$u(x, t) = w(x, t) + v(x, t), \quad (13)$$

где $v(x, t)$ новая неизвестная функция;

$$w(x, t) = \frac{x^2}{2\alpha_2 L + \beta_2 L^2} \mu_2(t) + \frac{(x-L)^2}{2\alpha_1 L + \beta_1 L^2} \mu_1(t). \quad (14)$$

Функция $w(x, t)$ выбрана так, чтобы удовлетворять неоднородным краевым условиям (10), (11)

Тогда для функции $v(x, t)$ получим начально-краевую задачу с однородными краевыми условиями:

$$\frac{\partial v}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} = f(x, t), \quad 0 < x < L, \quad t > 0; \quad (15)$$

$$v_{t=0} = \psi(x), \quad 0 \leq x \leq L; \quad (16)$$

$$\left(-\alpha_1 \frac{\partial v}{\partial x} + \beta_1 v \right) \Big|_{x=0} = 0, \quad t \geq 0; \quad (17)$$

$$\left(\alpha_2 \frac{\partial v}{\partial x} + \beta_2 v \right) \Big|_{x=L} = 0, \quad t \geq 0, \quad (18)$$

где

$$f(x, t) = a^2 \left(\frac{2}{2\alpha_2 L + \beta_2 L^2} \mu_2(t) + \frac{2}{2\alpha_1 L + \beta_1 L^2} \mu_1(t) \right) - \frac{x^2}{2\alpha_2 L + \beta_2 L^2} \mu_2'(t) - \frac{(x-L)^2}{2\alpha_1 L + \beta_1 L^2} \mu_1'(t),$$

$$\psi(x) = \varphi(x) - \frac{x^2}{2\alpha_2 L + \beta_2 L^2} \mu_2(0) - \frac{(x-L)^2}{2\alpha_1 L + \beta_1 L^2} \mu_1(0). \quad (20)$$

Собственные значения задачи (15)–(18) есть [10] $\lambda_n = \left(\frac{\xi_n}{L} \right)^2$, $n = 1, 2, \dots$, где ξ_n – n -й положительный корень трансцендентного уравнения:

$$\operatorname{ctg} \xi = \frac{\alpha_1 \alpha_2 \xi^2 - \beta_1 \beta_2 L^2}{(\alpha_1 \beta_2 L + \alpha_2 \beta_1 L) \xi}, \quad (21)$$

а соответствующие им собственные функции $\Phi_n(x)$ имеют вид [17]:

$$\Phi_n(x) = \sin(\sqrt{\lambda_n} x + \Theta_n),$$

$$\text{где } \Theta_n = \arctg \frac{\alpha_1 \sqrt{\lambda_n}}{\beta_1},$$

кроме того

$$\|\Phi_n\|_{L_2(0, L)}^2 = \frac{L}{2} \left\{ 1 + \frac{(\alpha_1 \alpha_2 \xi_n^2 + \beta_1 \beta_2 L^2)(\alpha_1 \beta_2 L + \alpha_2 \beta_1 L)}{(\alpha_1^2 \xi_n^2 + \beta_1^2 L^2)(\alpha_2^2 \xi_n^2 + \beta_2^2 L^2)} \right\}.$$

Тогда решение задачи (15)–(18) находится в виде ряда (22):

$$v(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} T_n(t) \Phi_n(x). \quad (22)$$

Подставив ряд (22) в уравнение (15) и начальное условие (16), получим, что функции $T_n(t)$, $n = 1, 2, \dots$, являются уравнением задач Коши:

$$T_n'(t) + \lambda_n a^2 T_n(t) = f_n(t),$$

$$T_n(0) = \psi_n,$$

где

$$\psi_n = \frac{(\psi, \Phi_n)_{L_2(0, L)}}{\|\Phi_n\|_{L_2(0, L)}^2}, \quad (23)$$

$$f_n(t) = \frac{(f, \Phi_n)_{L_2(0, L)}}{\|\Phi_n\|_{L_2(0, L)}^2} \quad (24)$$

имеют вид:

$$T_n(t) = \psi_n e^{-\lambda_n a^2 t} + \int_0^t f_n(\tau) e^{-\lambda_n a^2 (t-\tau)} d\tau, \quad n = 1, 2, \dots \quad (25)$$

С учетом (14), (20) и (25) решение задачи (8)–(11) имеет вид:

$$u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \psi_n e^{-\lambda_n a^2 t} \Phi_n(x) + \sum_{n=1}^{\infty} \int_0^t f_n(\tau) e^{-\lambda_n a^2 (t-\tau)} d\tau \cdot \Phi_n(x) + \frac{x^2}{2\alpha_2 L + \beta_2 L^2} \mu_2(t) + \frac{(x-L)^2}{2\alpha_1 L + \beta_1 L^2} \mu_1(t). \quad (26)$$

Аппроксимацию функций $\mu_1(t)$, $\mu_2(t)$ находим в виде

$$\mu_1(t) = \sum_{k=1}^{m_1} q_k Q_k(t), \mu_2(t) = \sum_{j=1}^{m_2} r_j R_j(t), \quad (27)$$

где $\{Q_k\}$, $\{R_j\}$ – системы базисных функций в $L_2(0, T)$.

В этом случае

$$\psi(x) = \varphi(x) - \frac{x^2}{2\alpha_2 L + \beta_2 L^2} \sum_{j=1}^{m_2} r_j R_j(0) - \frac{(x-L)^2}{2\alpha_1 L + \beta_1 L^2} \sum_{k=1}^{m_1} q_k Q_k(0);$$

$$f(x, t) = a^2 \left(\frac{2}{2\alpha_2 L + \beta_2 L^2} \sum_{j=1}^{m_2} r_j R_j(t) + \frac{2}{2\alpha_1 L + \beta_1 L^2} \sum_{k=1}^{m_1} q_k Q_k(t) \right) - \\ - \frac{x^2}{2\alpha_2 L + \beta_2 L^2} \sum_{j=1}^{m_2} r_j R_j'(t) - \frac{(x-L)^2}{2\alpha_1 L + \beta_1 L^2} \sum_{k=1}^{m_1} q_k Q_k'(t).$$

Тогда

$$\psi_n = \frac{1}{\|\Phi_n\|_{L_2(0,L)}^2} \left(\int_0^L \varphi(\xi) \Phi_n(\xi) d\xi - \sum_{j=1}^{m_2} r_j \frac{R_j(0)}{2\alpha_2 L + \beta_2 L^2} \int_0^L \xi^2 \Phi_n(\xi) d\xi - \sum_{k=1}^{m_1} q_k \frac{Q_k(0)}{2\alpha_1 L + \beta_1 L^2} \int_0^L (\xi-L)^2 \Phi_n(\xi) d\xi \right), \quad (28)$$

$$n = 1, 2, \dots,$$

$$f_n(t) = \frac{1}{\|\Phi_n\|_{L_2(0,L)}^2} \left(\sum_{j=1}^{m_2} r_j R_j(t) \frac{2a^2}{2\alpha_2 L + \beta_2 L^2} \int_0^L \Phi_n(\xi) d\xi + \sum_{k=1}^{m_1} q_k Q_k(t) \frac{2a^2}{2\alpha_1 L + \beta_1 L^2} \int_0^L \Phi_n(\xi) d\xi - \right. \\ \left. - \sum_{j=1}^{m_2} r_j R_j'(t) \frac{1}{2\alpha_2 L + \beta_2 L^2} \int_0^L \xi^2 \Phi_n(\xi) d\xi - \sum_{k=1}^{m_1} q_k Q_k'(t) \frac{1}{2\alpha_1 L + \beta_1 L^2} \int_0^L (\xi-L)^2 \Phi_n(\xi) d\xi \right), \quad (29)$$

$$n = 1, 2, \dots$$

Подставив (27)–(29) в (26) и вычислив полученную функцию при $t = T$, получим:

$$u(x, T) = \sum_{k=1}^{m_1} q_k A_k(x) + \sum_{j=1}^{m_2} r_j B_j(x) + C(x), \quad (30)$$

где

$$A_k(x) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\Phi_n(x)}{\|\Phi_n\|_{L_2(0,L)}^2} \frac{1}{2\alpha_1 L + \beta_1 L^2} \left[\begin{aligned} & -Q_k(0) \int_0^L (\xi-L)^2 \Phi_n(\xi) d\xi \cdot e^{-\lambda_n a^2 T} + \\ & + 2a^2 \int_0^L \Phi_n(\xi) d\xi \int_0^T Q_k(\tau) e^{-\lambda_n a^2 (T-\tau)} d\tau - \\ & - \int_0^L (\xi-L)^2 \Phi_n(\xi) d\xi \int_0^T Q_k'(\tau) e^{-\lambda_n a^2 (T-\tau)} d\tau \end{aligned} \right] + (x-L)^2 Q_k(T), k = \overline{1, m_1}, \quad (31)$$

$$B_j(x) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\Phi_n(x)}{\|\Phi_n\|_{L_2(0,L)}^2} \frac{1}{2\alpha_2 L + \beta_2 L^2} \left[\begin{aligned} & -R_j(0) \int_0^L \xi^2 \Phi_n(\xi) d\xi \cdot e^{-\lambda_n a^2 T} + \\ & + 2a^2 \int_0^L \Phi_n(\xi) d\xi \int_0^T R_j(\tau) e^{-\lambda_n a^2 (T-\tau)} d\tau - \\ & - \int_0^L \xi^2 \Phi_n(\xi) d\xi \int_0^T R_j'(\tau) e^{-\lambda_n a^2 (T-\tau)} d\tau \end{aligned} \right] + x^2 R_j(T), j = \overline{1, m_2}, \quad (32)$$



$$C(x) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\Phi_n(x)}{\|\Phi_n\|_{L_2(0,L)}^2} \int_0^L \phi(\xi) \Phi_n(\xi) d\xi \cdot e^{-\lambda_n a^2 T}. \quad (33)$$

Таким образом, задача оптимального управления конечным температурным режимом нагревания однородной среды (7)–(12) сводится к задаче оптимизации:

$$\begin{aligned} J(\mu) &= \int_0^L \left(\sum_{k=1}^{m_1} q_k A_k(x) + \sum_{j=1}^{m_2} r_j B_j(x) + C(x) - y(x) \right)^2 dx = \\ &= \sum_{k=1}^{m_1} q_k^2 \delta_k^{(1)} + \sum_{j=1}^{m_2} r_j^2 \delta_j^{(2)} + 2 \sum_{k=1}^{m_1} \sum_{j=1}^{m_2} q_k r_j \gamma_{kj} + \\ &+ 2 \sum_{k=1}^{m_1} q_k \sigma_k^{(1)} + 2 \sum_{j=1}^{m_2} r_j \sigma_j^{(2)} + \eta \rightarrow \min_{\substack{q_k, k=1, m_1 \\ r_j, j=1, m_2}} \end{aligned} \quad (34)$$

где $\gamma_{kj} = \int_0^L A_k(x) B_j(x) dx$, $k = \overline{1, m_1}$, $j = \overline{1, m_2}$;

$$\delta_k^{(1)} = \int_0^L A_k^2(x) dx, k = \overline{1, m_1};$$

$$\delta_j^{(2)} = \int_0^L B_j^2(x) dx, j = \overline{1, m_2};$$

$$\sigma_k^1 = \int_0^L A_k(x) (C(x) - y(x)) dx, k = \overline{1, m_1};$$

$$\sigma_j^2 = \int_0^L B_j(x) (C(x) - y(x)) dx, j = \overline{1, m_2};$$

$$\eta = \int_0^L (C(x) - y(x))^2 dx.$$

Задачу оптимизации (34) нужно дополнить ограничениями на управление (12) или другими [11, 21].

Вычислительный эксперимент

Для проведения вычислительного эксперимента в задаче (7)–(12) при разных значениях m были выбраны следующие значения параметров: $L = 1$; $a = 1$; $T = 1$.

Начальное значение температуры в реакторе $\varphi(X) = 0$.

Функция $\mu_1(t)$ считается заданной, поэтому управление μ заключается в определении функции $\mu_2(t)$.

Управление $\mu_2(t)$ определяется в виде отрезка ряда Фурье:

$$\mu_2(t) = v_{20} + \sum_{k=1}^m \mu_{2k} \sin \frac{\pi k t}{T} + \sum_{k=1}^m v_{2k} \cos \frac{\pi k t}{T}; \quad (35)$$

или кубического сплайна:

$$\mu_2(t) = \sum_{k=-1}^{m+1} r_k B_3\left(\frac{t}{\tau} - \kappa\right), \quad (36)$$

где

$$B_3(Z) = \frac{1}{4} \left[(Z+2)_+^3 - 4((Z+1)_+^3 + 6(Z)_+^3 - 4(Z-1)_+^3 + (Z-2)_+^3) \right],$$

$$\begin{cases} (f(z))_+ = \{f(z) \geq 0, \\ 0, f(z) < 0, \end{cases} \quad \tau = \frac{T}{m}.$$

На управление $\mu_2(t)$ накладываются следующие ограничения: $\mu_2(0) = 0$.

$$0 \leq \mu_2(t) \leq 10, \quad t \in (0, T].$$

Рассматриваемый вариант

Пусть левая часть выбранного сектора реактора (метантенка) теплоизолирована, а управление заключается в задании при $t \in (0, T]$ теплового потока в правой части сектора.

Этот случай соответствует следующим значениям параметров в краевых условиях (10), (11): $\alpha_1 = 1$, $\alpha_2 = 1$, $\beta_1 = 0$, $\beta_2 = 0$.

Функция $\mu_1(t)$ известна: $\mu_1(t) = 0$.

В этом случае собственные значения

$$\lambda_0 = 0, \quad \lambda_n = \left(\frac{\pi n}{L} \right)^2, \quad n = 1, 2, \dots,$$

а собственные функции

$$\Phi_0(x) = 1, \quad \Phi_n(x) = \cos \frac{\pi n x}{L}, \quad n = 1, 2, \dots$$

На рисунке 2 приведен график функции $\mu_2(t)$ оптимального управления тепловым потоком в правой части секции реактора вида (35) для $m = 5$, а на рисунке 3 соответствующий этому случаю модуль разности желаемой $y(x) = x$ и фактической $u(x, T)$ температур в конечный момент времени $T = 1$.

При этом $\|u(x, T) - y(x)\|_{L_2(0,L)} = 0,57 \cdot 10^{-1}$.

На рисунке 2 приведен график функции $\mu_2(t)$ оптимального управления тепловым потоком в правой части выбранного сектора реактора вида (36) для $m = 10$, а на рисунке 3 – соответствующий этому случаю модуль разности желаемой $y(x) = x$ и фактической $u(x, T)$ температур в конечный момент времени $T = 1$.

При этом $\|u(x, T) - y(x)\|_{L_2(0,L)} = 0,48 \cdot 10^{-1}$.

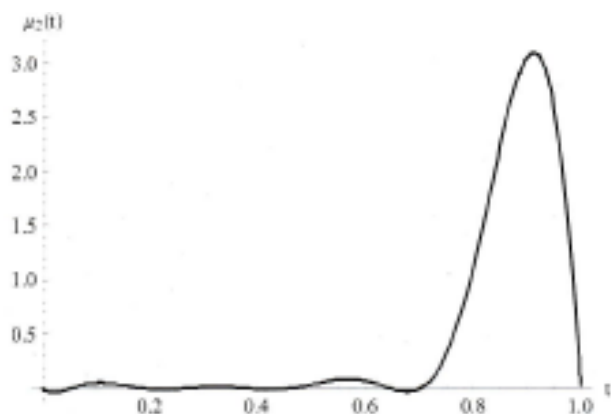


Рис. 2. График функции $\mu_2(t)$ оптимального управления тепловым потоком в правой части секции реактора

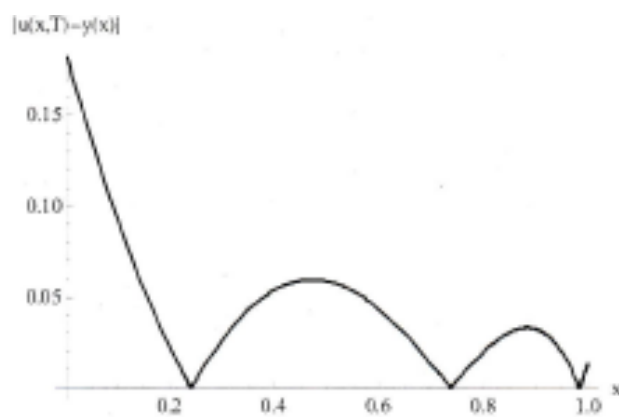


Рис. 3. График модуля разности желаемой и фактической температур

Выводы

Предложен метод построения оптимального управления конечным температурным состоянием однородной среды реактора БГУ. При этом аппроксимируются управляющие функции отрезком ряда Фурье или кубическим сплайном. Представлен пример вычислительного эксперимента оптимального управления тепловым потоком в правой части реактора при теплоизолированной боковой поверхности реактора. При использовании различных типов аппроксимации сохраняется структура управления оптимальным нагревом однородной среды $\mu_2(t)$. В предложенном методе начальная краевая задача для температуры решается аналитически и оптимальное управление находится в аналитическом виде. Для выбора типа аппроксимации управляющего воздействия используются технические возможности процесса переработки субстрата сырья в реакторе БГУ. В этом состоят полученные научная и практическая значимости результатов оптимального управления конечным температурным состоянием перерабатываемой среды.

Список литературы

1. Антонов Ю. М. Основные аспекты энергосбережения в сельском хозяйстве // Энергосбережение в сельском хозяйстве. М., 1998. Ч. 1. С. 44–46.
2. Дмитриев С. В. Разработка гибридных генетических алгоритмов для решения задач оптимального управления динамическими системами : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Ижевск, 2007. 125 с.
3. Свалова М. В. Математическая модель процесса получения биогаза из отходов продук-

ции птицеводства // Вестник Ижевского государственного технического университета. 2008. № 3. С. 145–146.

4. Эдер Б., Шульц Х. Биогазовые установки. Практическое пособие // Сайт компании «Зорг». 2008. Режим доступа : http://zorgbiogas.ru/upload/pdf/Biogas_plants_Practics.pdf (дата обращения 10.04.2017).

5. Abdullahi I., Isma'il A., Galadima A. Effect of Kinetic Parameters on Biogas Production from Local Substrate using a Batch Feeding Digester // European Journal of Scientific Research. 2011. Vol. 57. № 4. P. 626–634. Режим доступа : http://www.eurojournals.com/EJSR_57_4_13.pdf (дата обращения 21.03.2017).

6. Budiyo I. N., Widiyasa S. J. Increasing Biogas Production Rate from Cattle Manure Using Rumen Fluid as Inoculums // International Journal of Basic & Applied Sciences IJBAS-IJENS. 2010. Vol. 10. № 1. P. 68–74. Режим доступа : <http://www.ijens.org/101501-8282%20IJBAS-IJENS.pdf> (дата обращения 21.03.2017).

7. Gerber M. An Analysis of Available Mathematical for Anaerobic Digestion of Organic Substances for Production of Biogas // Ruhr-Universität Bochum. 2008. Режим доступа : http://www.ruhr-uni-bochum.de/thermo/Forschung/pdf/IGRC_Full_Paper_Paris.pdf (дата обращения 09.04.2017).

8. Ntengwe F. W., Njovu L., Kasali G. Biogas production in cone-closed floatingdome batch digester under tropical conditions // International Journal of ChemTech Research. 2010. Vol. 2. № 1. P. 483–492. Режим доступа : [http://sphinxssai.com/sphinxssaiVol_2No.1/ChemTech_Vol_2No1/ChemTech_Vol_2No1PDF/CT=78%20\(483-492\).pdf](http://sphinxssai.com/sphinxssaiVol_2No.1/ChemTech_Vol_2No1/ChemTech_Vol_2No1PDF/CT=78%20(483-492).pdf) (дата обращения 21.02.2017).



9. Чмиль А. И. Математическое моделирование и оптимизация процессов метанового сбраживания животноводческих отходов // Эко-технологии и ресурсосбережение. 1996. № 2. С. 20–24.

10. Варфоломеев С. Д., Гуревич К. Г. Биокинетика: Практический курс. М. : ФАИР-ПРЕСС, 1999. 720 с.

11. Бутковский А. Г. Теория оптимального управления системами с распределенными параметрами. М. : Наука, 1965. 474 с.

12. Бутырин В. И., Фильштинский Л. А. Оптимальное управление температурным полем в стержне при программном изменении зоны управления // Прикладная механика. 1976. Т. 12. № 8. С. 115–118.

13. Вабишевич П. Н. Вычислительные методы математической физики. Обратные задачи и задачи управления. М. : Вузовская книга, 2009. 268 с.

14. Васильев Ф. П. Методы оптимизации : в 2-х кн. Мн. : МНЦНМО, 2011. Ч. II. 434 с.

15. Лионс Ж. Л. Оптимальное управление системами, описываемыми уравнениями с частными производными. М. : Мир, 1972. 416 с.

16. Лисковец О. А. Вариационные методы решения неустойчивых задач. М. : Наука и техника, 1981. 344 с.

17. Мартинсон Л. К., Малов Ю. И. Дифференциальные уравнения математической физики. 2-е изд. М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2002. 368 с.

18. Самарский А. А., Вабишевич П. Н. Вычислительная теплопередача. М. : Едиториал УРСС, 2003. 784 с.

19. Свешников А. Г., Боголюбов А. Н., Кравцов В. В. Лекции по математической физике. М. : Наука, 2004. 416 с.

20. Тихонов А. Н., Самарский А. А. Уравнения математической физики. М. : Наука, 2004. 798 с.

21. Фурсиков А. В. Оптимальное управление распределенными системами. Теория и приложения. Новосибирск : Научная книга, 1999. 352 с.

22. Уточнение математической модели влияния температуры на устойчивость режима переработки субстрата в БГУ / Ю. П. Ильин [и др.] // АПК России. 2016. Т. 23. № 3. С. 567–574.

Ильин Юрий Петрович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: U-ilyin@mail.ru.

Белов Александр Владимирович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: U-ilyin@mail.ru.

Стабулит Ирина Станиславовна, старший преподаватель кафедры математики, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: U-ilyin@mail.ru.

Кузьмина Наталья Юрьевна, соискатель кафедры «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: U-ilyin@mail.ru.

Рудных Наталья Викторовна, ассистент кафедры «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: U-ilyin@mail.ru.

* * *

АНАЛИЗ ЧИСЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БИНОРМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ СОСКОВОЙ РЕЗИНЫ ДОИЛЬНЫХ АППАРАТОВ

А. Н. Козлов, Б. Ш. Барпыбаев, У. Н. Нурдан

Получены достоверные оценки числовых характеристик перемещений сосковой резины доильных аппаратов, а также параметров функций и спектральных плотностей. Приведен анализ случайных величин перемещения противоположных стенок сосковой резины марки Ultraliner DL000U в гильзе доильных аппаратов. Он выполнен на основании сопоставления числовых характеристик биномиального распределения случайных величин перемещений сосковой резины с первого по двенадцатый месяцы эксплуатации. Установили, что плотность случайных величин сосковой резины с 1-го по 9 месяцы эксплуатации находится в диапазоне 6...9 мм, а с 10 месяца резко возрастает до 12,5, 11 месяца – до 13,4 и к 12 месяцу – до 15 мм. Графическая интерпретация табличных данных плотности случайных величин описывается полиномиальной функцией $y = 0,1138x^2 - 0,8567x + 8,5308$ при коэффициенте регрессии $R^2 = 0,723$. Кривая линия, описывающая данную зависимость, по седьмой месяц практически не меняется, ее возрастание начинается с девятого месяца. Это свидетельствует в совокупности с анализом табличных данных о продолжительности эксплуатации сосковой резины по плотности случайных величин в течение 9 месяцев. Точность истинного результата с 1-го по 9 месяцы изменяются в диапазоне от 32...92 с разностью по месяцам, от 30...40 она увеличивается с 10 месяца до 157, с 11 месяца – 180 и с 12 – 226. Графическая интерпретация табличных данных точности истинного результата описывается полиномиальной функцией $y = 2,7109x^2 - 22,207x + 89,233$ при коэффициенте регрессии $R^2 = 0,7923$. Кривая линия, описывающая данную зависимость по 6...7 месяцы, не меняется. Она возрастает с девятого месяца. Это свидетельствует в совокупности с анализом табличных данных о продолжительности эксплуатации сосковой резины по точности истинного результата случайных величин в течение 9 месяцев.

Ключевые слова: непрерывная случайная величина, полиномиальная зависимость, сосковая резина доильного аппарата, плотность, точность истинного результата.

Техническая диагностика сосковой резины доильных аппаратов является недостаточно изученной областью [1–5]. Многообразие факторов, действующих на работоспособность сосковой резины в процессе эксплуатации, трудно учесть [6–11]. Представляет сложность и анализ их взаимодействия. Нет методик статистической оценки условий эксплуатации доильных аппаратов [12–17].

Эффективность работы доильных аппаратов определяется режимом работы сосковой резины. Она, находясь в гильзе доильного стакана, перемещается в горизонтальной плоскости за счет смены разрежения на атмосферное дав-

ление и наоборот. Перемещения, в виде смыкания–размыкания оболочки сосковой резины под соском вымени коровы, должны быть адекватными для партии резины в течение определенного срока эксплуатации.

Цель исследования – определить продолжительность эксплуатации сосковой резины доильных аппаратов по анализу ее вероятностно-статистических характеристик.

Методика исследований

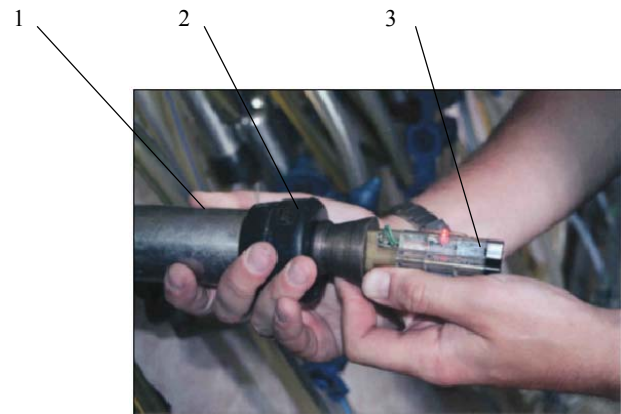
Опыты проводились на молочном комплексе ООО «Заря» Сосновского района Челя-

бинской области с поголовьем около 1000 голов при двухразовом доении коров черно-пестрой породы. Среднегодовой удой составлял около 5000 литров в год. Сосковую резину марки Ultraliner DL000U после каждого месяца эксплуатации диагностировали в течение двенадцати месяцев по методу перемещений противоположных стенок в гильзе доильного стакана. Нагружение сосковой резины производили изменением высоты столба жидкости с фиксацией высоты, при которой смыкаются противоположные стенки оболочки сосковой резины. Момент смыкания регистрировали устройством (рис. 1), которое содержит корпус с системой контактов в виде шести упругих лепестков (рис. 1 б), на их свободном конце закреплены круглые напайки. Контакты расположены на равном расстоянии друг от друга по периметру окружности. Лепестки контактов, противоположно расположенные, замыкаются через внутренний центральный стержень, соединенный с индикатором. Он имеет автономный источник питания.

Смыкание противоположных лепестков в процессе нагружения сосковой резины приводит к загоранию индикатора и производится визуальная фиксация величины водяного столба.

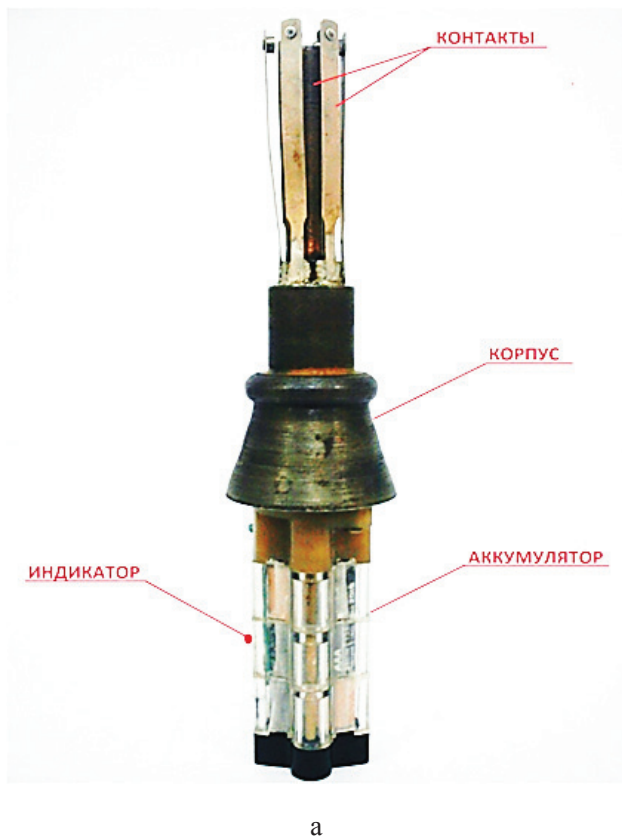
Фрагмент производственной регистрации перемещений сосковой резины доильного аппарата представлен на рисунке 2.

Непрерывные случайные величины перемещений сосковой резины в гильзе доильного стакана обрабатывали статистическими методами с применением программных продуктов MathCAD 14 и Microsoft Excel.

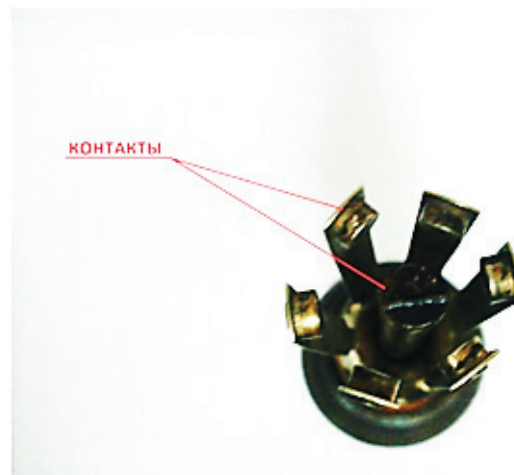


1 – гильза доильного стакана; 2 – сосковая резина;
3 – датчик перемещений сосковой резины

Рис. 2. Фрагмент регистрации перемещений сосковой резины доильного аппарата



а



б

Рис. 1. Датчик для определения перемещения сосковой резины в гильзе доильного стакана:
а – общий вид; б – вид сверху

Результаты исследований

Анализ представленных случайных величин перемещения противоположных стенок сосковой резины (табл. 1) неоднозначны по числовым характеристикам по месяцам эксплуатации. За период эксплуатации с первого по девятый месяцы (рис. 3) существенных отклонений математического ожидания выборки не имеет и не превышает допустимые рекомендуемые пределы работоспособности 6...10 кПа [8]. В дальнейшем математическое ожидание выборки выходит за пределы рекомендуемого диапазона работоспособности сосковой резины, что свидетельствует о существенных физико-механических изменениях в ней. Поэтому длительность допустимой эксплуатации сосковой резины марки Ultraliner DL000U по математическому ожиданию случайной выборки можно оценить в девять месяцев.

Для описания функции распределения случайной величины перемещений сосковой резины по месяцам эксплуатации предварительно проанализировали ряд функций, с оценкой их соответствия по коэффициенту регрессии. Порядок ранжирования описательных функций, по наибольшему коэффициенту регрессии, представляет полиномиальная, экспоненциальная, линейная, логарифмическая, степенная, линейная фильтрация. Так, например, наиболее достоверные по коэффициенту регрессии, функциональные закономерности распределения математического ожидания случайной величины смыкаемости сосковой резины по месяцам эксплуатации представлены на рисунке 3.

Из них наиболее достоверна полиномиальная зависимость $y = 0,0375x^2 - 0,2434x + 8,9233$.

Для более достоверной оценки данного предположения проанализируем следующие числовые характеристики (табл. 1): плотность случайных величин, которая оценивается меньшим значением среднеквадратического отклонения (рис. 4), и точность истинного результата, оцениваемая меньшим значением дисперсии (рис. 5).

Плотность случайных величин [18] описывается полиномиальной функцией $y = 0,1138x^2 - 0,8567x + 8,5308$, для которой коэффициент регрессии является наибольшим из рассмотренных функций распределений и составляет $R^2 = 0,7231$ (рис. 4).

Чем меньше среднеквадратическое отклонение S (табл. 1), тем плотней вокруг математического ожидания расположены значения случайных величин, обладающие достаточно заметной вероятностью [18]. Исходя из вышесказанного, постоянной вероятностью обладает сосковая резина марки DL000U с первого по девятый месяцы. С десятого месяца она резко изменяется, что подтверждает предыдущий вывод по анализу математического ожидания случайной выборки.

Точность найденного истинного результата связана в первую очередь с мерой рассеяния – дисперсией наблюдаемой случайной величины. Она для сосковой резины марки UltralinerDL000U в процессе эксплуатации описывается полиномиальной функцией $y = 2,7109x^2 - 22,207x + 89,233$. Для нее коэффициент регрессии явился наиболь-

Таблица 1 – Параметры биномиального теоретического распределения перемещений сосковой резины марки Ultraliner DL000U

	Математическое ожидание выборки, m	Среднеква- дратическое отклонение, s	Дисперсия, D	Асимметрия, A	Экссесс, E	Дисперсия асимметрии, D_A	Дисперсия экссесса, D_E
1 месяц	86,85	5,638	31,787	-0,095	-0,831	0,113	0,367
2 месяц	86,958	7,721	59,615	-0,087	-0,072	0,113	0,367
3 месяц	86,646	9,608	92,319	-0,855	0,378	0,113	0,367
4 месяц	84,083	7,949	63,184	0,005	-0,831	0,113	0,367
5 месяц	93,854	6,161	37,957	0,451	0,078	0,113	0,367
6 месяц	89,167	8,514	72,482	1,381	1,382	0,113	0,367
7 месяц	87,104	6,612	43,712	0,15	-0,84	0,113	0,367
8 месяц	87,375	9,298	86,452	0,976	2,264	0,113	0,367
9 месяц	101,458	7,041	49,573	-0,538	1,776	0,113	0,367
10 месяц	100,875	12,53	157,005	0,0005	-1,304	0,113	0,367
11 месяц	103,375	13,423	180,177	0,833	0,294	0,113	0,367
12 месяц	119,313	15,046	226,39	0,625	0,009205	0,113	0,367



шим из рассмотренных функций распределений и составил $R^2 = 0,7923$. Исходя из вышесказанного, постоянной точностью обладает сосковая резина марки DL000U с первого по девятый меся-

цы. С десятого месяца она резко изменяется, что подтверждает предыдущие выводы по анализу математического ожидания и плотности случайной выборки.

$f_m(t)$, кПа

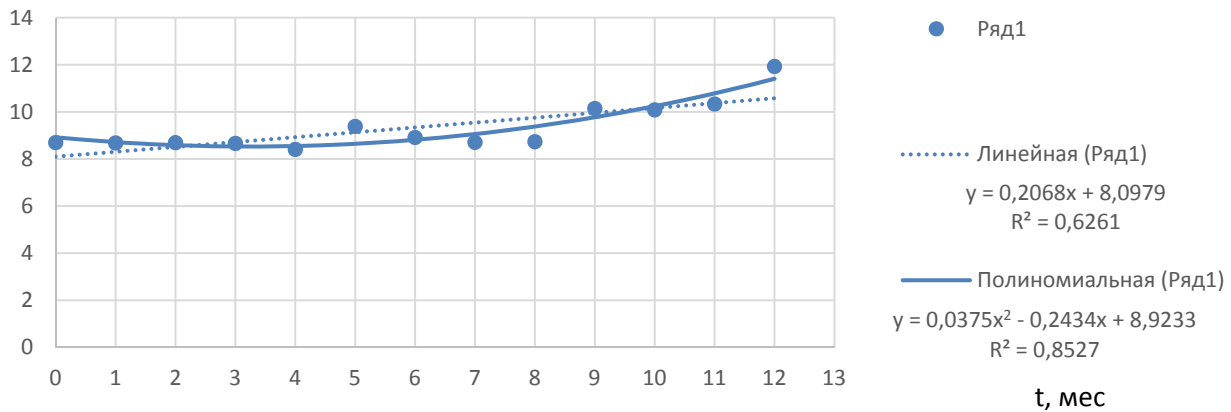


Рис. 3. Зависимость изменения случайной величины смыкаемости сосковой резины по месяцам эксплуатации

$f_s(t)$

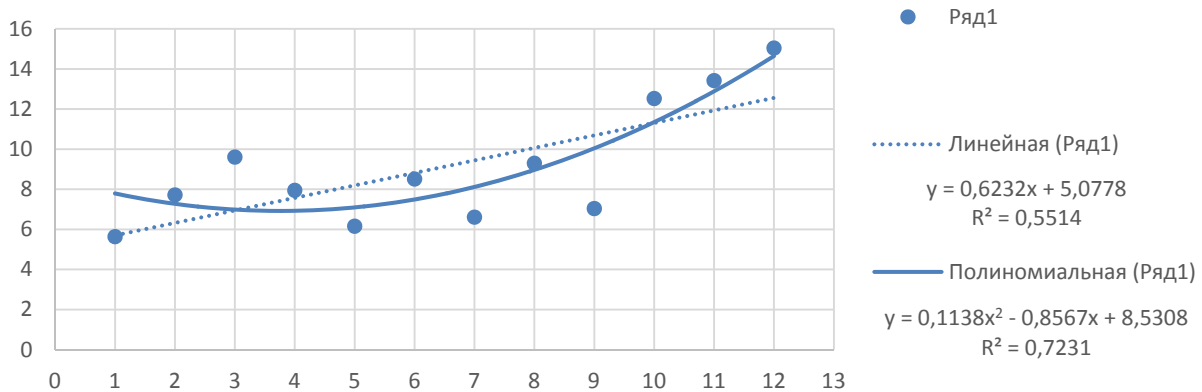


Рис. 4. Зависимость изменения случайных величин плотности перемещения сосковой резины по месяцам эксплуатации

$f_D(t)$

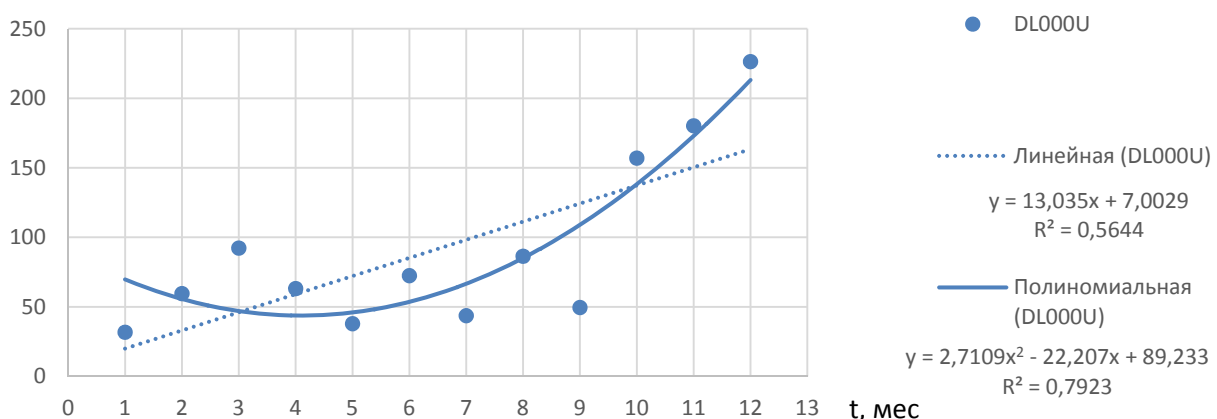


Рис. 5. Зависимость изменения случайной величины точности истинного результата перемещения сосковой резины по месяцам эксплуатации

Вывод

Анализ случайной величины перемещений сосковой резины марки UltralinerDL000U по числовым характеристикам распределения: математическому ожиданию, плотности и точности истинного результата выявил, что оптимальная продолжительность эксплуатации сосковой резины составляет девять месяцев.

Список литературы

1. Звиняковский В. Г. Новое в машинном доении коров. М. : Россельхозиздат, 1983. 60 с.
2. Фененко А. И. О диссимилирующем факторе доильного аппарата // Техника в сельском хозяйстве. 2011. № 2. С. 16–18.
3. Доровских В. И., Доровских Д. В., Хохлов И. Н. Повышение качества доения регулированием давления сосковой резины на сосок // Техника в сельском хозяйстве. 2006. № 8. С. 12–13.
4. Козлов А. Н. Методика диагностирования сосковой резины доильного аппарата // Вестник ЧГАА. 2015. Т. 71. С. 57–60.
5. Козлов А. Н., Попов В. С., Тимирбаева А. И. Обоснование способа оценочной деформации сосковой резины доильных аппаратов // Эволюция научной мысли : сб. стат. междунар. науч.-практ. конф. (21 февраля 2014 г.) Уфа : РИЦ БашГУ, 2014. Ч. 1. С. 40–46.
6. Андрианов Е. А., Андрианов А. А. Способ испытания сосковой резины с отдельной молочной трубкой // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2006. № 12. С. 14–15.
7. Щукин С. И., Легеза В. Н. Результаты исследований доильного аппарата с независимым вакуумом // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. № 1. С. 10–12.
8. Использование факторного анализа при разработке доильной техники / Л. П. Карташов, П. И. Огородников, З. В. Макаровская, В. И. Чепасов // Техника в сельском хозяйстве. 2000. № 2. С. 9–11.
9. Обоснование давления сосковой резины стимулирующего аппарата непрерывного давления на сосок вымени животного / Е. А. Андрианов, В. П. Шацкий, А. А. Андрианов, Д. И. Яловой // Техника и оборудование для села. 2015. № 9. С. 30–32.
10. Козлов Н. А., Тимирбаева А. И. Повышение точности и достоверной оценки жесткости сосковой резины доильных аппаратов // Вестник ЧГАА. 2014. Т. 68. С. 98–104.
11. Повышение эффективности использования и эксплуатационной надежности доильных аппаратов / В. А. Шахов [и др.] // Вестник ЧГАА. 2014. Т. 67/1. С. 60–64.
12. Козлов А. Н., Тимирбаева А. И. Исследование сосковой резины доильных аппаратов в динамическом режиме // Вестник КрасГАУ. 2014. Т. 1. С. 136–140.
13. Обоснование продолжительности эксплуатации сосковой резины доильных аппаратов / С. А. Соловьев, А. Н. Козлов, А. И. Тимирбаева, А. К. Ольховацкий // Труды ГОСНИТИ. М., 2013. Т. 113. С. 26–32.
14. Козлов А. Н., Шатруков В. И., Тимирбаева А. И. Деформация сосковой резины доильных аппаратов при различных температурах ее нагрева // Вестник ЧГАА. 2012. Т. 62. С. 54–57.
15. Козлов А. Н. Повышение технологической надежности доильной установки // Вестник ЧГАА. 2013. Т. 66. С. 42–47.
16. Соловьев С. А., Карташов Л. П. Исполнительные механизмы системы «Человек – машина – животное». Екатеринбург, 2001. 178 с.
17. Борознин В. А., Борознин А. В. Определение оперативного ресурса сосковой резины // МЭСХ. 2007. № 4. С. 15–16.
18. Пустыльник Е. И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений. М. : Наука, 1968. 288 с.

Козлов Александр Николаевич, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.
E-mail: alkoz2@yandex.ru

Барпыбаев Баяман Шайыбекович, бакалавр, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.
E-mail: alkoz2@yandex.ru.

Нурдан Уулу Нуркелди, бакалавр, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.
E-mail: ankozlov2016@yandex.ru.

* * *

РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОСЕВНОГО МАТЕРИАЛА ВЕРТИКАЛЬНЫМ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕМ ПРИ РАБОТЕ АГРЕГАТА НА СКЛОНАХ

М. В. Пятаев

Одной из причин неравномерного распределения семян машинами с пневматическими централизованными высевальными системами является работа на крутосклонных полях. В статье представлены теоретические исследования процесса движения посевного материала в подводящем трубопроводе вертикального распределителя при работе посевной машины на склоне. Для получения математической модели процесса проанализирована конструкция распределителя, составлена расчетная схема, приняты допущения и ограничения. На основе положений теоретической механики составлены дифференциальные уравнения движения частиц посевного материала в восходящем воздушном потоке при движении по вертикальному участку подводящего трубопровода распределителя. Решение уравнений позволило получить зависимости для определения кинематических характеристик движения частиц посевного материала и построения траекторий его движения. Полученные траектории движения в первом приближении описывали характер движения потока посевного материала по вертикальному трубопроводу распределителя при работе машины на склоне. Они раскрывают закономерности движения потока посевного материала по вертикальному трубопроводу распределителя при работе посевного агрегата на склоне. На основе теоретических исследований выдвинута гипотеза о возможности односторонней подачи посевного материала в коллектор распределительной головки при значительных углах склона. Смещение посевного материала к центру вертикального трубопровода можно достичь путем подбора эксплуатационных режимов работы высевальной системы и конструктивных параметров распределительного рабочего органа. Теоретически установлена возможность повышения равномерности распределения за счет увеличения скорости воздушного потока, что можно добиться путем подбора рациональных режимов работы вентилятора высевальной системы. Также теоретически установлена возможность снижения неравномерности распределения за счет повышения начальных скоростей частиц посевного материала, входящих в вертикальный трубопровод распределителя. Последнее может являться следствием как повышения скорости воздушного потока, так и использования распределителя с отводом специальной конструкции.

Ключевые слова: пневматическая централизованная высевальная система, траектория движения семян, дифференциальные уравнения, крутосклонные поля, неравномерность распределения семян.

Одним из наиболее существенных недостатков посевных машин с пневматическими централизованными высевальными системами является высокая неравномерность распределения посевного материала по ширине захвата. Среди причин, обуславливающих высокую неравномерность распределения, можно выделить несколько: отдельные недостатки в конструкции распределительных рабочих органов, работа на нерациональных эксплуатационных режимах и внешние условия [1–4]. К последнему, в частности, относится работа посевных машин на склонах.

Отдельно необходимо отметить, что исследования по определению неравномерности

распределения посевного материала осуществляются как правило в стационарных условиях (в лабораториях на макетах и стендах, на регулировочных площадках, в поле, когда посевной агрегат не движется). И даже в указанных смоделированных, значительно отличающихся от реальной эксплуатации условиях коэффициент вариации, характеризующий неравномерность, может превышать 10...15%, что значительно выше агротехнического допуска [5, 6, 7]. При работе же посевной машины на склоновых полях можно предполагать дальнейшее увеличение неравномерности распределения. Данная характерная особенность нашла отражение

в работах М. М. Константинова, Р. С. Рахимова, З. С. Рахимова, С. Г. Мударисова, Н. Т. Хлызова и ряде других [8–11]. Обзор работ указанных авторов показывает, что для снижения неравномерности распределения посевного материала в данном случае рекомендуется использовать различные конструктивные решения, суть которых сводится к обеспечению стабильного (горизонтального или вертикального) положения распределительного рабочего органа или выравнивание потока посевного материала внутри распределителя посредством различных балансирных устройств. Вместе с тем следует отметить недостаточную теоретическую проработку вопроса распределения посевного материала распределителями при работе на склоновых полях. При наличии же определенных теоретических наработок можно было бы давать более четкие рекомендации по совершенствованию конструкций и выбору режимов работы распределительных рабочих органов.

Целью исследований является первоначальный теоретический анализ процесса работы распределителя вертикального типа на склоновых полях, анализ возможных последствий, а также получение рекомендаций по совершенствованию конструкции и выбору режимных параметров.

Материалы и методы

В ходе теоретических исследований использованы общеизвестные положения теоретической механики. Получены и решены обыкновенные дифференциальные уравнения с разделяющимися переменными, составляющие математическую модель процесса движения посевного материала в вертикальном трубопроводе распределителя.

Результаты исследований

При работе посевных машин на склонах происходит естественное отклонение от вертикального положения жестко соединенных с рамой распределителей. В результате этого движущийся внутри вертикального трубопровода распределителя поток посевного материала отклоняется от оси трубы в сторону уклона и несимметрично поступает в коллектор делятельной головки. Это влечет в свою очередь неравномерное распределение по семяпроводам. Для анализа процесса рассмотрим движение частиц посевного материала в вертикальном трубопроводе распределителя при его наклонном положении.

С целью упрощения математического анализа примем несколько ограничений и допущений:

1. Основными характеристиками физико-механических свойств частиц посевного материала являются их масса m и коэффициент аэродинамического сопротивления k .

2. Рассматривается только поступательное, плоское движение частиц посевного материала в прямоугольных координатах.

3. Рассматривается движение двух частиц, расположенных соответственно в позиции 1 и позиции 2 (рис. 1).

4. На частицу посевного материала действуют аэродинамической силы F_a и сила тяжести G .

Величину аэродинамической силы при турбулентном режиме движения воздушного потока подсчитывают по выражению [12]:

$$F_a = \frac{kA\rho(v_b - v)^2}{2}, \quad (1)$$

где k – коэффициент аэродинамического сопротивления;

A – площадь миделева сечения, м^2 ;

ρ – плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$;

v_b – скорость воздушного потока, $\text{м}/\text{с}$;

v – скорость семени, $\text{м}/\text{с}$.

Величина силы тяжести определяется по выражению:

$$G = mg, \quad (2)$$

где m – масса частицы посевного материала, кг ;

g – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$.

Спроецировав силы, действующие на частицу посевного материала на выбранные оси координат XOY (рис. 1), получим дифференциальные уравнения ее движения в вертикальном трубопроводе распределителя, который имеет некоторый угол наклона α к горизонту:

$$\begin{cases} m \frac{dv_x}{dt} = \frac{kA\rho(v_b - v)^2}{2} - mg \cdot \cos \alpha; \\ m \frac{dv_y}{dt} = -mg \cdot \sin \alpha, \end{cases} \quad (3)$$

где α – угол наклона вертикального трубопровода относительно горизонтали, град.;

v_x – проекция скорости частицы посевного материала на ось OX , $\text{м}/\text{с}$.

Для удобства дальнейших расчетов безразмерный коэффициент аэродинамического сопротивления k представим в виде [13]:

$$k = \frac{2k_{\Pi} \cdot m}{A\rho}, \quad (4)$$

где k_{Π} – коэффициент парусности, м^{-1} .

Таким образом, сократив массу m , перепишем (3) в следующем виде:

$$\begin{cases} \frac{dv_x}{dt} = k_{\Pi} (v_B - v)^2 - g \cdot \cos \alpha; \\ \frac{dv_y}{dt} = -g \cdot \sin \alpha. \end{cases} \quad (5)$$

Решение данных уравнений позволит получить такие кинематические параметры движения частиц, как скорость и траектория. На основании полученных данных можно в первом приближении рассмотреть характер движения потока частиц посевного материала по наклонному вертикальному трубопроводу.

После первого интегрирования выражений (1) получены зависимости для определения скорости частицы посевного материала в наклонном вертикальном трубопроводе:

$$\begin{cases} v_x = v_B - \sqrt{\frac{g \cos \alpha}{k_{\Pi}}} \times \\ \times \text{th} \left(\text{Arth} \sqrt{\frac{k_{\Pi}}{g \cdot \cos \alpha}} (v_B - v_{0x}) + \sqrt{k_{\Pi} \cdot g \cos \alpha} \cdot t \right); \\ v_y = -gt \sin \alpha - v_{0y}. \end{cases} \quad (6)$$

После интегрирования выражений (2) получена зависимость для построения траекторий движения частиц посевного материала в наклонном вертикальном трубопроводе:

$$\begin{aligned} x = v_B \left(\frac{\sqrt{v_{0y}^2 + (y - y_0) 2gt \sin \alpha} - v_{0y}}{gt \sin \alpha} \right) - \frac{1}{k_{\Pi}} \times \\ \times \text{ch} \left(\text{Arth} \sqrt{\frac{k_{\Pi}}{g \cdot \cos \alpha}} (v_B - v_{0x}) + \sqrt{k_{\Pi} \cdot g \cdot \cos \alpha} \times \right. \\ \left. \times \frac{\sqrt{v_{0y}^2 + (y - y_0) 2gt \sin \alpha} - v_{0y}}{gt \sin \alpha} \right) \times \ln \left(\frac{\text{ch} \left(\text{Arth} \sqrt{\frac{k_{\Pi}}{g \cdot \cos \alpha}} (v_B - v_{0x}) \right)}{\dots} \right). \end{aligned} \quad (7)$$

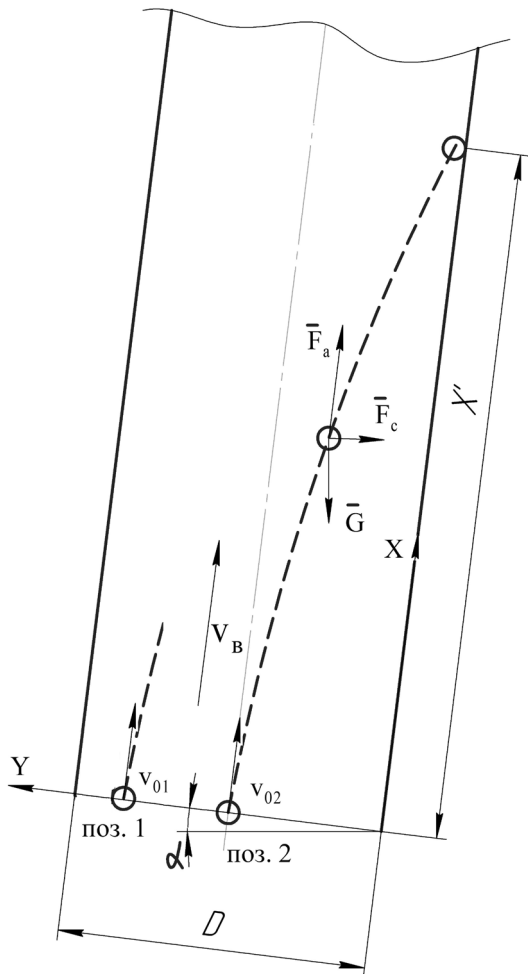


Рис. 1. Расчетная схема

Выражения с (5) по (7) составляют математическую модель процесса движения частицы посевного материала, поступающей в вертикальный трубопровод распределителя.

На основе полученных зависимостей построим и проанализируем траектории движения частиц. Совместив траектории частиц движущихся из поз. 1 и поз. 2, варьируя величинами угла α и скорости воздушного потока v_B , получим следующие графики (рис. 3).

Принимая во внимание вид полученных траекторий, в четырех рассмотренных случаях прослеживается одинаковая тенденция – смещение частиц высеваемого материала в сторону уклона. При этом можно наблюдать, что с увеличением угла α следует большее отклонение частиц посевного материала в сторону уклона. Так, при угле $\alpha = 15^\circ$, скорости воздушного потока $v_B = 20$ м/с и диаметре трубопровода 70 мм возможно взаимодействие рассматриваемой частицы со стенкой трубопровода на расстоянии X' ($X' = 1,0$ м) от поз. 2. Подобное явление визуально наблюдалось в ходе лабораторных исследований работы распределителя с вертикальным трубопроводом, выполненным из прозрачного материала (рис. 3 а). Явление может быть проиллюстрировано также следующим образом (рис. 3 б).

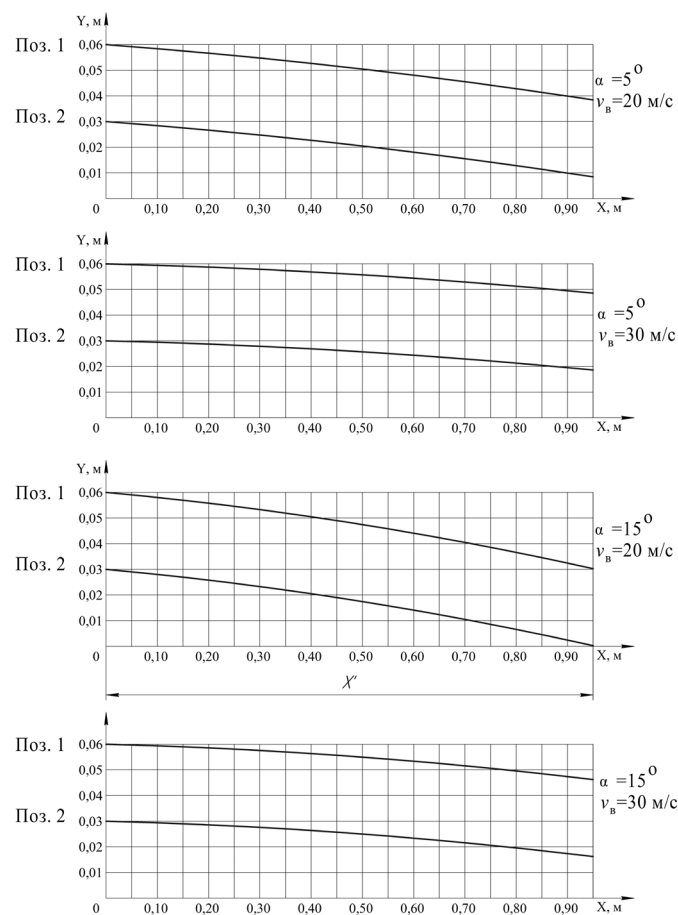


Рис. 2. Траектории движения частиц посевного материала в вертикальном наклонном трубопроводе

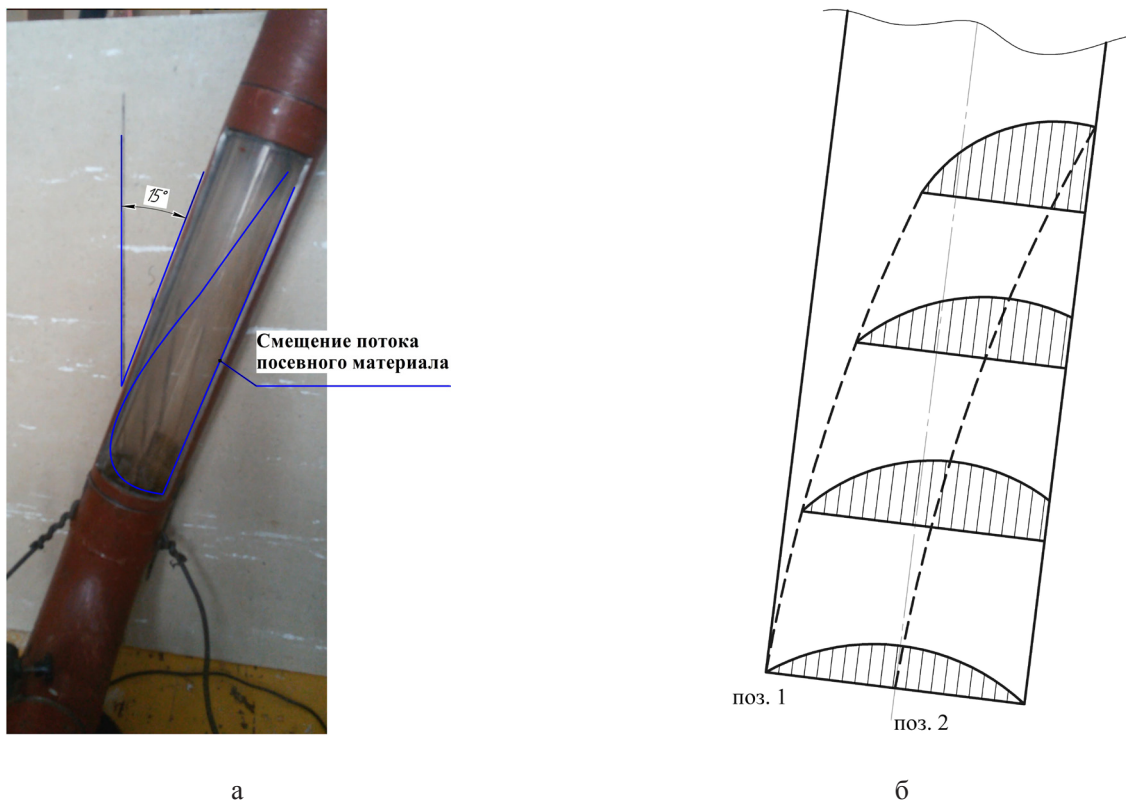


Рис. 3. Характер движения посевного материала в вертикальном трубопроводе при наклонном положении:
 а – смещение потока посевного материала в вертикальном трубопроводе распределителя;
 б – эпюры концентрации частиц посевного материала в воздушном потоке



Смещение потока, как уже ранее отмечалось, ведет к односторонней (несимметричной) подаче посевного материала в коллектор распределительной головки, что в свою очередь влечет неравномерное распределение по семяпроводам [14, 15]. Очевидно также, что при увеличении угла α можно ожидать роста неравномерности распределения посевного материала по семяпроводам.

Из анализа полученной модели также следует, что с увеличением скорости воздушного потока траектории движения частиц в вертикальном трубопроводе принимают более выпрямленный характер (при скорости воздушного потока $v_v = 30$ м/с), в результате чего наблюдается некоторое уменьшение смещения частиц в сторону уклона (рис. 2). Таким образом, можно ожидать снижение неравномерности распределения при работе высевашей системы с высокими скоростями воздушного потока.

Резюмируя, можно дать определенные рекомендации по повышению равномерности распределения при работе на склоновых полях. Так, ожидается снижение неравномерности распределения в следующих случаях:

- при повышении скорости воздушного потока в пневмосистеме посевной машины;
- снижение сопротивления отвода распределителя позволит обеспечить поступление частиц посевного материала в вертикальный трубопровод на более высоких скоростях;
- уменьшение длины вертикального участка трубопровода распределителя до определенной величины.

Данные рекомендации получены на основе теоретических исследований и нуждаются в дополнительной экспериментальной проверке с целью установления рациональных конструктивно-технологических параметров. Поскольку при увеличении скорости воздушного потока следует ожидать и некоторые негативные моменты, например, избыточное травмирование семенного материала, а также повышение энергоемкости процесса посева. Уменьшение же высоты вертикального трубопровода распределителя ниже определенных пределов может вызвать общее повышение неравномерности распределения не только на склонах, но и на горизонтальных участках [16, 17].

Выводы и рекомендации

В ходе теоретических исследований установлено, что при наклонном расположении распределительных рабочих органов может наблю-

даться смещение потока посевного материала в сторону уклона. Данное явление обуславливает неравномерное распределение посевного материала по ширине захвата. При этом может наблюдаться повышение неравномерности с увеличением угла наклона.

Также в ходе исследований установлена возможность снижения смещения потока материала при увеличении скорости воздушного потока. Практически этого можно добиться путем подбора рациональных режимов работы вентилятора высевашей системы. Установлена возможность повышения равномерности распределения при работе на склонах за счет изменения отдельных конструктивных параметров распределителя. В частности, можно ожидать снижения неравномерности при уменьшении высоты вертикального участка подводящего трубопровода распределителя и изменении конфигурации отвода.

Список литературы

1. Синенков Д. В., Демин С. Б. Математическое моделирование производительности распределительно-транспортирующей системы посевного агрегата // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2016. Т. 20. № 11 (118). С. 110–118.
2. Шевченко А. П., Коробкин И. О. Исследование горизонтального пневматического распределителя семян // Техника в сельском хозяйстве. 2013. № 5. С. 30–31.
3. Мударисов С. Г., Бадретдинов И. Д., Шарафутдинов А. В. Моделирование пневматической системы зерновой сеялки // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2010. № 2. С. 10–12.
4. Пятаев М. В. Методика расчета перерасхода семян при их неравномерном распределении по ширине захвата // АПК России. 2015. Т. 72/1. С. 45–48.
5. Саитов В. Е., Гатауллин Р. Г. Прицепной широкозахватный комбинированный посевной комплекс «AGRAER-850H» // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 1. С. 12–14.
6. Саитов В. Е., Гатауллин Р. Г. Исследование пневмотранспортной системы посевного комплекса «AGRAER-850H» // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2016. № 1 (50). С. 76–80.
7. Попов А. Ю. Распределение воздушного потока в зоне сбрасывания лишних семян высевашего аппарата избыточного давления // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 2. С. 31–34.

8. Константинов М. М., Федоров А. Н., Нуралин Б. Н. Экспериментальное изучение показателей работы посевного агрегата для оптимизации эксплуатационных параметров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2010. Т. 4. № 28–1. С. 58–61.
9. Обоснование параметров пневматической системы транспортирования семян и удобрений почвообрабатывающего посевного агрегата / З. С. Рахимов [и др.] // АПК России. 2017. Т. 24. № 1. С. 91–104.
10. Мударисов С. Г., Рахимов З. С., Утяшев И. Т. Повышение равномерности высева семян по сошникам при посеве пневматическими сеялками на склонах // Аграрная наука в инновационном развитии АПК : матер. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию Башкирского государственного аграрного университета, в рамках XXV междунар. спец. выставки «Агрокомплекс-2015». Башкирский государственный аграрный университет. 2015. С. 295–301.
11. Рахимов Р. С., Хлызов Н. Т. Обоснование конструктивной схемы и параметров почвообрабатывающих посевных машин на основе обобщенной математической модели // АПК России. 2013. Т. 65. С. 104–113.
12. Зуев Ф. Г. Пневматическое транспортирование на зерноперерабатывающих предприятиях. М. : Колос, 1976. 344 с.
13. Практикум по сельскохозяйственным машинам / А. И. Любимов [и др.]. М. : Колос, 1997. 191 с.
14. Пятаев М. В., Зырянов А. П., Кузнецов Н. А. К вопросу о моделировании процесса распределения семян распределителем пневматической зерновой сеялки // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2014. № 9. С. 177–182.
15. Пятаев М. В. Изучение процесса движения частиц посевного материала по направлению в распределителе пневматической зерновой сеялки // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2011. № 1. С. 152–157.
16. Пятаев М. В. Эффективный распределитель семян сеялки // Сельский механизатор. 2014. № 11. С. 10–11.
17. Пятаев М. В. Теоретические исследования процесса движения и распределения семян в пневматических распределителях зерновых сеялок // АПК России. 2011. Т. 58. С. 78–83.

Пятаев Максим Вячеславович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.
E-mail: 555maxim@mail.ru.

* * *

СТРУКТУРНАЯ СЛОЖНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОМБИКОРМОВОГО ЦЕХА

И. Я. Федоренко, В. В. Садов

Комбикормовый цех представляет собой сложную технологическую систему, которая включает технологические и транспортные машины, а также бункеры. Компоновка и количество этих элементов могут быть различны, что и создает структурную сложность системы. Предложенная методика оценки сложности технологической системы соотнесена с режимом ее работы. Учтено, что машина может находиться в состоянии технологического простоя, загрузки, обработки компонентов и выгрузки. Кроме того, анализируется, как отражается на сложности доля времени, занимаемая обработкой компонентов, по отношению к времени цикла, за которые происходят все разноименные режимы. Эта величина варьирует в широких пределах и при периодическом режиме необходимо иметь автоматическую систему управления, а также дополнительное оборудование в виде задвижек, затворов и т.д. Предложенная математическая модель позволяет определить безразмерную величину сложности технологической системы комбикормового цеха. Эта модель сложности может иметь два крайних состояния: идеальную систему, когда имеются только технологические машины, и критически сложную систему, когда каждая технологическая машина имеет свою транспортную машину и бункер. Возможны варианты технологической системы, когда ее сложность будет выше критической, т.е. на одну технологическую машину в среднем будем иметь более одной единицы транспортной машины и (или) бункер. Математическая модель определения сложности технологической системы позволяет сравнить между собой различные схемы комбикормовых агрегатов и по этому показателю принять правильное решение.

Ключевые слова: технологическая система, технологическая линия, структурная сложность, комбикормовый цех.

Комбикормовый цех включает в себя большой набор технологических и транспортных машин, а также бункеры для компонентов и готовой продукции, что и создает сложную технологическую систему. Чтобы продемонстрировать важность понятия «сложность» применительно к комбикормовому цеху, позволим себе привести цитату из недавней статьи известных специалистов в этой области С.П. Левашкина и В.В. Александрова [1]: «Проблема определения сложности некоторого объекта относится к фундаментальным и древнейшим научным проблемам. Над ее решением размышляли лучшие умы, начиная с древнейших философов

и заканчивая современными представителями «новейших» наук, какой является, например, информатика» [2]. Кроме того, следует отметить, что эта проблема является одной из труднейших для формализации. Ведь, решая ее, необходимо ответить на вопрос: при заданном объекте, что является мерой его сложности? Другими словами: какие объекты являются «сложными», какие «простыми», а какие «средними»? Хотелось бы обратить внимание на тот факт, что данная проблема имеет философский, метафизический, а также естественнонаучный аспекты, а диапазон приложений – от космических тел до обычных чисел» [3, 4, 5].

Между тем исследователи, работавшие в области оценки технологических систем в кормоприготовлении, да и вообще в животноводстве, не использовали этот показатель [6–9].

Видимо считалось, что коэффициент готовности в некоторой степени отражает свойство сложности. Однако очевидно, что снижение сложности, упрощение любого технического или технологического объекта имеет прагматический смысл, поскольку ведет к удешевлению капитальных и эксплуатационных затрат.

Поскольку понятие «сложность» любого объекта является его важнейшей структурно-информационной характеристикой и относится к числу фундаментальных научных понятий, то мы пришли к выводу о его целесообразном включении в список критериев, по которым оценивается технологическая система комбикормового цеха.

Цель исследования – получить математическую модель для определения сложности технологической системы комбикормового агрегата.

При оценке сложности технологической системы следует учесть следующие общие свойства систем [10]:

- множество элементов системы и их связи;
- внутреннее разнообразие системы, подсистем и элементов;
- многоуровневость, иерархическое строение системы;
- открытость системы, ее обмен веществом, энергией и информацией с окружающей средой;
- эмерджентность системы, т.е. появление свойств, не присущих ее элементам.

Очевидно, что создание математической модели, учитывающей все эти свойства, является сложнейшей задачей. В связи с этим есть смысл рассмотреть существующие подходы к решению этой задачи.

Материалы и методы

Впервые количественный подход к понятию «сложность» был сформулирован в статистической физике равновесных систем в 1877 году с введением Л. Больцманом понятия энтропии [11]:

$$H = k \ln p + C, \quad (1)$$

где k – постоянная Больцмана;

p – число микросостояний системы, реализация которых возможна в имеющемся микроскопическом состоянии;

C – постоянная величина.

Р. Хартли фактически распространил положения статистической физики на описание макросистем и придал энтропии информационный смысл.

Дальнейшее развитие эта идея получила в работах *К. Шеннона* по теории информации, в которых для $p(x_i)$ вероятностных распределений независимых случайных событий было также введено понятие энтропии:

$$H = - \sum_i^n p(x_i) \ln p(x_i). \quad (2)$$

Формула (2) выражает собой энтропийный подход к оценке сложности системы. Считается, что структурная сложность системы должна быть пропорциональна объему информации, необходимой для ее описания (снятия неопределенности). В этом случае общее количество информации о системе X , в которой априорная вероятность появления i -го свойства равна $p(x_i)$, определяется формулой (2).

Сложность интерпретации понятий (1) и (2) применительно к сложным техническим объектам стимулировала поиск упрощенных методик оценки технических систем.

Так, в учебной литературе в качестве одного из способов описания сложности предлагается оценка числа элементов, входящих в систему (переменных, состояний, компонентов), и разнообразия взаимозависимостей между ними. Например, количественную оценку сложности системы можно провести, сопоставляя число элементов системы (n) и число связей (m) по следующей формуле:

$$S = \frac{n}{n(n-1)},$$

где $n(n-1)$ – максимально возможное число связей.

В [12] предлагается сложность S системы, состоящей из элементов со сложностью $S_i (i = 1, n)$, оценивать простой зависимостью:

$$S = \sum_{i=1}^n S_i \cdot k_i,$$

где k_i – число элементов i -го типа, входящих в систему.

Для учета структуры системы с ее связями предлагается следующее [12].

Легко видеть, что число N элементов системы равно $\sum_{i=1}^n k_i$. Как известно, максимальное число связей между элементами будет равно $N(N-1)$. Пусть фактическое число связей, реализуемых в системе, обозначается M^* . Величина

$$\alpha = M^*/N(N-1)$$

характеризует относительное число реализованных связей. Тогда сложность системы можно оценивать величиной

$$S = (1 + \nu\alpha) \sum_{i=1}^n S_i k_i, \quad (3)$$

где ν – коэффициент, учитывающий сложность связей по сравнению со сложностью элементов системы.

Пользоваться формулой (3) весьма затруднительно, поскольку она включает в себя субъективные оценки S_i и ν .

Более объективна методика, предложенная в статье сотрудников Донского ГТУ [13].

Отдавая приоритет связям между элементами, а не числу последних, эти авторы получили формулу для подсчета среднего возможного количества условных связей, приходящихся на один элемент:

$$S = 0,05n^{-1}(n-1)(n+2), \quad (4)$$

где n – число элементов.

Величина S и характеризует сложность системы. Поскольку она рассчитана на один элемент, то сложность любой системы может быть оценена независимо от их числа в системе.

Используя формулу (4), авторы [12] разделили все системы по шкале отклонений на 6 объективно различающихся классов.

Хотя в работе [12] эта методика названа объективной, вся она построена на среднем значении числа связей в системе.

Ход мысли авторов был таков: минимальное количество связей в системе составляет (элемент связан только с соседним элементом и одной связью)

$$m_{\min} = n - 1,$$

а максимальное количество связей (каждый элемент связан одной связью со всеми элементами)

$$m_{\max} = 0,5n(n-1).$$

Следовательно, среднее количество связей составит

$$m_{\text{cp}} = \frac{m_{\min} + m_{\max}}{2} = 0,25(n-1)(n-2). \quad (5)$$

Очевидно, что оценка среднего числа связей по (5) весьма далека от реальности. Види-

мо, из-за этого авторы методики в конечной формуле исправили коэффициент 0,25 на 0,05.

Этот факт, а также другие соображения не позволяют использовать рассмотренные методики для оценки сложности технологических систем комбикормовых агрегатов и цехов.

Построим математическую модель сложности технологической системы комбикормового цеха в соответствии с нашим видением содержательной сущности этой величины.

Сложность работы каждой машины комбикормового цеха мы соотносим прежде всего с режимом ее работы. При осуществлении технологического процесса машина может находиться в следующих состояниях: технологический простой, загрузка, обработка ингредиента комбикорма, выгрузка. Простои за счет отказов машин мы здесь не рассматриваем.

Число состояний машины может быть: 1) (одно состояние – непрерывный режим работы); 2) работа – технологический простой (2 состояния); 3) загрузка – работа – выгрузка (3 состояния); 4) загрузка – работа – выгрузка – технологический простой (4 состояния). Поэтому здесь напрашивается аналогия со статистической механикой, где также рассматривается число доступных состояний системы (при этом используется понятие энтропии (1).

Обилие транспортных машин и бункеров также усложняет технологическую систему комбикормового цеха. Это усложнение также должно отражаться математической моделью.

В первую же очередь сложность определяется числом технологических машин в системе.

Обозначая сложности системы символом S , запишем исходное выражение в виде

$$S = \mu \cdot N, \quad (6)$$

где μ – коэффициент пропорциональности;

N – число технологических машин в системе.

Коэффициент пропорциональности μ должен отражать усложнение технологической системы в связи с факторами, указанными выше. В соответствии с этим в качестве коэффициента μ может выступить величина, сходная с энтропией Больцмана.

Применительно к работе машин комбикормового цеха мы пытаемся выявить сравнительную структурную сложность их работы, причем нас устраивает безразмерное значение величины S . Поэтому, не нарушая общности для нашего случая, можем принять в формуле (1) $k = 1$, т.е.

$$\mu = \ln p + C.$$

В этой формуле p отражает возможное число состояний системы, C – некоторую постоянную величину.

Перепишем далее выражение (6), в связи с уточнением μ , в виде

$$S = (\ln p + C)N. \quad (7)$$

Потребуем, что, если в технологической системе имеется только одно состояние, то сложность определяется только числом машин, т.е. если $p = 1$, то $S = N$. Это приведет, в соответствии с (7) к выражению

$$N = (\ln 1 + C)N,$$

откуда $C = 1$.

Итак, имеем право записать

$$S = (\ln p + 1)N. \quad (8)$$

Проясним теперь понятие p – число состояний системы. Эту величину можно представить в виде произведения двух величин, т.е.

$$p = p_1 \cdot p_2,$$

где p_1 – число состояний системы, обусловленное режимом работы технологических машин;

p_2 – число состояний, обусловленное наличием, кроме технологических машин, еще транспортных машин и бункеров.

Величину p_1 можно представить в виде

$$p_1 = \frac{\sum_{i=1}^N p_{1i}}{N}, \quad (9)$$

где в числителе представлена сумма состояний по режиму работы всех технологических машин.

Из выражения (9) следует, что величина p_1 отражает среднее значение состояний в расчете на одну технологическую машину.

Таким образом, величина p_1 в формуле (8) выступает в роли логарифмической меры среднего числа режимов работы машин системы. В связи с этим может возникать вопрос о том, почему учитываются только число состояний машины, а вероятность чистой работы, обусловленной обработкой ингредиента, игнорируется. По-иному это можно сказать, почему игнорируется доля времени, занимаемая обработкой

ингредиента, по отношению ко времени цикла, за которое происходит вся разноименность режимов. Эта доля может варьировать в больших пределах. Дело в том, что при любом соотношении времен режимов в цикле, работа машин имеет периодический характер, а следовательно, требует более сложного автоматического управления, дополнительного оборудования в виде задвижек, затворов и т.д.

При непрерывном режиме работы машин управление ими (и соответствующее оборудование) значительно проще.

Для величины p_2 , отражающей состояние всех машин и устройств по отношению только к технологическим машинам, будем иметь

$$p_2 = \frac{N + n_1 + n_2}{N}, \quad (10)$$

где n_1 – число транспортных машин;

n_2 – число бункеров.

Подставляя выражения (9) и (10) в формулу (8), получим

$$S = \left[\ln \left(\frac{\sum_{i=1}^N p_{1i}}{N} \cdot \frac{N + n_1 + n_2}{N} \right) + 1 \right] N. \quad (11)$$

Пользуясь свойствами логарифмов, последнее выражение можно записать и в таком виде:

$$S = \left[\ln \left(\frac{\sum_{i=1}^N p_{1i}}{N} \right) + \ln \left(\frac{N + n_1 + n_2}{N} \right) + 1 \right] N. \quad (12)$$

Последнее выражение более понятным образом раскрывает составляющие увеличения сложности технологической системы цеха.

Результата исследований

Математическая модель с точки зрения компактности и с учетом выражений (11) и (12) будет иметь вид:

$$S = \left\{ \ln \left[\frac{\sum_{i=1}^N p_{1i} \cdot (N \cdot n_1 + n_2)}{N^2} \right] + 1 \right\} N, \quad (13)$$

которой мы и будем пользоваться в дальнейшем.

Проанализируем формулу (13) для некоторых случаев состояния технологической системы.



- 1) Идеальная система ($\sum_{i=1}^N p_{li} = N; n_1 = n_2 = 0$):

$$S_{\min} = (\ln 1 + 1)N = N.$$

Для идеальной системы имеем наименьшую сложность, обусловленную лишь количеством технологических машин.

- 2) Критически сложная система $\sum_{i=1}^N p_{li} = 4N$;

$N + n_1 + n_2 = 3N$, когда каждая технологическая машина имеет свою транспортную машину и бункер:

$$S_{кр} = \left(\ln \frac{4N \cdot 3N}{N^2} + 1 \right) N = 3,485N.$$

Для примера подсчитаем сложность технологической линии просеивания и измельчения крупной фракции комбикормового цеха, разработанного ВНИИ КП [14]. Эта линия включает норию, бункер, просеивающую машину, дробилку и шнек. Таким образом, имеем: $N = 2$; $n_1 = 2$; $n_2 = 1$.

Режим работы технологических машин: обработка сырья – технологический простой ($p_1 = 2$).

Данные для расчета:

$$S = \left\{ \ln \left[\frac{(2+2)(2+1+1)}{2^2} \right] + 1 \right\} \cdot 2 = (\ln 5 + 1) \cdot 2 = 5,218.$$

Эта линия по сложности выше критической.

Таким же образом может быть подсчитана сложность всей технологической системы данного цеха и других цехов, и их сравнение по сложности.

Если мы оцениваем сложность какой-то одной машины, работающей в составе технологической системы, то по формуле (13) будем иметь:

$$S_i = \ln [p_{li}(1 + n_1 + n_2)] + 1. \quad (14)$$

Из (14) следует, что критическая сложность работы одной машины может также лежать в пределах от 1 до 3,485. На рисунке 1 эта сложность представлена в зависимости от комплексного показателя Φ .

$$\Phi = p_{li}(1 + n_1 + n_2), \quad (15)$$

где p_{li} – число состояний системы, обусловленное режимом работы технологических машин ($p_{li} = 1, 2, 3, 4$);

n_1 – число транспортных машин ($n_1 = 0, 1$);

n_2 – число бункеров ($n_2 = 0, 1$).

По рисунку 1 наглядно видно, что сложность нелинейно растет с увеличением числа режимов работы p_{li} машины и оснасткой ее транспортной машиной и бункером.

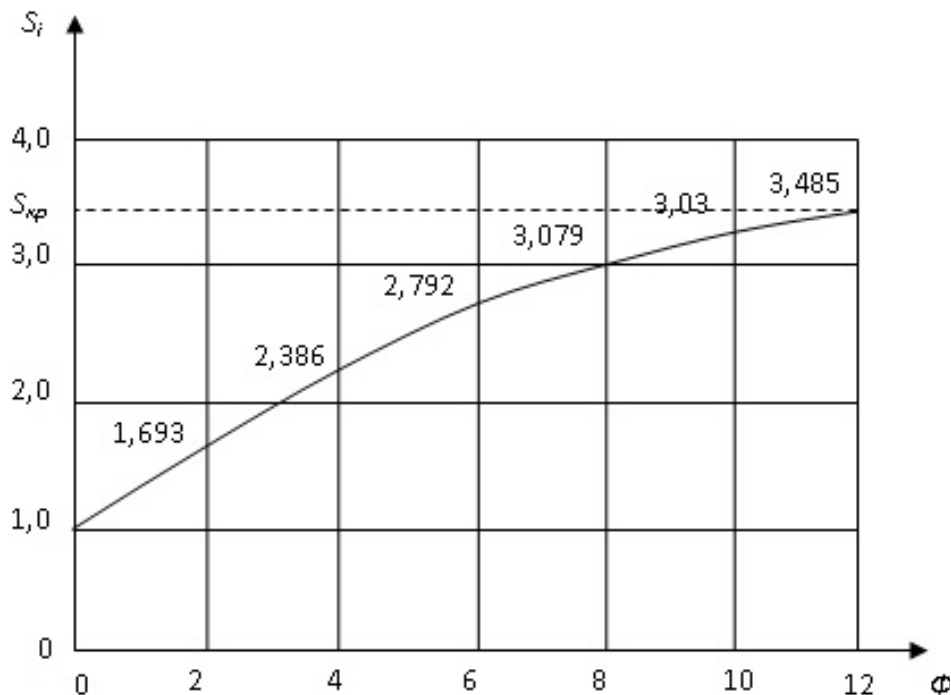


Рис. 1. Зависимость сложности S_i для одной машины от комплексного показателя Φ

Выводы

Полученная математическая модель позволяет определить сложность технологической системы комбикормового цеха с учетом наличия технологических и транспортных машин, а также бункеров. Расчеты показали, что сложность технологической системы должна быть в пределах от 1 (только технологические машины) до 3,485 (каждая технологическая машина имеет транспортную машину и бункер). Необходимо стремиться при разработке структуры комбикормового агрегата, чтобы сложность была ближе к 1. Это напрямую влияет на энерго- и материалоемкость цеха [15].

Список литературы

1. Левашкин С.П., Александров В. В. К-сложность в контексте новейших информационных технологий // Информационно-управляющие системы. 2012. Т. 10. № 5. С. 10–14.
2. Фомин В. В. Оценка сложности информационных систем с учетом человеческого фактора // Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена. 2007. № 4. С. 35–36.
3. Князева Е. Н. Инновационная сложность // Философия науки и техники. 2015. Т. 20. № 2. С. 50–69.
4. Методика оптимизации структуры сложных технических систем в условиях риска / В. В. Сафронов [и др.] // Информационно-управляющие системы. 2007. № 1. С. 40–45.
5. Методы принятия решений в задачах оценки качества и технического уровня сложных технических систем / С. С. Семенов [и др.]. М. : ООО «ЛЕНАНД», 2015. 520 с.
6. Будейкин М. В., Васильев С. Н., Оскорбин Н. М. Обоснование технологической схемы кормоприготовления и методики выбора оборудования в условиях хозяйств Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2008. № 11. С. 45–49.
7. Бурмага А. В. Критерий и условие оптимизации механизированной системы кормления животных // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 1.
8. Повышение эффективности производства комбикормов / А. А. Шевцов [и др.]. М. : ДеЛиПринт, 2005. 243 с.
9. Сыроватка В. И. Машинные технологии приготовления комбикормов в хозяйствах. М. : ГНУ ВНИИМЖ, 2010. 248 с.
10. Панфилов В. А. Теория технологического потока. 2-е изд. М. : КолосС, 2007. 319 с.
11. Леонтович А. М. Введение в термодинамику. Статистическая физика. М. : Наука, 1983. 416 с.
12. Бусленко Н. П., Калашников В. В., Коваленко И. Н. Лекции по теории сложных систем. М. : Советское радио, 1973. 440 с.
13. Кохановский В. А., Сергеева М. Х., Комахидзе М. Г. Оценка сложности системы // Вестник ДГТУ. 2012. № 4 (65). С. 22–26.
14. Афанасьев В. А. Руководство по технологии комбикормов, белково-витаминно-минеральных концентратов и премиксов : В 2-х томах. Воронеж : ВНИИ КП, 2008. Т. 1. 121 с. ; Т. 2. 149 с.
15. РД-АПК 1.10.17.01-15. Методические рекомендации по технологическому проектированию предприятий по производству комбикормов : утв. М-вом сельского хозяйства Рос. Федерации 30.07.15 ; введ. в д. с 30.07.2015 : взамен НТП-АПК 1.10.16.002-03 : дата введ. 01.01.04. М., 2015. 104 с.

Федоренко Иван Ярославович, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедры механизации производства и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет».

E-mail: ijfedorenko@mail.ru.

Садов Виктор Викторович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры механизации производства и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет».

E-mail: sadov.80@mail.ru.

* * *

УДК 637.146.2

**РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ И ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ
СУХОГО БИОПРОДУКТА «НАРИНАР»
И ЕГО ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ**

И. В. Захаров, В. В. Чаплинский, Е. И. Столбовая

Молоко – уникальный пищевой материал, который позволяет создать целый ряд продуктов с функциональными свойствами, особенно это относится к молочнокислым продуктам нового поколения. Большой интерес представляет использование пробиотиков в производстве молочнокислых продуктов в комплексе с пребиотиками и натуральными ингредиентами растительного происхождения. На базе Центра биоинновационных технологий «Магистр» (г. Челябинск) был разработан сухой биопродукт «Наринар», который нашел свое применение в производстве биоколбасных изделий (ОАО «Ромкор», г. Еманжелинск) и кондитерского десерта «Мерендинка» (ОАО Челябинская кондитерская фабрика «Южуралкондитер»). Цель работы – проверить новый молочнокислый сухой биопродукт «Наринар» на его безопасность и функциональность. Количественное определение содержания кефирана (экзополисахарида) в молочнокислых продуктах проводилось фотометрическим методом: извлечение полисахарида из образца, растворение, разложение до простых моносахаридов, окрашивание раствора и определение оптической плотности на фотоэлектроколориметре. Физико-химический и микробиологический анализы показали, что содержание полисахарида в сухом биопродукте «Наринар» выше, чем в кефире в 2 раза (на 50%), количество молочнокислых бактерий в 1 г (см³) продукта не менее 10⁷; БГКП (коли-формы) и патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы отсутствуют; массовая доля влаги не более 4%. В конце 2016 года были проведены клинические исследования биопродукта «Наринар» на базе клиники Южно-Уральского государственного медицинского университета (г. Челябинск). В результате была установлена высокая эффективность сухого биопродукта «Наринар». Ежедневный прием 1 г продукта с любым жидким напитком позволил в короткий срок восстановить микрофлору кишечника у больных дисбиозами различного происхождения, в том числе на фоне приема антибиотика.INUлинновые фруктаны, являясь типичными пребиотиками, способствуют увеличению числа бифидобактерий в толстом кишечнике. В связи с этим можно полагать вполне обоснованным включение порошка из клубней топинамбура в состав молочнокислого биопродукта «Наринар». Таким образом, проведенные исследования подтвердили, что использование сухого молочнокислого биопродукта «Наринар» в производстве продуктов питания является перспективным и востребованным направлением в пищевой промышленности.

Ключевые слова: функциональный молочнокислый биопродукт, пробиотики, пребиотики, топинамбур, экзополисахарид, кефир, биоколбаса.

Функциональные продукты питания – это наиболее физиологичный и технологически доступный способ коррекции структуры питания, направленный на общее оздоровление и продление жизни населения [1, 2].

Молоко – уникальный пищевой материал. Состав и свойства молока позволяют создать целый ряд функциональных продуктов, обладающих лечебными и лечебно-профилактическими свойствами [3]. Особенно это относится к молочнокислым продуктам. Главным их преимуществом является содержание в них бактерий, способствующих снижению в кишечнике количества болезнетворных и гнилостных

бактерий [4]. Кроме того, при сквашивании в молоке происходят существенные изменения: расщепляется лактоза, частично расщепляется белок, накапливается молочная кислота, увеличивается содержание витаминов группы В, вырабатываются естественные антибиотики, накапливаются полезные бактерии [5].

Большой интерес представляют использование пробиотиков в производстве молочнокислых продуктов в комплексе с пребиотиками и натуральными ингредиентами растительного происхождения [6]. Пробиотики – это совокупность микроорганизмов и веществ микробного и немикробного происхождения, которые

дают возможность немедикоментозного способа поддержания здоровья человека. Большинство бактерий, обладающих пробиотическими свойствами, являются представителями *Lactobacillus* и *Bifidobacterium* и должны соответствовать определенным критериям [7]. Пребиотики – это вещества, стимулирующие рост и жизнедеятельность индигенной (собственной) микрофлоры кишечного тракта человека. Пребиотики не перевариваются в верхних отделах ЖКТ и в неизменном виде достигают толстой кишки, где утилизируются микроорганизмами. К пребиотикам относят ряд продуктов и веществ растительного и животного происхождения, а также органические вещества: лактоза и лактулоза, инулин и его производные (инулиновые фруктаны), пектины, хитозан, каротиноиды, в том числе и бета-каротин и др.

При всем разнообразии молочнокислых продуктов и БАД на их основе интерес к разработке новых неизменно растет. Наибольшим спросом у производителей кефирного продукта пользуются кефирные симбиотические культуры в сухом виде отечественного и импортного производства [8].

Цель работы – проверить новый сухой молочнокислый биопродукт «Наринар» на его безопасность и функциональность.

Материалы и методы

Итогом двухлетней исследовательской работы Захарова Игоря Владимировича, генерального директора ООО Центра биоинновационных технологий «Магистр» (г. Челябинск) стала разработка технологии производства сухого биопродукта «Наринар» ТУ 10.51.36-001-86925285-2016 «Сухой биопродукт «Наринар», ферментированного кефирным грибом и ацидофильными лактобактериями и бифидобакте-

риями и обогащенного пребиотической составляющей (рис. 1).

Сухой биопродукт «Наринар» можно использовать в некоторых видах пищевых производств, в частности, в мясоперерабатывающей промышленности. Так, в конце 2016 года, на базе ООО Мясоперерабатывающая корпорация «Ромкор» (Челябинская область, г. Еманжелинск, рисунок на обложке) был проведен ряд производственных опытов, основной целью которых являлось определение технологической возможности использования разных видов сухого биопродукта «Наринар» в массовом производстве биоколбасных изделий, а также определение органолептических и иных свойств. В результате производственных испытаний была установлена хорошая технологическая возможность использования сухого биопродукта «Наринар», улучшение реологических, вкусовых и функциональных характеристик конечного продукта.

В настоящий момент на базе ООО Кондитерская фабрика «Южуралкондитер» (г. Челябинск) ведутся разработки технологии приготовления бисквитного десерта «Мерендинка» с добавлением сухого биопродукта «Наринар». В перспективе – создание новой линейки бисквитной продукции с функциональными свойствами (рис. 2). Кроме того, планируется разработка новой пробиотической косметической и парфюмерной продукции, в частности, пробиотической зубной биопасты, пробиотических кремов и шампуней, в одной из научно-производственных компаний Научограда Кольцово (Новосибирская область), а также хлебо-булочной и молочной биопродукции под торговым наименованием «Наринар».

Сырьем для производства сухого биопродукта «Наринар» является молоко коровье, соответствующее ФЗ № 88 «Технический регламент на молоко и молочную продукцию», ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции»; сухой биопродукт «Сухая обезжиренная простокваша» в качестве первичной сухой закваски, соответствующий ГОСТ 10382-85 «Консервы молочные. Продукты кисломолочные сухие. Технические условия»; порошок из клубней топинамбура в качестве пребиотика.

Используемая первичная закваска «Сухая обезжиренная простокваша» представляет собой симбиотический консорциум полезных микроорганизмов (более 80 видов): тибетского кефирного грибка, мезофильных молочных стрептококков, молочнокислых бактерий, уксуснокислых бактерий и лактосбраживающих дрожжей,



Рис. 1. Сухой молочнокислый биопродукт «Наринар»

сложившийся в течение нескольких веков при производстве молочнокислого продукта народов Южной Монголии, Горного Тибета и Северной Индии. Указанный кефирный грибок является одним из многочисленных видов тибетских кефирных грибков, отличающийся высокой антибиотической активностью и способностью осуществлять протеолиз белковых веществ молока. Кроме того, природная закваска усилена пробиотическими штаммами ацидофильных лактобактерий – 317/402 Наринэ ТНСи и штаммом бифидобактерий – Bifidum 791/БАГ.

Ацидофильная палочка – одна из разновидностей молочнокислых бактерий, которая не разрушается под действием агрессивной среды желудка и приживается в толстом кишечнике человека. Продукты ее жизнедеятельности обладают бактерицидным действием, что подавляет гнилостные и бродильные процессы. Бифидобактерии – важнейшие представители микрофлоры человека. Большинство препаратов и продуктов питания, обогащенных и бифидо- и лактобактериями одновременно, имеют увеличенную функциональность [9, 10].

Совместное культивирование кефирного грибка и подготовленных пробиотических штаммов позволяет повысить концентрацию полезной микрофлоры в первичной закваске, что при последующем закваживании молока

улучшает реологические показатели и вкус продукта, а также содержание такого значимого для здоровья человека экзополисахарида как кефиран [11].

Известен целый ряд веществ, способных при малых концентрациях стимулировать рост и повышение биологической активности нормальной микрофлоры организма человека и способность не распадаться под действием ферментов организма. Инулин и его производные (инулиновые фруктаны) – природные компоненты, которые содержатся во многих растениях: цикорий, топинамбур, чеснок, лук, лопух, одуванчик и другие. Наибольшее содержание инулина и его производных отмечается в топинамбуре («земляная груша»). Содержание фруктанов в клубнях колеблется в зависимости от сорта от 9 до 17 процентов. Инулиновые фруктаны – линейные полидисперсные соединения, состоящие преимущественно из остатков фруктозы. Фруктаны являются типичными пребиотиками и способствуют увеличению числа бифидобактерий в толстом кишечнике [12]. В связи с этим можно полагать вполне обоснованным включение порошка из клубней топинамбура в состав молочнокислого биопродукта «Наринар».

Процесс технологии получения сухого биопродукта «Наринар» – это сложная последовательность химических преобразований,



Рис. 2. Цех по производству десерта «Мериндинка» ООО Кондитерская фабрика «Южуралкондитер» (г. Челябинск)

происходящих в молочном сырье вследствие действия микрофлоры первичной закваски. Для приготовления биопродукта «Наринар» используют свежее пастеризованное молоко. Вначале готовят закваску. Для этого 1–1,5 л молока в колбе нагревают до температуры 40 ± 2 °С и вносят порцию сухой первичной закваски. Этап сквашивания продолжается в течение не более 7 часов в термостате. Результатом сквашивания является вторичная закваска, которую непосредственно используем для получения биопродукта «Наринар». Для этого требуемое количество пастеризованного молока нагревают до температуры 30 ± 2 °С и вносят 0,3...0,5 % вторичной закваски. Одновременно в емкость вносят 0,01 % пребиотического препарата – порошок

клубней топинамбура. Сквашивание продолжается 4...6 часов при температуре 30 ± 2 °С. Затем продукт охлаждают до $20...25$ °С и выдерживают около 10...14 ч до кислотности в среде $70...80$ °Т. После появления сгустка (сгусток ровный, без пузырьков газа) жидкий биопродукт перемешивают, выливают на поддоны (толщина слоя 5...6 мм) и направляют на высушивание. Сушка осуществляется в устройстве, оснащенном ИК-излучателями, в соответствии с разработанными волновыми параметрами. Сухой продукт измельчается, стерилизуется и герметически упаковывается. Хранится в сухом, прохладном, защищенном от света месте [13, 14]. Технологическая схема производства функционального сухого биопродукта представлена на рисунке 3.



Рис. 3. Технологическая схема производства функционального сухого биопродукта «Наринар», обогащенного топинамбуром



Безопасность и функциональность продукта была подтверждена лабораторными исследованиями: испытательным лабораторным центром ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Челябинской области»; лабораторией кафедры Переработки сельскохозяйственной продукции и безопасности жизнедеятельности Института агроинженерии ЮУрГАУ.

Объектами исследований выступали три образца молочнокислой продукции: кефир «Чебаркульский» ГОСТ Р 52093-2003 (производитель ОАО «Чебаркульский молочный завод»), кисломолочный продукт «Наринэ-Форте» патент № 2176668, 2001 г. (производитель ООО «Биокор», Новосибирская обл. Научград Кольцово), сухой биопроduct «НАРИНАР». Отбор проб молочнокислых продуктов проводился по ГОСТ 26809-86 и 13928-84 [15, 16].

Количественное определение содержания кефирана в молочнокислых продуктах проводилось по способу Еникеева Р.Р. Кефиран – экзополисахарид, вырабатываемый кефирными молочнокислыми микроорганизмами. В основе способа: извлечение полисахарида из образца, растворение, разложение до простых моносахаридов, окрашивание раствора и определение оптической плотности на фотоэлектроколориметре [17].

Определение кефирана в сухом биопроductе «Наринар» проводили следующим образом. Один литр молока помещали в колбу и нагревали до температуры 30 ± 2 °С. В колбу вносили 10 г биопроductа «Наринар», тщательно перемешивали, помещали в термостат и оставляли при температуре 30 ± 2 °С на 20 часов. Далее все объекты анализировались по схеме (рис. 4).

Результаты исследований

По органолептическим показателям сухой биопроduct «Наринар» соответствует ГОСТ 10382-85 и ТУ 10.51.36-001-86925285-2016: мелкий сухой порошок с комочками, легко распадающимися при механическом воздействии, светло-кремовым цветом, без посторонних привкусов и запаха. Влажность биопроductа не более 4%.

При определении содержания кефирана в молочнокислых продуктах (в пересчете на глюкозу) были получены результаты, представленные в таблице 1.

Безопасность определялась по уровню содержания микроорганизмов в продукте (табл. 2).

В конце 2016 года были проведены клинические исследования биопроductа «Наринар» на базе клиники Южно-Уральского государственного медицинского университета (г. Челябинск).

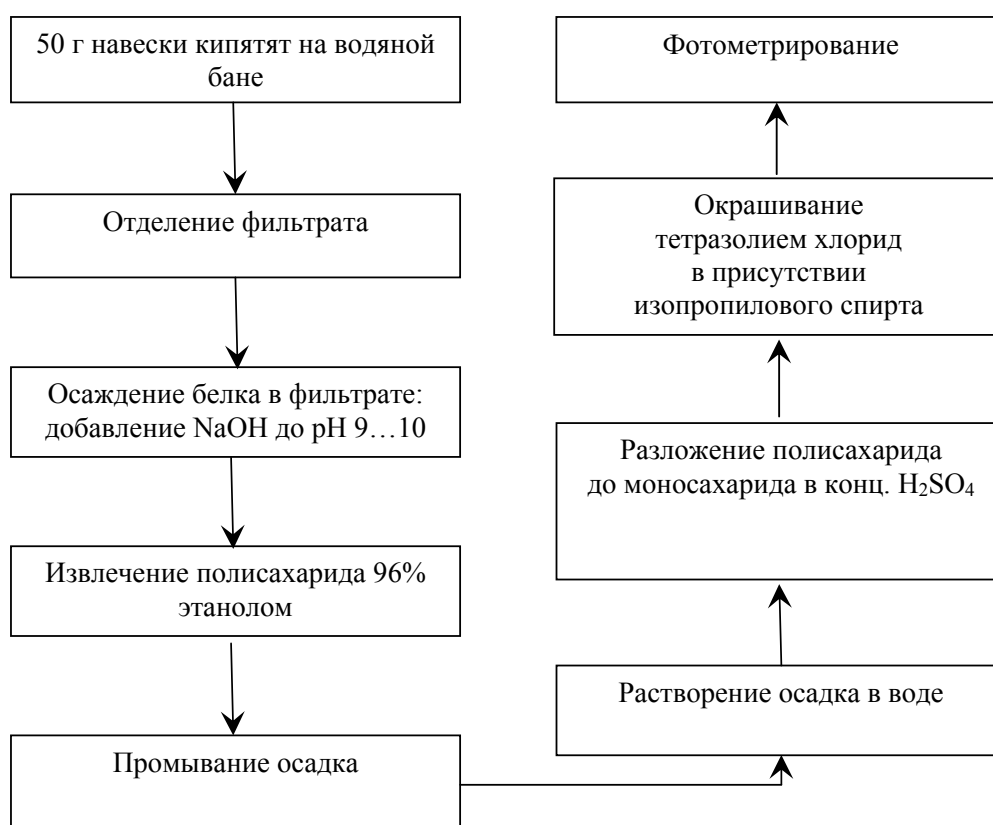


Рис. 4. Схема определения экзополисахарида кефиран в образцах кисломолочных продуктов

Таблица 1 – Содержание кефирана в кисломолочных продуктах

Образцы	Содержание кефирана в 1 мл, мкг	Содержание кефирана в 1 г продукта (влажность 10%), мг
кефир «Чебаркульский»	17,90	0,81
Наринэ-Форте	19,43	0,88
Наринар	28,07	1,61

Таблица 2 – Результаты микробиологических испытаний сухого биопродукта «Наринар» испытательным лабораторным центром ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Челябинской области»

№ п/п	Определяемый показатель	Единицы измерения	Результаты исследований погрешность	Величина доступного уровня	НД на методы исследований
Микробиологические исследования Образец поступил 31.01.2017 09:40 Регистрационный номер пробы в журнале 264 дата нал испытаний 31.01.2017 12:15 дата выдачи результата 07.0.2017 09:47					
1	S.aureus		не обнаружено в 1,0 г	не допускается в 1,0 г	ГОСТ 30347-97
2	Бифидобактерии	КОЭ/г	$2,0 \times 10^7$	не нормируется	ГОСТ Р 52687-2006
3	Лактобактерии	КОЭ/г	более $1,1 \times 10^7$	не нормируется	ГОСТ 10444,11-2013
4	Патогенные, в т.ч.		не обнаружено в 25 г	не допускается в 25 г	ГОСТ Р 52814-2007; ГОСТ 31659-2012
Микробиологические исследования Образец поступил 31.01.2017 09:40 Регистрационный номер пробы в журнале 265 дата нал испытаний 31.01.2017 12:15 дата выдачи результата 07.0.2017 09:55					
1	S.aureus		не обнаружено в 1,0 г	не допускается в 1,0 г	ГОСТ 30347-97
2	Бифидобактерии	КОЭ/г	$3,0 \times 10^6$	не нормируется	ГОСТ Р 52687-2006
3	Лактобактерии	КОЭ/г	более $1,1 \times 10^7$	не нормируется	ГОСТ 10444,11-2013
4	Патогенные, в т.ч.		не обнаружено в 25 г	не допускается в 25 г	ГОСТ Р 52814-2007; ГОСТ 31659-2012

В результате была установлена высокая эффективность кисломолочного продукта, полученного на основе сухого биопродукта «Наринар». Ежедневный прием 1 г продукта с любым жидким напитком позволил в короткий срок восстановить микрофлору кишечника больным дисбиозами (нарушениями количественного и качественного состава внутренней микрофлоры), и устранить связанные с ними заболеваниями желудочно-кишечного тракта.

Выводы

Физико-химический и микробиологический анализы показали, что содержание полисахарида – кефирана в сухом биопродукте «Наринар» выше, чем в кефире в 2 раза (на 50%). Высокое содержание полисахарида – кефирана указывает на его улучшенные функциональные характеристики. Количество молочнокислых бактерий в 1 г (см³) продукта не менее 10^7 ; БГКП (коли-формы) и патогенные микроорга-

низмы, в т. ч. сальмонеллы отсутствуют; массовая доля влаги не более 4%. Таким образом, сухой биопродукт «Наринар» по безопасности соответствует требованиям ГОСТ 10382-85 и ТР ТС 033/2013. Клинические исследования показали положительное влияние биопродукта на здоровье человека.

Проведенные исследования подтвердили, что использование сухого молочнокислого биопродукта «Наринар» в производстве продуктов питания является перспективным и востребованным направлением в пищевой промышленности.

Список литературы

1. Перспективные направления создания продуктов функционального назначения на основе животного сырья : науч. анал. обзор. М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. 172 с.
2. Пилат Т. Л., Белых О. А., Волкова Л. Ю. Функциональные продукты питания: своевре-



менная необходимость или общее заблуждение? // Пищевая промышленность. 2013. № 2. С. 71–73.

3. Рыбалова Т., Ивович Е. Органические молочные продукты – новый сегмент на молочном рынке // Отраслевые ведомости: переработка молока. 2004. № 10. С. 24–25.

4. Смирнова Е. А., Кочеткова А. А. Рынок функциональных молочных продуктов // Молочная промышленность. 2011. № 2. С. 63–66.

5. Горбатова К. К. Химия и физика молока : учебник для вузов. СПб. : ГИОРД, 2003. 288 с.

6. Тихомирова Н. А. Технология продуктов лечебно-профилактического назначения на молочной основе : учеб. пособие. СПб. : Троицкий мост, 2010. 448 с. : ил.

7. Похаленко В. Д., Перелыгин В. Д. Пробиотики на основе спорообразующих бактерий и их безопасность // Химическая и биологическая безопасность. 2007. № 2–3. С. 20–41. Режим доступа : http://www.cbsafety.ru/rus/saf_32_2f.pdf.

8. Степанова Л. И. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры : в 3-х томах. Т. 1 : Цельномолочные продукты. СПб. : ГИОРД, 1999. 384 с.

9. Справочник по молочному делу / под ред. А. И. Чеботарева. Колос, 1968. 335 с. : ил.

10. Горбатова К. К. Химия и физика молока : учебник для вузов. СПб. : ГИОРД, 2003. 288 с.

11. Результаты оценки качества кефирной продукции по содержанию бактериальных полисахаридов / В. И. Байбаков [и др.] // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2014. № 6 (29). С. 28–34.

12. Сафронова А. И., Конь И. Я., Георгиева О. В. Обогащение продуктов детского питания пребиотиками: достижения и проблемы // Вопросы современной педиатрии. 2013. Т. 12. № 1. С. 87–92. Режим доступа : http://sempinfo.ru/pdf/safronova_vsp_1_2013_blok.pdf.

13. ТУ 10.51.36-001-86925285-2016. Биопродукт кисломолочный сухой «Наринар». Технические условия.

14. Калинина Л. В., Ганина В. И., Дунченко Н. И. Технология цельномолочных продуктов : учеб. пособие. СПб. : ГИОРД, 2008. 248 с.

15. ГОСТ 26809-86. Молоко и молочные продукты. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу.

16. ГОСТ 13928-84. Молоко и сливки заготавливаемые. Правила приемки, методы отбора и подготовка их к анализу.

17. Пат. 2437092 РФ. Способ количественного анализа полисахарида, производимого молочнокислыми бактериями / Р. Р. Еникеев [и др.] ; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО СГТУ. № 201011111/15 ; заявл. 23.03.2010 ; опубл. 20.12.2011.

Захаров Игорь Владимирович, генеральный директор, ООО Центр биоинновационных технологий «Магистр».

E-mail: mikhaj-viktori@yandex.ru.

Чаплинский Вячеслав Валентинович, канд. биол. наук, доцент кафедры «Переработка сельскохозяйственной продукции и безопасности жизнедеятельности», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: pererabotkashp@mail.ru.

Столбовая Елена Ивановна, старший лаборант кафедры «Переработка сельскохозяйственной продукции и безопасности жизнедеятельности», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: lena_stolbovaya@mail.ru.

* * *

РАЗРАБОТКА И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОДВАРКИ ИЗ МИКРОКЛОНИРОВАННОЙ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ, ОБОГАЩЕННОЙ МИКРОНУТРИЕНТАМИ

Н. В. Московенко, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова

Проведены исследования разработки и оценки качества подварки из земляники садовой, обогащенной витаминно-минеральным премиксом. Балльная оценка и сравнительный анализ показателей качества ягод, выращенных в условиях *in vivo* и *in vitro*, свидетельствуют о том, что микроклонированные ягоды крупные, сладкие, лежкоспособные, яркой насыщенной окраски размер по поперечному диаметру микроклонированных ягод больше на 18,5 %, содержание механически поврежденных ягод, выращенных в условиях микроклонирования, меньше на 0,9 %. В землянике *in vitro* сорта «Корона» в сравнении с *in vivo* содержание органических кислот выше на 5 %, пектина на 1,4 %, витаминов: В1 – 8,0 %, В2 – 7,0 %, В5 – 9,7 %, В6 – на 3,8 %, В9 – 17,5 %, С – на 3,2 %, РР – 3,7 %, железа – на 1,1 %, йода – на 18,4 %, калия – на 3,0 %, магния – на 6,3 %, кальция – на 3,2 %. При производстве обогащенных ягодных полуфабрикатов, в частности, земляничной подварки, целесообразно использовать землянику, выращенную в микроклональных условиях. Разработана технология ягодного полуфабриката-подварки из микроклонированного ягодного сырья, обогащенной витаминно-минеральным премиксом. Употребление 100 г подварки удовлетворяет суточную рекомендуемую потребность взрослого человека в пиридоксине на 101 %, тиамине – 68 %, в витамине РР – 86,8 %, фолиевой кислоте – 35 %, рибофлавине – на 28 %, кальции и железе – на 30,4 % и 48,1 %, соответственно, что свидетельствует о функциональной направленности подварки.

Ключевые слова: химический состав, земляника, микроклонирование, обогащение, подварка, витаминно-минеральный премикс.

Государственная политика Российской Федерации направлена на обеспечение продовольственной безопасности путем увеличения собственного производства продовольственного сырья и пищевых продуктов. Сегодня потребительский рынок ягод, в частности, земляники садовой на 70–80 % представлен импортом. Отечественная отрасль промышленного производства ягодного сырья и продуктов его переработки неконкурентоспособна и не может удовлетворить потребности населения в ягодной продукции.

Поэтому одной из задач, стоящей перед отечественными производителями и переработ-

чиками ягод, является развитие качественной сырьевой базы и разработка продуктов с использованием ягодного сырья [1–3].

Инновационной идеей для решения указанной задачи является метод микроклонального размножения высокопродуктивных ягодных растений.

Ягоды и плодово-ягодная продукция являются важным источником витаминов, макро- и микроэлементов, полифенолов и других биологически активных веществ [4–7].

В связи с этим обеспечение потребностей населения в ягодах, а перерабатывающей промышленности в сырье является актуальной за-



дачей. Проблема становится более значимой в рамках реализации Концепции государственной политики в области здорового питания населения РФ, где важным направлением является ликвидация дефицита микронутриентов в рационе человека путем разработки обогащенных продуктов на основе местного растительного сырья [7–10].

В связи с этим целью исследования является обоснование целесообразности использования микроклонированного ягодного сырья в производстве ягодных полуфабрикатов, на примере подварок, обогащенных витаминно-минеральным премиксом.

Материал и методы

Материал для исследований: земляника садовая сортов «Корона» и «Максим» (ГОСТ 6828-89), подварка из земляники садовой.

Оценку качества земляники садовой проводили в соответствии с ГОСТ 6828-89 «Земляника свежая. Требования при заготовках, поставках и реализации».

Балльную оценку качества ягод проводили в соответствии с общепринятой 5-балльной шкалой (табл. 1).

Отбор проб подварок проводили в соответствии с ГОСТ 26313-84 «Продукты переработки плодов и овощей. Правила приемки, методы отбора проб». Балльную оценку подварок проводили по 30-балльной системе в соответствии с таблицей 2.

Средний оценочный балл по каждому из показателей определяли по следующей формуле:

$$A_i = a_i / n,$$

где A_i – средний оценочный балл;

a_i – сумма баллов по i -му показателю качества;

n – число дегустаторов.

Таблица 1 – Шкала балльной оценки земляники садовой

Градация	Балл	Качество
5	5	Отличное
4	4	Хорошее
3	3	Удовлетворительное
2	2	Плохое (едва приемлемое)
1	1	Очень плохое (неприемлемое)

В исследуемых образцах подварок определяли следующие показатели:

– массовая доля растворимых сухих веществ – ГОСТ 28562-90 «Продукты переработки плодов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ»;

– массовая доля титруемых кислот в джемах – ГОСТ 25555.0-82 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения титруемой кислотности»;

– массовая доля минеральных примесей – ГОСТ 25555.3-82 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения минеральных примесей»;

– массовая доля примесей растительного происхождения – ГОСТ 26323-84 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения содержания примесей растительного происхождения».

Методом жидкостной хроматографии определяли количество витаминов в ягодах и пищевой продукции. Количество макро- и микроэлементов с помощью атомно-абсорбционного спектрофотометра.

Полученные результаты обрабатывали методом вариационной статистики с использованием компьютерных программ. Все исследования проводили в 5-кратной повторности. Уровень доверительной вероятности 0,95.

Результаты исследований

В таблице 3 представлена балльная оценка земляники садовой *in vivo* и *in vitro* сорта «Корона».

Ягоды сорта «Корона» *in vivo* и *in vitro* соответствуют требованиям ГОСТ 6828-89. Средний балл микроклонированных ягод выше на 0,9 по сравнению с ягодами *in vivo*.

Микроклонированные ягоды здоровые, свежие, целые, зрелые, чистые, без излишней влаги, округло-конической формы, крупные по

Таблица 2 – Шкала балльной оценки подварки из земляники садовой

Наименование показателей	Высшая оценка, баллы	Пределы для оценки качества, баллы
Вкус и аромат	12	12–9
Структура и консистенция	9	9–7
Цвет и внешний вид	6	6–5
Форма	3	3

размеру. Цвет ягод однородный ярко-красный. Вкус и запах, свойственные данному помологическому сорту, без посторонних привкусов и запахов. Ягоды отличаются гармоничным кисло-сладким вкусом, обладают более выраженным сладким вкусом и ароматом по сравнению с ягодами *in vivo*. Оценка внешнего вида ягод, выращенных в микроклонированных условиях, выше на 1 балл. Вкус и запах микроклонированных ягод имеют оценку 4,8 балла, что на 0,9 балла выше по сравнению с традиционными ягодами.

Размер по поперечному диаметру микроклонированных ягод составляет 27 мм, что на 18,5% больше в сравнении с традиционными ягодами. Содержание механически поврежденных ягод *in vivo* составляет 1,8%, что на 0,9% превышает содержание механически поврежденных ягод, выращенных микроклональным способом. Содержание ягод, поврежденных вредителями, сорта «Корона» *in vitro* ниже по

сравнению с ягодами, выращенными под открытым грунтом, на 0,6% и составляет 0,6%.

Пищевая ценность ягод земляники садовой *in vivo* и *in vitro* сорта «Корона» и представлен в таблице 4.

В землянике *in vitro* сорта «Корона» в сравнении с *in vivo* содержание органических кислот выше на 5%, пектина – на 1,4%, витаминов: В1 – на 8,0%, В2 – на 7,0%, В5 – на 9,7%, В6 – на 3,8%, В9 – на 17,5%, С – на 3,2%, РР – на 3,7%, железа – на 1,1%, йода – на 18,4%, калия – на 3,0%, магния – на 6,3%, кальция – на 3,2%.

Полученные данные обусловлены тем, что микроклонированные ягоды выращены в благоприятных безинфекционных условиях без воздействия внешних факторов, на питательной среде, обогащенной необходимыми микро-, макроэлементами и витаминами.

Все исследуемые показатели безопасности ягод соответствовали требованиям Техническо-

Таблица 3 – Балльная оценка земляники садовой *in vivo* и *in vitro* сорта «Корона»

Наименование показателя	Максимальное и минимальное количество баллов по шкале	Содержание <i>in vivo</i>	Содержание <i>in vitro</i>
Внешний вид	min 1; max 5	3,8±0,03	4,8±0,03
Вкус и запах	min 1; max 5	3,9±0,04	4,8±0,03
Окраска ягод	min 1; max 5	3,7±0,02	4,6±0,04
Зрелость	min 1; max 5	3,7±0,03	4,6±0,02
Средний балл	min 1; max 5	3,8	4,7

Таблица 4 – Химический состав земляники садовой *in vivo* и *in vitro*, г/100 г продукта

Наименование показателя	Содержание <i>in vivo</i>	Содержание <i>in vitro</i>
Содержание сухих веществ	9,18±0,6	10,1±0,3
Органические кислоты, г/100 г	1,5±0,2	1,6±0,3
Углеводы, г/100 г	6,30±0,12	6,84±0,33
в т. ч. пектин	0,72±0,02	0,73±0,02
Белки, г/100 г	0,59±0,03	0,6±0,02
Жиры, г/100 г	0,37±0,03	0,39±0,03
Бета-каротин, мг/100 г	0,022±0,001	0,030±0,001
В1, мг/100 г	0,027±0,002	0,03±0,001
В2, мг/100 г	0,041±0,002	0,041±0,001
В5, мг/100 г	0,26±0,002	0,27±0,003
В6, мг/100 г	0,052±0,002	0,053±0,002
В9, мг/100 г	0,017±0,001	0,020±0,001
С, мг/100 г	52,5±0,5	54,2±0,7
РР, мг/100 г	0,27±0,04	0,28±0,03
Железо, мг/100 г	1,11±0,05	1,13±0,02
Йод, мкг/100 г	0,71±0,04	0,84±0,03
Калий, мг/100 г	138,6±5,4	142,8±7,9
Магний, мг/100 г	16,0±1,6	17,0±2,1
Кальций, мг/100 г	40,4±3,8	41,7±3,8



го регламента таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» 021/2011.

Таким образом, в производстве обогащенных ягодных полуфабрикатов, в частности, земляничной подварки, целесообразно использовать землянику, выращенную в микроклональных условиях, т.к. она обладает улучшенными показателями качества, более крупная, обладает приятным сладким вкусом, насыщенным цветом и отличается высоким содержанием макро- и микронутриентов.

Разработана подварка из микроклонированной земляники садовой, включающая следующие компоненты: сахар-песок, витаминно-минеральный премикс «Валетек-8», лактат натрия, лимонная кислота, сорбиновая кислота, пектин высокоэтерифицированный. В связи с тем, что в процессе технологии и хранения снижается количество незаменимых микронутриентов в готовом продукте в рецептуре использовали витаминно-минеральный премикс

«Валетек-8» со следующим содержанием биологически активных веществ: витамин В1 – 90 мг, витамин В2 – 55 мг, витамин В6 – 133 мг, витамин РР – 1150 мг, фолиевая кислота – 85 мг, железо – 550 мг, кальций – 19200 мг. При расчете дозы внесения учитывали рекомендации производителя: 1,5 кг премикса используется на 100 кг готового продукта. В связи с тем, что земляника обладает недостаточным количеством структурообразователей в рецептуру подварок введен пектин с целью создания необходимой консистенции подварки. В данном случае наиболее подходящим являлся высокоэтерифицированный пектин, образующий гель в присутствии большого количества сахара и кислоты, при этом содержание сухих веществ в среде должно быть не менее 50 %, а рН 2,8...3,4. При одинаковых условиях и высоких температурах высокоэтерифицированные пектины желируют быстрее, чем низкоэтерифицированные. В таблице 5 представлена рецептура и расход сырья

Таблица 5 – Рецептура и расход сырья на 1 т готовой продукции подварки из микроклонированной земляники садовой

Наименование сырья	Содержание сухих веществ в %	Расход сырья на 1 т готовой продукции (кг)			
		на загрузку полуфабриката		на загрузку готовой продукции	
		в натуре	в сухом веществе	в натуре	в сухом веществе
Сахар-песок	99,85	655	654,02	652,89	651,91
Земляника	10	345	34,50	343,89	34,39
Пектин	90	8	7,20	7,97	7,18
Лактат натрия	40	2,5	1,00	2,49	1,00
Лимонная кислота	91,2	3,01	2,75	3,00	2,74
Валетек 8	97	15	14,55	14,81	14,36
Сорбиновая кислота	99,5	0,05	0,05	0,05	0,05
Итого сырье		1028,56	714,06	1015,23	704,81
Выход готового изделия	69,00			1000	690,0

Таблица 6 – Пищевая ценность обогащенной подварки из микроклонированной земляники

Наименование показателя	Содержание
Содержание сухих веществ, г/100 г	70,7±0,2
Зола, г/100 г	0,44±0,01
Углеводы, в том числе, г/100 г	64,6±2,3
Пектин, г/100 г	1,1±0,3
Клетчатка, г/100 г	0,72±0,02
Белки, г/100 г	0,434±0,002
Органические кислоты, г/100 г	1,62±0,01
Энергетическая ценность, ккал	244
Тиамин, мг/100 г	1,36±0,03
Рибофлавин, мг/100 г	0,84± 0,07
Пиридоксин, мг/100 г	2,02±0,01
Витамин РР, мг/100 г	17,36±0,82
Фолиевая кислота, мг/100г	0,141±0,001
Кальций, мг/100г	303,7±3,3
Железо, мг/100г	8,6±0,4

на 1 т готовой продукции подварки из микроклонированной земляники садовой.

Технология земляничной подварки следующая: подготовка сырья к производству, приготовление ягодного полуфабриката – пюре (сортировка ягод, ошпарка, протирка через сито), варка, охлаждение, внесение витаминного премикса, лимонной кислоты при постоянном перемешивании, упаковка, маркировка и хранения. Витаминный премикс вносили на стадии охлаждения.

Пищевая ценность обогащенной земляничной подварки представлена в таблице 6.

Употребление 100 г подварки, обогащенной витаминно-минеральным премиксом «Валетек 8», позволяет обеспечить суточную рекомендуемую норму в пиридоксине на 101 %, тиамине – 68 %, в витамине РР – 86,8 %, фолиевой кислоте и рибофлавине на 35 % и 28 % соответственно, кальции и железе на 30,38 % и 48,12 %, соответственно, что свидетельствует о функциональной направленности подварки.

Выводы

Сравнительный анализ показателей качества ягод, выращенных в условиях *in vivo* и *in vitro*, свидетельствует о том, что микроклонированные ягоды крупные, сладкие, лежкоспособные, яркой насыщенной окраски размер по поперечному диаметру микроклонированных ягод больше на 18,5 %, содержание механически поврежденных ягод, выращенных в условиях микроклонирования, меньше на 0,9 %. В землянике *in vitro* сорта «Корона» в сравнении с *in vivo* количество органических кислот выше на 5 %, пектина – на 1,4 %, витаминов – на 3,2–16 %, минеральных веществ – на 3,2–18,4 %. Разработана технология ягодного полуфабриката-подварки из микроклонированного ягодного сырья, обогащенной витаминно-минеральным премиксом. Употребление 100 г подварки удовлетворяет суточную потребность взрослого человека в пиридоксине на 101 %, тиамине – 68 %, в витамине РР – 86,8 %, фолиевой кислоте – 35 %, рибофлавине – на 28 %, кальции и железе – на 30,4 % и 48,1 %, соответственно, что свидетельствует о функциональной направленности подварки, которая может быть в дальнейшем использована в качестве начинки для кондитерских изделий, обогащенных микронутриентами.

Рекомендации

В производстве обогащенных ягодных полуфабрикатов, в частности, земляничной под-

варки, целесообразно использовать землянику, выращенную в микроклональных условиях.

Список литературы

1. Евдокимова О. В., Седов Ю. А. Физиологически функциональные ингредиенты экстрактов растительного сырья // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2012. № 1. С. 42–47.
2. Евдокимова О. В., Фукс С. Г. Биологические активные вещества из шрота плодов шиповника // Товаровед продовольственных товаров. 2011. № 3. С. 54–56.
3. Егорова Е. Ю. Комплексная переработка плодово-ягодного сырья: методические подходы // Хранение и переработка сельхозсырья. 2012. № 5. С. 12–15.
4. Бакин И. А., Мустафина А. С., Лунин П. Н. Влияние комплексных технологических приемов обработки на экстрагирование ягодного сырья // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2016. № 5–6. С. 24–26.
5. Бакин И. А., Мустафина А. С., Лунин П. Н. Совершенствование технологии экстрагирования ягодного сырья с использованием ультразвуковой установки // Вестник Красноярского аграрного университета. 2015. № 12. С. 91–95.
6. Бакин И. А., Мустафина А. С., Лунин П. Н. Изучение химического состава ягод черной смородины в процессе переработки // Вестник Красноярского аграрного университета. 2015. № 6. С. 159–162.
7. Попова Д. Г., Титоренко Е. Ю., Позняковский В. М. Разработка и исследование потребительских свойств бальзама на основе местного сырья // Техника и технология пищевых производств. 2015. № 1. С. 70–73.
8. Натурные исследования эффективности биологически активной добавки с направленными функциональными свойствами / А. А. Вековцев, Г. А. Подзорова, А. Ю. Казьмина, В. М. Позняковский // Техника и технология пищевых производств. 2015. Т. 37. № 2. С. 67–73.
9. Плешкова Н. А., Сычугова А. О., Позняковский В. М. Разработка рецептуры и технологии производства специализированного продукта – БАД «Гепатон-2» // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2015. № 5 (34). С. 42–47.
10. Товароведная характеристика и функциональная направленность нового специали-



зированной продукта / Е. Ю. Лобач, О. О. Галикаева, Ю. Г. Гурьянов, В. М. Позняковский
// Товаровед продовольственных товаров. 2015.
№ 1 (30). С. 71–75.

Московенко Надежда Владимировна, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры пищевой инженерии, Уральский государственный экономический университет.
E-mail: mik_ml@mail.ru.

Тихонов Сергей Леонидович, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой пищевой инженерии, Уральский государственный экономический университет.
E-mail: tihonov75@bk.ru.

Тихонова Наталья Валерьевна, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры пищевой инженерии, Уральский государственный экономический университет.
E-mail: tihonov75@bk.ru.

* * *

УДК 664.95.001.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ОХЛАЖДЕННОЙ РЫБЫ, ОБРАБОТАННОЙ ИОНИЗИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Р. Т. Тимакова, А. С. Романова, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова

Для сокращения потерь продовольствия на всех этапах пищевой цепочки требуется применение эффективных технологий хранения пищевых продуктов, к которым относятся радиационные технологии. В 2017 году РФ присоединилась к странам, в которых применяются данные технологии. Несмотря на то, что руководство по облучению рыбы и рыбопродуктов в настоящее время находится в проекте, необходимо осуществлять первичные исследования для апробации методик и методов идентификации радиационно обработанной рыбы. В результате проведенных исследований установлено, что при увеличении дозы облучения образцов мякотной ткани рыбы с 3 кГр до 12 кГр с высокой степенью достоверности происходит увеличение параметров ЭПР спектров: амплитуда – в 1,6 раза, площадь под линией сигнала – в 1,9 раза, ширина пика – на 14,3 % ($p \leq 0,05$). Коэффициент корреляции между дозой облучения и параметрами ЭПР сигнала (амплитуда, площадь) показывает на высокую степень силы статистической связи (соответственно 0,89 и 0,97), также выявлена высокая степень корреляции между дозой облучения и поглощенной дозой (0,83). С учетом полученных результатов и исходя из перспективности применения радиационных технологий для увеличения сроков годности рекомендуется проведение дальнейших исследований методом ЭПР для накопления экспериментальных данных о радиационной чувствительности рыбы в зависимости от ее вида и принадлежности к определенному семейству рыб, а также для изучения влияния доз облучения на изменение ее срока годности.

Ключевые слова: потери продовольствия, рыба, облучение, спектр, амплитуда, доза, метод ЭПР.

В 2015 году 193 государства – члена Организации Объединенных Наций приняли Повестку дня в области устойчивого развития на период до 2030 года, которая включает 17 целей в области устойчивого развития (ЦУР), одна из целей которых решала проблему сокращения потерь продовольствия [1]. Общеизвестно, что сокращение продовольственных потерь и пищевых отходов гораздо эффективнее с точки зрения повышения доступности пищевых продуктов, чем увеличение объемов производства.

Ориентировочно, общая годовая стоимость продовольственных потерь и пищевых отходов в ценах производителей составляет порядка

750 млрд долларов США, что является огромной потерей сырьевых ресурсов, используемых в процессе производства этих продуктов, и вместе с этим оказывает влияние на изменение климата на Земном шаре за счет выделения при производстве таких продуктов до 3,3 млрд парниковых газов ежегодно. Группа экспертов высокого уровня (ГЭВУ) по вопросам продовольственной безопасности и питания Комитета по всемирной продовольственной безопасности установила, что основными причинами потерь продовольствия, происходящих на всех этапах производственно-торговой пищевой цепочки, являются низкий уровень управления



при уборке урожая, хранении, транспортировке, переработке, упаковке и сбыте [2].

В соответствии с данными ФАО, установлено, что самые большие потери происходят на малых и средних предприятиях. Повышение общей эффективности продовольственных цепочек приводит к сокращению продовольственных потерь и пищевых отходов [3]. Авторы работы [4] отмечают, что укрепление глобальной продовольственной безопасности имеет важное значение для сокращения потерь продовольствия.

В России в общем объеме производства рыбы более 22% занимает охлажденная продукция, которая относится к особо скоропортящемуся виду продукции. Мясо рыбы отличается меньшей стойкостью при хранении по сравнению с мясом сельскохозяйственных животных. Одной из причин его низкой сохранности является отсутствие в мышечной ткани гликогена, вследствие чего не происходит образование молочной кислоты и pH остается на уровне 6,3–6,6, что создает благоприятные условия для развития микрофлоры [5]. Потери в розничной торговле только за счет естественной убыли по охлажденной рыбе составляют 0,6–0,65% [6]. Для сокращения потерь и увеличения сроков годности необходимо использование эффективных технологий хранения рыбы. К традиционным технологиям охлаждения/замораживания рыбы относятся: охлаждение в воздушной среде, применение дробленого или антисептического льда, холодной морской воды; а также нанесения снегообразного диоксида углерода на поверхность рыбы [7]. Ряд авторов [8] предлагает введение снегообразного диоксида углерода CO₂ во внутреннюю полость рыбы, что позволяет увеличить продолжительность хранения охлажденной рыбы до 10 суток.

Обработка ионизирующим излучением продовольственного сырья и пищевых продуктов является одной из наиболее эффективных технологий, которая активно применяется во всем мире. Наша страна с января 2017 года вводит данную технологию поэтапно для разных видов пищевых продуктов и сельскохозяйственного сырья. По рыбе и рыботорговле зарубежная нормативная база не актуализирована, однако рыба охлажденная импортного производства в настоящее время присутствует на потребительском рынке г. Екатеринбурга [5].

[9] отмечают существенное увеличение срока годности при использовании радиационной технологии и более низкие энергетические и денежные затраты. Доза от 4,5 кГр снижает

микробиологическую обсемененность [10, 11], но при обработке рыбы отмечается факт чрезвычайного окисления и появления нежелательных запахов [12].

Сторонники применения радиационных технологий отмечают, что активность радионуклидов, которые могут появиться в организме человека при употреблении облученных пищевых продуктов, значительно меньше средней суммарной активности природных радионуклидов, которые присутствуют в организме каждого человека [13, 14]. Увеличение дозы облучения человека, обусловленной радионуклидами естественного происхождения (³H, ¹⁴C, ⁴⁰K, ²³⁸U, ²³²Th, ²³⁵U, ²²⁶Ra), за счет потребления пищи, облученной γ-излучением в дозах ниже 60 кГр, является незначительным [14].

Общепризнанной безопасной дозой является доза до 10 кГр. Несмотря на это, ученые не приняли окончательного решения о полной (безусловной) безопасности метода радиационной обработки пищевых продуктов и об оптимальных дозах облучения, так как достоверно не установлено: какими будут последствия для организма человека и будущих поколений при постоянном употреблении в пищу облученных пищевых продуктов.

В результате воздействия ионизирующего излучения на пищевые продукты возникает ионизация, происходит цепная реакция возбуждения молекул и появляются высокоактивные свободные радикалы, вследствие чего возможно методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) установить факт и дозу облучения.

Целью исследований является оценка спектра ЭПР радиационно-обработанной охлажденной рыбы разными дозами облучения.

Материал и методы

Объекты исследований: рыба (филе форели). Отбор проб проводили по ГОСТу 31339-2006 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб». Обработка проб ионизирующим излучением дозами 3,9,10,12 кГр осуществлялась на линейном ускорителе электронов модели УЭЛР-10-10С2 с энергией до 10 МэВ. Для исследований использовался спектрометр ЭПР марки Labrador Expert X-диапазона. Для сравнения сигналов использовался эталон на основе оксида марганца. Обработку ЭПР спектров проводили в автоматизированном режиме с использованием специализированного программного обеспечения. и определяли следующие параметры

ЭПР сигнала: g-фактор, амплитуду, ширину, площадь. Исследования проводили в 5-кратной повторности. Результаты обработаны методом вариационной статистики с использованием коэффициента Стьюдента.

Результаты исследований

После облучения образцов мякоти рыбы дозой 3 кГр (рис. 1) в диапазоне поля 3260–3290 Гс амплитуда пика составила $(5,22 \pm 0,10) \cdot 10^{-5}$, ширина сигнала $9,02 \pm 0,75$ Гс и площадь пика $(1,58 \pm 0,08) \cdot 10^{-4}$ ($p \leq 0,05$).

Облучение образцов мякоти рыбы дозой 9 кГр (g-фактор = 2,0057) привело к изменению параметров ЭПР-спектра: отмечено увеличение амплитуды пика на 14,9% (до $(6,0 \pm 0,2) \cdot 10^{-5}$), ширины на 30,7% (до $11,79 \pm 0,15$ Гс) и площади пика на 55,0% до $(2,45 \pm 0,16) \cdot 10^{-4}$ ($p \leq 0,05$) по сравнению с образцами мякоти рыбы, облученными дозой 3 кГр.

После облучения образцов мякоти рыбы дозой 10 кГр (g-фактор = 2,0059) по сравнению с образцами мякоти рыбы, облученными более низкой дозой – 9 кГр установлено увеличение амплитуды пика на 20,8% до $(7,25 \pm 0,82) \cdot 10^{-5}$, уменьшение ширины сигнала на 7,8% до

$10,87 \pm 0,10$ Гс и увеличение площади пика на 24,1% до $(3,04 \pm 0,16) \cdot 10^{-4}$ ($p \leq 0,05$).

После облучения образцов мякоти рыбы дозой 12 кГр (g-фактор = 2,0063) по сравнению с образцами мякоти рыбы, облученными 10 кГр, при увеличении амплитуды пика на 18,1% до значения $(8,56 \pm 0,81) \cdot 10^{-5}$ и сужении сигнала на 5,2% до $10,31 \pm 0,15$ Гс было установлено незначительное увеличение площади пика на 0,7% до $(3,06 \pm 0,16) \cdot 10^{-4}$ ($p \leq 0,05$).

Установлено, что амплитуда и площадь ЭПР спектров образцов мякоти рыбы не изменяется линейно пропорционально дозе облучения; коэффициент корреляции Пирсона, равный соответственно 0,89 и 0,97, указывает на высокую степень силы статистической связи амплитуды и площади сигнала от дозы облучения (рис. 2).

Анализ полученных данных показывает отсутствие достоверно установленной линейной зависимости ширины ЭПР сигналов от дозы облучения (коэффициент Пирсона равен 0,64), при этом ширина сигнала с увеличением дозы облучения (от 9 кГр) уменьшается (рис. 3).

С увеличением дозы облучения поглощенная доза увеличивается с высокой степенью достоверности (коэффициент Пирсона равен 0,83). Трехмерная графическая интерпретация дает представление о влиянии совокупности факторов (дозы облучения X_1 и площади сигнала X_2) на поглощенную дозу (рис. 4).

Математическая модель поглощенной дозы имеет следующий вид:

$$Y = 12,3295 - 0,2809X_1 - 94989,3768X_2 - 0,08X_1^2 + 9205,4117X_1X_2 + 1,2119E7X_2^2.$$

Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что при увеличении дозы облуче-



Рис. 1. Спектр образца мякоти рыбы, облученной дозой 3 кГр (g-фактор = 2,0064)

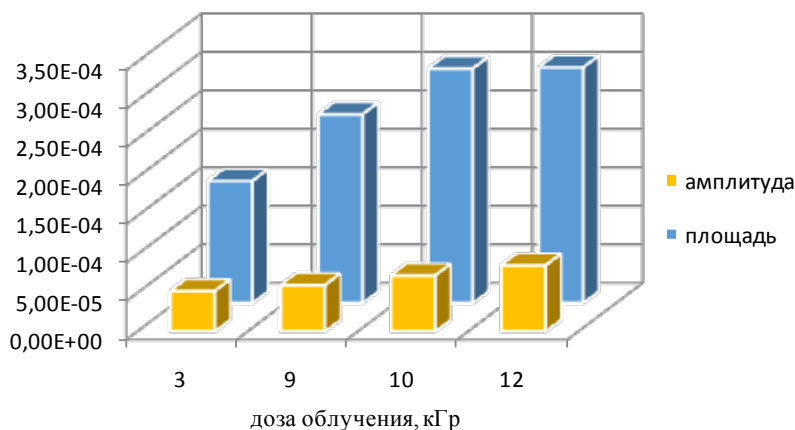


Рис. 2. Амплитуда и площадь ЭПР сигналов образцов мякоти рыбы, облученных разными дозам



ния образцов мякотной ткани рыбы с 3кГр до 12 кГр с высокой степенью достоверности происходит изменение (увеличение) параметров ЭПР спектров: амплитуда – в 1,6 раза, площадь под линией сигнала – в 1,9 раза, ширина пика – на 14,3 % ($p \leq 0,05$). Установлена высокая степень корреляции между дозой облучения и поглощенной дозой.

Рекомендации

Полученные экспериментальные данные можно использовать для определения дозы облучения радиационно-обработанной пищевой продукции.

Список литературы

1. ФАО, МФСР и ВПП. Мониторинг продовольственной безопасности и питания в поддержку осуществления Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года: подведение итогов и планы на будущее. Рим : ФАО, 2016. 24 с.

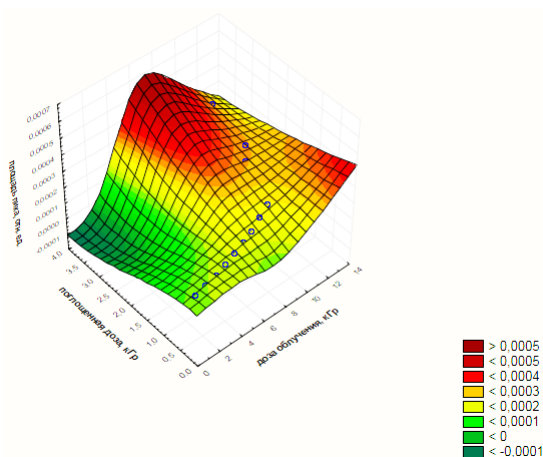


Рис. 4. Поверхность отклика $Y = f(X_1; X_2)$ для образцов рыбы

2. Продовольственные потери и пищевые отходы в контексте устойчивых продовольственных систем // Доклад ГЭВУ. Рим, 2014. 13 с.

3. Положение дел в области продовольствия и сельского хозяйства. Изменение климата, сельское хозяйство и продовольственная безопасность. Рим : ФАО, 2016. 210 с.

4. Importance of food-demand management for climate mitigation / B. Bajželj [et al] // Nature Climate Change. 2014. № 4. P. 924–929.

5. Применение метода электронного парамагнитного резонанса для исследования рыбы / Л. С. Кудряшов, Р. Т. Тимакова, С. Л. Тихонов, А. С. Романова // Хранение и переработка сельхозсырья. 2017. № 1. С. 9–12.

6. Нормы естественной убыли продовольственных товаров в сфере торговли и общественного питания (утв. Приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 1.03.2013 г. № 252). Режим доступа : <http://base.garant.ru> (дата обращения 16.02.2017).

7. Буянов О. Н., Горохов А. А., Неверов Е. Н. Исследование работы генератора – дозатора снегообразного диоксида углерода // Вестник Международной академии холода. 2005. № 4. С. 20–21.

8. Киселева Т. Ф., Неверов Е. Н., Мозжери-на И. В. Изменение качества охлажденной рыбы в процессе хранения // Ползуновский вестник. 2011. № 3/2. С. 197–201.

9. Тихонов А. В., Анашкин Р. С., Крюков А. Е. Использование радиационных технологий в сельскохозяйственном производстве // Сборник научных трудов ГНУ СНИИЖК. 2013. № 6. С. 330–333.

10. Erkan N., Günlü A., Genç I. Y. Alternative seafood preservation technologies: ionizing radiation and high pressure processing // Journal of FisheriesSciences.com. 2014. № 8 (3). P. 238–251.

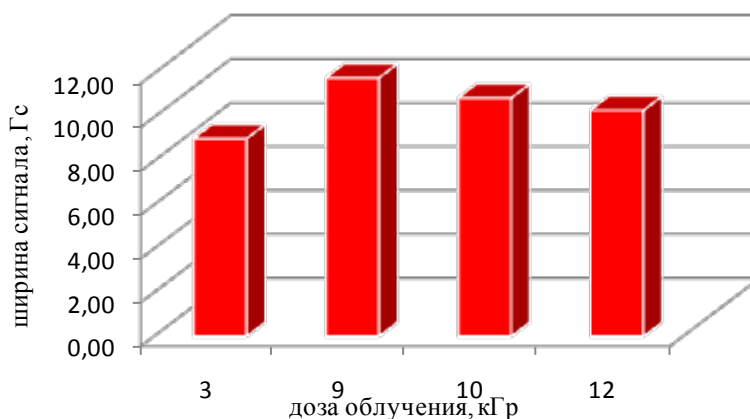


Рис. 3. Ширина ЭПР сигналов образцов мякоти рыбы, облученных разными дозам

11. Genç İ. Y., Diler A. Elimination of food borne pathogens in sea foods by irradiation: Effects on quality and shelf-life // Journal of Food Science and Engineering. 2013. № 3. P. 99–106.

12. The stability and shelf life of seafood / F. Toldrá, M. Reig, D. Kilcast, P. Subramaniam // Food and Beverage Stability and Shelf Life. Elsevier Science. 2011. P. 779–792.

13. Natural and induced radioactivity in food. IAEA-TECDOC-1287. Vienna : IAEA, 2002. 136 p.

14. Dosimetry for food irradiation. Vienna: International Atomic Energy Agency. Technical report series, ISSN 0074–1914. 2002. № 409. 161 p.

Тимакова Роза Темерьяновна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры туристического бизнеса и гостеприимства, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет».

E-mail: trt64@mail.ru.

Романова Алиса Сергеевна, аспирант кафедры пищевой инженерии, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет».

E-mail: alisic_kolotova@mail.ru.

Тихонов Сергей Леонидович, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой пищевой инженерии, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет».

E-mail: tihonov75@bk.ru.

Тихонова Наталья Валерьевна, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры пищевой инженерии, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет».

E-mail: tihonov75@bk.ru.

* * *

УДК 664.002.35: 613.2

РАЗРАБОТКА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕГЛАМЕНТИРУЕМЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОДУКТА – БАД «ЭНЕРГИЯ»

Б. Тохирен, А. А. Челнаков, В. М. Позняковский

Разработана новая формула биологически активной добавки (БАД) для комплексной поддержки обменных процессов в организме. Дана фармакологическая характеристика рецептурных ингредиентов и их синергические свойства в отношении пролонгированной антиоксидантной защиты организма. Инновационная технология пеллетированной формы БАД позволяет запрограммированно, в определенном порядке высвобождать активные вещества из каркасной таблетки. Проведены органолептические, физико-химические, санитарно-микробиологические и санитарно-токсикологические исследования в процессе производства и хранения, что позволило установить регламентируемые показатели качества, сроки и режимы хранения. Употребление специализированного продукта по 1 таблетке 2 раза в день обеспечивает потребление эссенциальных нутриентов (витаминов) в соответствии с заданными функциональными свойствами, % от рекомендуемой суточной потребности (РСП): $V_1 - 67$, $V_3 - 50$, $V_5 - 100$, $V_6 - 100$, $V_9 - 100$, $V_{12} - 33$, токоферола ацетат – 133, бета каротин – 140, витамин С – 111, коэнзим Q10 – 17. Эффективность и функциональная направленность БАД подтверждены в клинических испытаниях путем включения в рацион добровольцев сложных профессий (врачи, учителя, менеджеры среднего звена, руководители), регулярно подвергавшихся повышенным психофизиологическим нагрузкам либо связанных с работой в ночную смену.

Ключевые слова: БАД, рецептурный состав, технология, качество, безопасность, эффективность, функциональная направленность.

Специализированные продукты, в том числе биологически активные добавки (БАД), находят все большее применение в коррекции питания и здоровья. Это связано с доступностью этой группы пищевых продуктов и вместе с тем эффективностью их влияния на обменные процессы организма [1–5].

Особое внимание уделяется использованию БАД в качестве фактора питания в профилактике и комплексной терапии заболеваний, направленных на сохранение здоровья и трудоспособности. В этой связи поставлена задача расширения ассортимента отечественной продукции, изучения показателей их качества, безопасности и функ-

циональной направленности, что подтверждено на государственном уровне в программе развития пищевой, перерабатывающей промышленности и обеспечения политики здорового питания населения Российской Федерации [6–13].

Цель исследования заключается в разработке и определении регламентируемых показателей качества нового специализированного продукта в форме БАД «Энергия».

Материалы и методы

В качестве материалов использованы растительное сырье и препараты биологически активных веществ. Применяли общедоступные

и специальные методы исследования качества, безопасности, эффективности и функциональной направленности разрабатываемого продукта.

Результаты исследований

Разработана рецептурная формула и определены регламентируемые показатели качества нового специализированного продукта БАД «Энергия».

Дано научное обоснование компонентного состава, функциональная направленность которого связана с фармакологической характеристикой и синергетическими свойствами рецептурных ингредиентов.

Виноградные зерна (экстракт). Содержит проантоцианиды, катехины, незаменимые жирные кислоты, токоферолы. Обладает антиоксидантным свойством, улучшает циркуляцию крови и укрепляет стенки капилляров, нейтрализует свободные радикалы, препятствуя их разрушительному воздействию на миокард. Активизирует иммунную систему, защищает легочную, соединительную ткани.

Персика лист (экстракт). Применяется как мочегонное средство при нарушениях сердечного ритма и гипохромной анемии. Характеризуется выраженной антиоксидантной активностью, оказывает иммуномодулирующее действие на все звенья иммунной системы: в первую очередь на фагоцитоз (захват и уничтожение болезнетворных бактерий), а также клеточный и гуморальный ответ.

Красная щетка (экстракт). Обладает выраженными кровоостанавливающим и мягким тонизирующим действиями. Использование корневищ с корнями красной щетки обусловлено тем, что именно эта часть растения содержит гликозид салидрозид, антоцианы, дубильные вещества, сахара, белки, жиры, воски, другие минорные нутриенты. Многокомпонентный химический состав растения обуславливает многофункциональность действия красной щетки. Она обладает значительным противовоспалительным, антибактериальным, иммуностимулирующим действием, нормализует обмен веществ, улучшает энергетический обмен в мышцах и ЦНС. Одно из основных действующих веществ – гликозид салидрозид, который способствует проявлению онкопротекторных, противовоспалительных, противоинфекционных и адаптогенных свойств растения, устраняя эндокринные нарушения при гинекологических заболеваниях, патологии щитовидной железы, надпочечников. Антоцианы обладают профи-

лактическим и лечебным эффектом при заболеваниях бактериальной, вирусной, грибковой этиологий.

Селен. Входит в структуру глутатионпероксидазы – важного элемента антиоксидантной системы организма, ответственного за инактивацию гидроперекисей жирных кислот, образующихся при перекрестном окислении ненасыщенных липидов. Является синергистом витамина Е и С, оказывает защитное действие на клетки крови, сердца, печени и легких, улучшает действие витамина Е.

Цинк. Необходим для нормального функционирования иммунной системы, действует как кофактор в химических процессах роста, происходящих в организме. Обладает индивидуальными антиоксидантными свойствами, необходим для поддержания нормального уровня токоферола в крови.

Витамин С. Сильный антиоксидант и кофактор многих ферментов. Участвует в синтезе коллагена, главного белка соединительной ткани. Две другие важные роли витамина С – детоксикационная, помогает очищать организм от ядов (начиная с сигаретного дыма и окиси углерода и кончая змеиным ядом) и антиоксидантная. В данном случае необходим для защиты организма, в частности липидов и жирорастворимых витаминов (особенно А и Е) от разрушительного действия кислорода. Увеличивает адсорбцию железа из кишечного тракта путем комплексообразования.

Медь. Входит в состав церулоплазмينا и ферментов супероксидсмутазы, играющих важную роль в системе антиоксидантной защиты организма. Имеет важное значение в поддержании активного иммунитета.

Кверцетин, рутин – растительные биофлавоноиды. Оказывают противовоспалительное действие, укрепляют стенки капилляров, нормализуя их проницаемость, обладают антиоксидантным действием.

Цистин. Обладает антиоксидантными свойствами. Сочетание цистина с витамином Е приводит к усилению антиоксидантного действия микронутриентов (эффект синергизма). Повышенное потребление цистина ускоряет восстановление после операций, ожогов, укрепляет соединительную ткань.

В состав специализированного продукта включен комплекс «Цифрол-5», обеспечивающий мощный антиоксидантный эффект за счет наличия комплекса биологически активных веществ. Эффективность каждого из компонентов



намного возрастает в совокупности с другими. Они активизируют иммунную систему человека, мобилизуя защитные силы организма, замедляет процессы старения, предотвращает развитие различных патологий. Наличие флавоноидов (дигидрокверцетина и гесперидина) обеспечивает капиллярно-протекторную активность: препятствует разрушению клеточных, тканевых, органных мембран и барьеров, укрепляет стенки кровеносных сосудов и капилляров, усиливает кровоток, улучшает свойства крови, нормализует и понижает уровень холестерина и триглицеридов. Благодаря этим свойствам «Цифрол – 5» помогает при заболеваниях, сопровождающихся повышенной ломкостью капилляров – атеросклерозе с поражением сосудов мозга, сердца, конечностей. Снижает риск возникновения инсульта и инфаркта, способен сокращать рубцовую зону ишемического повреждения миокарда, помогает при ишемической болезни сердца, улучшает сократительную функцию сердца, уменьшает число нарушений ритма и улучшает проводимость, способствует улучшению коронарного кровообращения, предотвращает внутрисосудистое тромбообразование.

Витамин Е. Оказывает выраженное антиоксидантное действие за счет ингибирования окисления липидов. Липиды являются составной частью клеточных мембран, токоферол предотвращает повышение их проницаемости, которое обусловлено повреждающим действием свободных радикалов, улучшает оксигенацию тканей.

Бета-каротин. Антиоксидант, вызывает разрушение свободных радикалов и канцерогенов, предотвращает развитие сердечных заболеваний и инсультов, понижает уровень холестерина в крови.

Витамин С. Является, как указывалось выше, антиоксидантом, уменьшает уровень холестерина и способствует нормализации артериального давления, защищает от образования тромбов, обладает синергизмом по отношению к витамину Е.

Кофермент Q10. Витаминаподобное вещество эндогенной природы, способствует более эффективному использованию кислорода обладает антиоксидантными, участвует в нормализации повышенного артериального давления.

Супероксиддисмутаза. Оказывает выраженное иммуностимулирующее действие, является ферментом антиоксидантной защиты и источником дополнительной энергии.

Экстракт гибискуса (каркадэ, суданская роза). Компонентный состав цветков суданской розы представлен на 30–50 % органическими кислотами, включая лимонную, яблочную, винную и лактон аллогидроксимионной кислоты, так называемую гибискусную кислоту. В состав суданской розы входят антоцианы, флавоноиды, фитостеролы, полисахариды и пектины. Весь комплекс действующих веществ гибискуса оказывает антиоксидантное, противовоспалительное, спазмолитическое и гипотензивное действие, препятствует образованию тромбов, нормализует циркуляцию крови в организме. Полисахариды, входящие в состав комплекса, являются природными иммуномодуляторами.

Представленная характеристика позволила разработать качественный и количественный рецептурный состав БАД «Энергия», мг/1 таблетка: персика листа (экстракт) – 100; красная щетка (экстракт) – 75; Цинка аспарагинат – 45,5; Цинк – 8,5; Цистин – 30; Аскорбиновая кислота – 25; Кверцетин – 10; Рутин – 10; Виноградные зерна (экстракт) – 5; меди аспарагинат – 4,4; Медь – 0,7; Натрия селенит – 0,11; Селен – 0,05; Цифрол – 5 (антиоксидантный комплекс) – 200.

Проведены исследования потребительских свойств разработанного продукта в процессе производства и хранения. Хранили на протяжении 38 месяцев при комнатной температуре в герметично упакованных полимерных банках, разрешенных для контакта с пищевыми продуктами.

Изучали: органолептические показатели – внешний вид, среднюю массу таблеток, отклонения по массе, цвет таблетки, вкус и запах содержимого; физико-химические – распадаемость, прочность на излом, прочность на истирание; показатели пищевой ценности, характеризующие функциональные свойства, а также критерии безопасности согласно требованиям нормативных документов [14, 15].

Результаты микробиологических исследований по истечении указанного срока хранения даны в таблице 1, содержание токсичных элементов, пестицидов, радионуклидов – в таблице 2.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о санитарно-гигиеническом благополучии продукта и стабильности показателей пищевой ценности по окончании хранения. Последнее объясняется особенностями технологии изготовления таблетированной формы БАД, характеризующейся отсутствием доступа кислорода, незначительной влажностью, что исключает гидролитические и окис-

лительные процессы распада биологически активных веществ рецептурных компонентов.

Установлен срок годности – три года при комнатной температуре, соблюдение условий упаковки и транспортировки (с наличием запаса прочности – два месяца). Определены регламентируемые показатели качества, (табл. 3).

Пищевая ценность, характеризующая функциональную направленность в БАД «Энергия», составляет, мг/ в 1 таблетке, не менее: селен (мкг) – 45; медь – 0,63, цинк – 7,6; коэнзим Q10 – 2,2; гиспередин – 34; полифинольные вещества – 50; антоцианы – 0,1; L-цистин – 25; витамин С – 45; витамин Е – 9; бета-каротин – 3; кверцетин – 9; рутин – 9; дигидрокверцетин – 9.

БАД «Энергия» рекомендуется в качестве дополнительного источника витаминов – С, Е, бета – каротина, микроэлементов – меди, цинка, селена, источников флавоноидов – дигидрокверцетина, гесперидина, антоцианов, кверцетина, коэнзима Q10.

Рецептурная формула БАД обеспечивает направленную пролонгированную антиоксидантную защиту организма на протяжении 24 часов, благодаря входящему в состав продукта комплекса «Цифрол-5». Пеллетированная форма ингредиентов позволяет запрограммиро-

ванно, в определенном порядке высвобождать активные вещества из каркасной таблетки.

Рекомендуется по одной таблетки два раза в день во время еды, что обеспечивает требуемый уровень потребления эссенциальных нутриентов в соответствии с направлением использования БАД (табл. 4).

Употребление специализированного продукта в указанном количестве улучшает течение обменных процессов и работу микроциркуляторного русла, нормализует гомеостаз, повышает эффективность энергетических процессов, уменьшает гипоксию, способствует восстановлению организма после длительных заболеваний, улучшает качество жизни в условиях высоких психофизиологических нагрузок. Эффективность и функциональная направленность БАД «Энергия» подтверждены в натурных наблюдениях путем включения в рацион добровольцев (врачи, учителя, менеджеры среднего звена, руководители), регулярно подвергавшихся повышенным психофизиологическим нагрузкам либо связанных с работой в ночную смену. Биоактивный комплекс обеспечивал уменьшение уровня продуктов перекисного окисления липидов и признаков нарушений микроциркуляции при проведении реоэнцефалографического исследования, улуч-

Таблица 1 – Санитарно-микробиологические показатели безопасности БАД «Энергия»

Наименование показателя		Допустимые значения	Фактический показатель
КМАФанМ, КОЕ/г, не более		5·10 ⁴	400
Дрожжи и плесени, КОЕ/г, не более		100	Не менее 10
Масса продукта (г), в которой не допускаются	ЕСоLi в 1,0 г	Не допускаются	Не обнаружены
	Патогенные в т.ч. сальмонеллы в 10,0 г	Не допускаются	Не обнаружены
	БГКП 9колиформы) в 0,1 г	Не допускаются	Не обнаружены

Таблица 2 – Санитарно-токсикологические показатели безопасности БАД «Энергия»

Наименование показателя		Допустимый уровень	Фактическое содержание, мг/кг
Токсичные элементы	Мышьяк	3,0	0,23
	Кадмий	1,0	0,5
	Ртуть	1,0	0,01
	Свинец	5,0	1,2
Пестициды	ГХЦГ (α, β, γ-изомеры)	0,1	менее 0,002
	ДДТ и его метаболиты	0,1	менее 0,002
	Гептахлор	не допускается	не обнаружены
	Алдрин	не допускается	не обнаружены
Радионуклиды	Цезий 137 Бк/кг	200	11,2
	Стронций 90 Бк/кг	100	36,2
	Показатель соответствия В	менее 1	менее 1



шалось состояние качества жизни по показателю динамики коэффициента, отражающего степень, в которой здоровье лимитирует выполнение физической нагрузки.

Физиологическая дозировка функциональных ингредиентов обеспечивает отсутствие привыкания, других побочных эффектов.

Продукт сертифицирован, получено санитарно-эпидемиологическое заключение, свидетельство о государственной регистрации. Производится на предприятиях компании «АртЛайф» (г. Томск) в соответствии с требованиями международных стандартов серии ISO 9001: 2000 и правил GMP, что обеспечивает конкурентоспособность, стабильность качества и безопасность разрабатываемой продукции.

Список литературы

1. Австриевских А. Н., Вековцев А. А., Позняковский В. М. Продукты здорового питания: новые технологии, обеспечение качества, эффективность применения. Новосибирск : Сиб. унив. изд-во, 2005. 416 с.
2. Герасименко Н. Ф., Позняковский В. М., Челнакова Н. Г. Здоровое питание и его роль в обеспечение качества жизни // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2016. № 4 (12). С. 52–57.
3. Позняковский В. М., Чугунова О. В., Тамова М. Ю. Пищевые ингредиенты и биологически активные добавки. М. : ИНФРА-М, 2017. 143 с.

Таблица 3 – Органолептические и физико-химические показатели БАД «Энергия»

Наименование показателя	Содержание характеристики
Внешний вид	Таблетки овальной формы, покрытые прозрачной оболочкой, содержат в своем составе pellets
Средняя масса таблеток, г	1,2 г
Допустимое отклонение по массе, г	От 1,08 до 1,32
Цвет таблетки	Розово-коричневый, присутствуют вкрапления pellets голубого, коричневого, желтого цветов
Вкус и запах содержимого	Специфический
Распадаемость, мин, не более	30
Прочность на излом, Н, не менее	90
Прочность на истирание, %, не менее	97

Таблица 4

Наименование витаминов	мг	% от РСН
В ₁ (тиамин)	1	67 (1,5)
В ₃ (ниацин, РР)	10	50 (20)
В ₅ (пантотеновая кислота)	5	100 (5,0)
В ₆ (пиридоксин)	2,0	100 (2,0)
В ₉ (фолиевая кислота)	0,4	100 (0,4)
В ₁₂ (цианокобаламин)	0,001	33 (0,03)
Токоферола ацетат	20	133 (15)
Бета-каротин	7	140 (5,0)
С (аскорбиновая кислота)	100	111 (90)
Коэнзим Q ₁₀ (убихинон)	5	17 (30)
Гесперидин	80	80 (100)
Дигидрокверцетин	20	80 (25)
Кверцетин	20	60 (33)
Рутин	20	60 (33)
Магний	30	8 (400)
Цинк	17	70 (12)
Селен	0,1	60 (0,06)
Медь	1,4	140 (1,0)
Супероксиддисмутаза	200 ЕД (U)	

4. Политика здорового питания. Федеральный и региональный уровни / В. И. Покровский [и др.]. Новосибирск : Сиб. унив. изд-во, 2002. 344 с.
5. RAND (2006) The Global Technology Revolution 2020, Yn-depth Analyses (Bio/Nano/Materials/Ynformation Trends, Drivers, Barriers, and Social Ymplications). Santa Monicf, CA: RAND Corporation
6. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25.10.10 года № 559-р «Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года».
7. Указ Президента РФ от 01.12.2016 г., № 642 «О стратегии научно-технологического развития Российской Федерации».
8. Omega-3 fatty acids and cardiovascular events after myocardial infarction / D. Kromhout [et al.] // N. Engl. J. Med. 2010. Vol. 363 (21). P. 2015–2026.
9. Lazarus S., Garg M. Tomato extract inhibits human platelet aggregation in vitro without increasing basal cAMP levels // Int. J. Food Sci. Nutr. 2004. Vol. 55. P. 249–256.
10. Omega-3 fatty acids for cardioprotection / J. H. Lee [et al.] // Mayo Clin. Proc. 2008. Vol. 83. P. 324–332.
11. Singh R. B., Neki N. S. Effect of coenzyme Q10 on risk of atherosclerosis in patients with recent myocardial infarction // Mol. Cll. Biochem. 2003. Vol. 264 (1–2). P. 75–82.
12. Tomatoes have natural antithrombotic effects / J. Yamamoto [et al.] // Br. J. Nutr. 2003. Vol. 90. P. 1031–1038.
13. RAND (2006) The Global Technology Revolution 2020, Yn-depth Analyses (Bio/Nano/Materials/Ynformation Trends, Drivers, Barriers, and Social Ymplications). Santa Monicf, CA: RAND Corporation.
14. Технологический регламент ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического, лечебного и диетического профилактического питания».
15. Черешнев В. А., Позняковский В. М. Проблемы Продовольственной безопасности: национальные и международные аспекты // Индустрия питания. 2016. № 1 (1). С. 6–14.

Тохириен Боисджони, канд. техн. наук, докторант кафедры «Товароведение и экспертиза товаров», Уральский государственный экономический университет.
E-mail: pvm1947@bk.ru.

Челнаков Александр Александрович, аспирант кафедры «Технология и организация общественного питания», ФГАОУ ВО «Южно-Уральского государственного университета (Национальный исследовательский университет)».

E-mail: pvm1947@bk.ru.

Позняковский Валерий Михайлович, д-р биол. наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, руководитель научного центра оздоровительного питания и инновационных технологий, ФГАОУ ВО «Южно-Уральского государственного университета (Национальный исследовательский университет)».

E-mail: pvm1947@bk.ru.

* * *

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА И ЭФФЕКТИВНОСТИ НОВОЙ РЕЦЕПТУРНОЙ ФОРМУЛЫ БАД С НАПРАВЛЕННЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ

М. М. Шамова, А. Н. Австриевских, В. М. Позняковский

В задачу исследования входила разработка нового инновационного пищевого продукта – биологически активной добавки (БАД) «Олеопрен Кардио» на основе местного растительного сырья – полипrenoлов, выделяемых из хвои сосны, пихты, ели, других хвойных деревьев. Используются традиционные и современные инструментальные методы оценки качества и функциональных свойств разработанного продукта. Научно обоснована рецептурная формула БАД, включающая наряду с полипrenoлами, ликопин, L-карнитин, коэнзим Q, токоферолацетат, обладающих синергическими свойствами в отношении сердечно-сосудистой системы. На основании органолептических, физико-химических, санитарно-гигиенических и санитарно-токсикологических исследований определены регламентируемые показатели качества специализированного продукта, сроки и режимы хранения. Представлены доказательства эффективности и функциональной направленности разработанного продукта путем его включения в рацион пациентов с дислипидемией, гипертонической болезнью 1–2 стадий и изучения показателей психосоматических жалоб, качества жизни (элегичности, болевых ощущений, эмоционального состояния, физической активности), снижения уровней холестерина, триглицеридов и индекса атерогенности. Полученные результаты свидетельствуют об эффективности применения БАД «Олеопрен Кардио» в оздоровлении сердечно-сосудистой системы у пациентов с указанными заболеваниями. Проведена промышленная апробация разработанного продукта на предприятиях компании «АртЛайф», сертифицированных в рамках требований международных стандартов и правил GMP, что обеспечивает стабильность его качественных характеристик и востребованность на потребительском рынке.

Ключевые слова: БАД, качество, безопасность, эффективность, функциональная направленность.

Разработка передовых технологий функциональных пищевых продуктов для коррекции питания, профилактики и комплексного лечения распространенных заболеваний является одним из приоритетных направлений стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, направленной на укрепление позиций в глобальном рейтинге качества жизни [1, 2, 8, 9, 12, 13].

Ведущее место в структуре заболеваний и смертности принадлежит сердечно-сосудистой патологии. В России эти показатели выше, чем в других развитых странах и, не последнюю роль в этом, играет образ жизни и факторы ри-

ска, такие как курение, стрессы, неправильное питание, гиподинамия [3, 4].

Накопленный отечественный и международный опыт свидетельствует, что одним из доступных и эффективных путей снижения негативного влияния большинства факторов риска развития и неблагоприятного исхода указанных заболеваний может быть включение в рацион специализированных продуктов, в том числе биологически активных добавок (БАД) с направленными функциональными свойствами [5–7, 11, 14–19].

Цель исследований – разработка и определение регламентируемых показателей качества

новой рецептурной формулы БАД для оздоровления сердечно-сосудистой системы.

Материалы и методы

В качестве материалов использовали полипренолы выделяемые из хвои сосны, пихты, ели, других хвойных деревьев, а также другие биологически активные вещества, обладающие синергетическим действием в отношении сердечно-сосудистой системы: ликопин, L-карнитин, коэнзим Q, токоферол ацетат. Для оценки качества, безопасности и функциональной направленности специализированного продукта применяли общепринятые и специальные методы исследования, согласно требованиям технического регламента. Проведены клинические испытания эффективности «Олеопрен Кардио» путем включения в рацион пациентов с дислипидемией и гипертонической болезнью.

Изучали интенсивность субъективных недомоганий, которые оценивались с помощью Гиссенского опросника «давления соматических жалоб, разработанного в психосоматической клинике Гиссенского Университета (Германия). Опросник выявляет интенсивность эмоционально окрашенных жалоб по поводу состояния физического здоровья, которая коррелирует с маскированной депрессией. С помощью опросника вычисляются суммарные показатели недомоганий по следующим шкалам: «истощение»; «желудочные жалобы»; «боли в различных частях тела» или «ревматический фактор»; «сердечные жалобы». Определяли показатели качества жизни: энергичность, болевые ощущения, эмоциональное состояние, сон, социальная изоляция, физическая активность, а также липидограммой (липопротеиды низкой и высокой плотности, триглицериды).

Полученные данные обрабатывали статистически с использованием критерия Стьюдента.

Результаты исследований

Научно обоснован рецептурный состав специализированного продукта путем оценки фармакологической направленности и синергетических свойств действующих начал сырьевых компонентов.

Полипренолы – экстрактивные биологически активные компоненты, выделяемые из хвои сосны, пихты, ели, других растительных источников. Их высокая эффективность в отношении коррекции обменных нарушений, профилактики и лечения различных заболеваний доказана в многочисленных исследованиях отечествен-

ных и зарубежных авторов. При этом большинство патологических состояний связано с нарушением нормального функционирования долинхлорфосфатного цикла (ДФЦ) на уровне мембран клетки, что сопровождается увеличением вывода долинхлора из организма и развитием их дефицита. В свою очередь долинхлоры занимают ключевые позиции в ДФЦ, обеспечивая биосинтез гликопротеинов и глютаминоглюканов, процесс гликолиза мембранных белков, предотвращая их протеолиз. Восстановления уровня долинхлора может быть реализовано за счет включения в рацион специализированных продуктов, содержащих растительные полипренолы, которые биотрансформируются в печени в долинхлоры.

За счет полипренолов и поддержки долинхлорфосфатного восстановления клеток и стабилизации клеточных мембран препарат стимулирует регенеративный потенциал миокарда и клеток сосудистой стенки.

Ликопин. Нормализует холестериновый обмен, предотвращает развитие атеросклероза, укрепляет стенки сосудов и капилляров. Обладая антиоксидантными свойствами предотвращает окисление низкоуровневого липопротеина, то есть «плохого холестерина», который приводит к атеросклерозу и заболеванием коронарных артерий. В отличие от других каротиноидов ликопин характеризуется стабильным уровнем содержания в крови при воздействии на организм алкоголя и табакокурения.

L-карнитин. В мембране митохондрии карнитин получает жирную кислоту от кофермента А и переносит ее через внутреннюю мембрану, передавая кислоту другой молекуле кофермента А. Такая биохимическая эстафета обеспечивает энергетический обмен клетки и нормальное функционирование сердечно-сосудистой, как и других систем организма.

Коэнзим Q10 (убихинон). Нобелевской премией отмечено открытие роли убихинона в цепи переноса электронов, то есть его энергообразующие функции: при синтезе АТФ, на конечном этапе окисления субстратов, электроны с помощью Q10 переносятся из матрикса митохондрий в межмембранное пространство по дыхательной цепи на кислород.

Являясь витаминоподобным веществом убихинон обладает другой важнейшей функцией – антиоксидантной: улавливает свободные радикалы, предотвращая разрушительные процессы окисления. Опосредованное (непрямое) антиоксидантное действие связано с преду-



преждением образования феноксил-радикалов, альфа-токоферола, а следовательно, предотвращением его возможного прооксидантного действия.

Коэнзим Q синтезируется организмом человека в эндоплазматическом ретикулуме и аппарате Гольджи, обладает способностью регенерировать из окисленной формы, что отличает его от других антиоксидантов, в том числе витаминной природы (Е, С, бета-каротин).

Токоферол ацетат. Жирорастворимая форма витамина Е, обладающая синергетическими антиоксидантными свойствами с убихиноном.

Анализ фармакологической характеристики и синергических свойств исходных компонентов позволил разработать количественный и качественный состав рецептурной формулы БАД (табл. 1).

Благодаря синергизму входящих в состав компонентов, БАД способствует сохранению целостности сосудистой стенки, снижению уровня липопротеинов, низкой и очень низкой плотности в крови, обладает антиагрегационным эффектом, защищает клетки миокарда от повреждающего действия свободных радикалов, активирует регенерацию и восстановление функции сердечной мышцы после повреждений – ишемии миокарда, других патологических состояний. БАД питает сердечную мышцу посредством доставки длинноцепочных жирных кислот в митохондрии кардиоцитов.

Новый подход в разработке рецептурной формулы и инновационная технология позволяют добиться следующего влияния на обменные процессы:

- восстановление, стабилизация мембран кардиоцитов и клеток сосудистой стенки, снижение цитолиза и гибели клеток, торможение процессов ишемии и миокарда;
- блокирование окислительного стресса, снижение повреждающего действия на клетку

свободных радикалов, цитолиза и гибели клеток, повышение кровоснабжения и энергообеспечения миокарда;

- стимулирование роста и защиты молодых кардиоцитов;
- улучшение питания и повышение энергетического потенциала сердечной мышцы.

Проведены органолептические, физико-химические, санитарно-гигиенические и санитарно-токсикологические исследования качества и безопасности разработанный продукции в процессе производства и по окончании срока хранения – 27 месяцев при температуре не выше 25 °С в сухом, защищенном от света месте.

По органолептическим показателям представляет собой мягкие желатиновые капсулы красного цвета со специфическим вкусом и запахом. Внутри капсулы допускается осадок, средняя масса – 790 мг (711–869).

Изучали содержание токсичных элементов, пестицидов и микробиологическую обсемененность, согласно требованиям нормативной документации [19]. Патогенных микроорганизмов, в том числе сальмонелл, не обнаружено. Результаты санитарно-токсикологических исследований представлены в таблице 2 и свидетельствуют о гигиеническом благополучии продукта.

По истечении срока хранения определяли перекисное число содержимого капсулы (без оболочки), которое составило 4 ммоль активного Q_2 /кг (норма 10). Кислотное число рафинированного подсолнечного масла, используемого в качестве исходного сырья, находилось на уровне 0,3 мг/КОН/г (допустимый – не более 0,6).

Полученные данные позволили установить срок реализации – 24 месяца при вышеуказанных условиях с необходимым запасом прочности – три месяца.

Установлены регламентируемые показатели пищевой ценности (табл. 3).

Таблица 1 – Рецепт биологически активные добавки «Олеопрен Кардио»

№	Наименование компонентов	Содержание, мг/1 капсуле	Содержание, мг/2 капсулах	% от РСР в 2-х капсулах
1	L-Карнитин	22,5	45	15
2	Полипrenoлы смесь 75 % Сумма полипrenoлов	6,7 5	13,4 10	100
3	Ликопин 10 % Ликопин	6,25 0,625	12,5 1,25	25
4	Токоферола ацетат 98 % Токоферола ацетат	3,83 3,75	7,65 7,5	50
5	Коэнзим Q10	3,75	7,5	25

Содержание основных пищевых веществ составило, г/100 г сухого продукта: углеводы – 0; белки – 21; жиры – 68; сахароспирты (за исключением эритрита) – 6. Энергетическая ценность – 710 ккал.

Произведены клинические испытания БАД «Олеопрен Кардио» путем его включения в рацион пациентов с дислипидемией и гипертонической болезнью по 1 капсуле 2 раза в день в течение 1 месяца вместе с комплексным классическим лечением. Полученные материалы подтвердили эффективность использования специализированного продукта у людей с заболеваниями сердца и сосудов: показатели по всем шкалам психосоматических жалоб Гиссенского опросника характеризовались достоверным снижением «давления жалоб», более выраженным у пациентов, принимающих дополнительно к классическому лечению диетотерапию; отмечена положительная динамика следующих показателей качества жизни: энергичность, болевые ощущения, эмоциональное состояние, сон, социальная изоляция, физическая активность. Качество жизни статистически значимо ниже в группе контроля по показателям энергичности, болевым ощущениям, эмоциональному состоянию, физической активности и общему количеству баллов. Лучшие результаты отмечены у пациентов, принимающих дополнительно БАД «Олеопрен Кардио»; установлено сниже-

ние уровней общего холестерина, триглицеридов и индекса атерогенности. Дополнительный прием БАД «Олеопрен Кардио» усиливал гиполлипидемический эффект статинов.

Исследования выполнены на базе ЦНИЛ Кемеровской ГМА и дневного стационара в МУЗ ГКБ № 2, город Кемерово (руководитель доктор медицинских наук, профессор Е. Ю. Плотникова).

Рецептура и технология апробированы в условиях производства компании «Артлайф» (г. Томск). Стабильность потребительских, в том числе функциональных свойств разработанной продукции, обеспечивается системой менеджмента качества и безопасности, внедренной на предприятиях компании в рамках требований международных стандартов серии ISO 9001, 22000 и правил GMP.

Вывод

Испытуемый продукт, дополнительно к комплексной классической терапии, повышает эффективность лечения дислипидемии и гипертонической болезни 1–2 стадий.

Рекомендации

Биологически активная добавка «Олеопрен Кардио» может быть использована для оздоровления сердечно-сосудистой системы у людей с заболеваниями дислипидемией и гипертонической болезнью 1–2 стадий.

Таблица 2 – Показатели безопасности БАД «Олеопрен Кардио» (усредненные показатели, $n = 6$)

Наименование показателя		Содержание, мг/кг, не более	Фактическое содержание, мг/кг, не более
Токсичные элементы	Свинец	0,1	
	Мышьяк	0,1	
	Кадмий	0,05	
	Ртуть	0,05	
	Железо	1,5*	
	Медь	0,1	
Пестициды	ГХЦГ (сумма изомеров)	0,05	
	ДДТ и его метаболиты	0,1	
	Гептахлор	не допускается ($< 0,002$)	Не обнаружено
	Алдрин	не допускается ($< 0,002$)	Не обнаружено

Таблица 3 – Пищевая ценность БАД «Олеопрен Кардио»

Наименование показателя	Содержание характеристики
Коэнзим Q10, мг	3,75 (от 3,0 до 4,5)
L-карнитин, мг	22,5 (от 18 до 27)
Ликопин, мкг	625 (от 500 до 750)
Витамин Е, мг	3,75 (от 2,6 до 4,9)
Полипrenoлы, мг, не менее	5,0



Список литературы

1. Австриевских А. Н., Вековцев А. А., Позняковский В. М. Продукты здорового питания: новые технологии, обеспечение качества, эффективность применения. Новосибирск : Сиб. унив. изд-во, 2005. 416 с.
2. Герасименко Н. Ф., Позняковский В. М., Челнакова Н. Г. Здоровое питание и его роль в обеспечение качества жизни // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2016. № 4 (12). С. 52–57.
3. Политика здорового питания. Федеральный и региональный уровни / В. И. Покровский [и др.]. Новосибирск : Сиб. унив. изд-во, 2002. 344 с.
4. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25.10.10 года № 559-р «Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года».
5. Указ Президента РФ от 01.12.2016 г. № 642 «О стратегии научно-технологического развития Российской Федерации».
6. Черешнев В. А., Позняковский В. М. Проблемы продовольственной безопасности: национальные и международные аспекты // Индустрия питания. 2016. № 1 (1). С. 6–14.
7. Демографический ежегодник России. 2015. Статистический сборник. М. : Росстат, 2015. 727 с.
8. Здоровье России : атлас / под ред. Л. А. Бокерия. 8-е изд. М. : НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН, 2012. 408 с.
9. Теоретические и практические аспекты разработки специализированных пищевых продуктов для диетотерапии при сердечнососудистых заболеваниях / А. А. Кочеткова [и др.] // Пищевая промышленность. 2016. № 8. С. 8–12.
10. Погожева А. В., Богданов А. Р., Дербенева С. А. Диетотерапия сердечнососудистых заболеваний. Общие принципы // Практическая диетология. 2015. № 4 (16). С. 36–40.
11. Позняковский В. М., Чугунова О. В., Тамова М. Ю. Пищевые ингредиенты и биологически активные добавки. М. : ИНФРА-М, 2017. 143 с.
12. Тутельян В. А., Погожева А. В., Батурин А. К. Биологически-активные компоненты питания кардиологических больных. М. : СвР-АРГУС, 2012. 380 с.
13. Шевченко В. П. Клиническая диетология. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. 256 с.
14. Omega-3 fatty acids and cardiovascular events after myocardial infarction / D. Kromhout [et al.] // N. Engl. J. Med. 2010. Vol. 363 (21). P. 2015–2026.
15. Lazarus S., Garg M. Tomato extract inhibits human platelet aggregation in vitro without increasing basal cAMP levels // Int. J. Food Sci. Nutr. 2004. Vol. 55. P. 249–256.
16. Omega-3 fatty acids for cardioprotection / J. H. Lee [et al.] // Mayo Clin. Proc. 2008. Vol. 83. P. 324–332.
17. Singh R. B., Neki N. S. Effect of coenzyme Q10 on risk of atherosclerosis in patients with recent myocardial infarction // Mol. Cll. Biochem. 2003. Vol. 264 (1–2). P. 75–82.
18. Tomatoes have natural antithrombotic effects / J. Yamamoto [et al.] // Br. J. Nutr. 2003. Vol. 90. P. 1031–1038.
19. Технологический регламент ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического, лечебного и диетического профилактического питания».

Шамова Мария Михайловна, канд. техн. наук, начальник производства пищевой продукции, НПО «АртЛайф».

E-mail: pvm1947@bk.ru.

Австриевских Александр Николаевич, д-р техн. наук, генеральный директор научно-производственного объединения «АртЛайф».

E-mail: pvm1947@bk.ru.

Позняковский Валерий Михайлович, д-р биол. наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, руководитель научного центра оздоровительного питания и инновационных технологий, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет)».

E-mail: pvm1947@bk.ru.

* * *

УДК 338.432: 339.137(574)

**РАЗРАБОТКА ИНДИКАТИВНЫХ ПЛАНОВ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ****В. Ф. Балабайкин, С. А. Барышников, С. А. Иванов, К. В. Елкин**

Целью работы является повышение конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции через возможность снижения общих затрат при сохранении качества готовой продукции. Для достижения цели рассматривается алгоритм построения оптимальных индикативных планов, способствующих разработке стратегий устойчивого развития казахстанских сельскохозяйственных предприятий. Используется системный подход, который предполагает внедрение индикативного плана, содержащего характеристику всех основных элементов, влияющих на конечный результат сельскохозяйственных предприятий. Индикативное планирование выступает в качестве инструмента, дающего предприятиям ориентиры на будущее и позволяющего отслеживать процесс достижения этих ориентиров. Каждое предприятие разрабатывает собственные индикативные планы, ориентируясь на планы самого значимого предприятия на данном рынке. Поэтому индикативный план значимого предприятия целесообразно трактовать как систему ориентирующих показателей для предприятий, функционирующих на данном рынке. На основании рассчитанных оптимальных значений индикативных показателей, а также оптимальных значений основных средств и рабочей силы, определены максимальное значение прибыли для предприятий. При исследовании было выявлено, что использование индикативного планирования позволяет сельскохозяйственным предприятиям дополнительно повысить значение прибыли на величину от 6 до 9%. Рентабельность при этом повышается от 1 до 2%.

Ключевые слова: индикативные планы, конкурентоспособность, сельскохозяйственная продукция, структура затрат, регрессионный анализ, нелинейное программирование, оптимизация.

Вступив в интеграционные формирования казахстанские сельхозтоваропроизводители оказываются в условиях необходимости повышать конкурентоспособность сельскохозяйственной продукции, относительно сельскохозяйственной продукции, производимой в других странах, например, в странах Европейского союза. Эти причины объективно определяют основную проблему для казахстанских сельхозтоваропроизводителей – повышение конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции.

Требование минимизации затрат при сохранении качества сельскохозяйственной продукции является необходимым условием повы-

шения конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции.

Механизм индикативного планирования является частью системы оптимального функционирования экономики. Индикативное планирование формирует ориентиры социально-экономического развития страны, которым должны соответствовать основные показатели корпоративных структур, в частности, сельскохозяйственных предприятий.

Цель исследования

В основе повышения конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции лежит



возможность снижения общих затрат, при сохранении качества готовой продукции. Для этих целей эффективно использовать индикативные планы, в которых показатели-индикаторы отражают ресурсоемкость производимой сельскохозяйственной продукции. Для того чтобы качество сельскохозяйственной продукции было высоким, как минимум, необходимо соблюдение всех агротехнических требований, которые содержатся в технологических картах для соответствующих сельскохозяйственных культур. Следовательно, нам необходима информация об индикативных показателях, отражающих ресурсоемкость соответствующего сельскохозяйственного производства.

Каждое сельскохозяйственное предприятие может минимизировать затраты на производство сельскохозяйственной продукции, сохраняя качество, только используя современные аналитические методы, в частности, методы нелинейного программирования, ориентируясь на индикативные показатели, характеризующие ресурсоемкость производимой сельскохозяйственной продукции. Использование индикативных показателей в моделях нелинейного программирования позволяет управленческим структурам рассчитывать множество различных вариантов, изменяя значения постоянных величин и правых частей ограничений модели. Эта процедура должна быть непрерывной, так как для рыночной экономики характерна быстро меняющаяся ситуация на рынках сельскохозяйственной продукции.

Одно из основных требований в сценариях устойчивого развития сельскохозяйственных предприятий – это требование минимального использования ресурсов.

Исходные данные и методы исследования

В таблице 1 приведены фактические данные о затратах на производство зерновой продукции в четырех предприятиях Костанайской области, расположенных в разных природно-климатических зонах.

Рассматриваемые предприятия относятся к средним предприятиям по производству сельскохозяйственной продукции и по уровню оснащенности сельскохозяйственной техникой и оборудованием, которое было приобретено более 20 лет назад и степень износа составляет более 60 процентов. Для таких предприятий повышение конкурентоспособности за счет использования оптимальных индикативных планов является практически единственным ва-

риантом, так как для этих предприятий приобретение современной техники и оборудования связано с большим объемом инвестиций, что не всегда может быть реализовано на практике.

Алгоритм разработки индикативных планов будет состоять из двух этапов.

Первый этап. Производство сельскохозяйственной продукции при минимальном использовании ресурсов и сохранении высокого качества готовой продукции.

Второй этап. Решение транспортной задачи – поставка сельскохозяйственной продукции к местам потребления при минимальных затратах на поставку, при условии, что исходная сельскохозяйственная продукция соответствует нормативным требованиям.

Необходимо разработать методику, которая позволяет оперировать с количественными показателями, отражающими процесс производства сельскохозяйственной продукции, а также необходим механизм, который позволяет увязывать количественные (индикативные) показатели в виде определенной системы. Главной особенностью этой системы будет являться то, что количественные показатели не могут меняться произвольным образом. Любое изменение одного показателя влечет за собой определенное изменение других показателей, увязанных в данной системе.

Использование данного механизма позволяет моделировать различные ситуации, тем самым получать необходимую информацию о сельскохозяйственном производстве. Изменяя входные переменные в известных пределах, можно с определенной степенью точности рассчитывать выходные значения, которые, как правило, имеют экономический смысл. Кроме того, возможно проследить и обратную зависимость. Задавая предполагаемые значения выходных показателей (например, прибыль, объем готовой сельскохозяйственной продукции), можно рассчитать необходимые производственные ресурсы. В этом механизме существенную роль играют анализ влияния каждого из показателей на результат и, главное, те пределы, в которых показатели могут реально изменяться, не теряя при этом экономической интерпретации и экономического смысла.

В связи с этим существенным образом повышается значимость внутренних возможностей, влияющих на повышение конкурентоспособности сельскохозяйственных предприятий. К одним из таких возможностей относится индикативное планирование. Системный подход предполагает использование индикативного

плана, в котором содержится характеристика по всем основным элементам, влияющим на конечный результат сельскохозяйственных предприятий. Индикативное планирование выступает в качестве инструмента, дающего предприятиям ориентиры на будущее и позволяющего отслеживать процесс достижения этих ориентиров.

Каждое предприятие разрабатывает собственные индикативные планы, ориентируясь на планы самого значимого предприятия на данном рынке. Поэтому индикативный план значимого предприятия целесообразно трактовать как систему ориентирующих показателей для предприятий, функционирующих на дан-

ном рынке. В результате отдается предпочтение традиционным рыночным механизмам саморегулирования и учитывается важность объективной необходимости планирования сельскохозяйственной отрасли в целом.

Используя регрессионный анализ, можно определить зависимость выпуска сельскохозяйственной продукции от значений индикативных показателей.

$$v_i = f_i(x_1, x_2, \dots, x_7). \quad (1)$$

где v_i – объем сельскохозяйственной продукции i -го вида;

Таблица 1 – Структура затрат на производство зерновых культур в Костанайской области

Показатели	ТОО «ГРАНД»	ТОО «Железнодорожное АМФ»	ТОО «Содружество-98»	ТОО «Алиби Сеним»
1. Материальные затраты				
2015 (тенге)	453 032 526	268 707 349	112 185 931	2 893 469 515
2015 (%)	58,6	59,4	59,8	58,7
1.1 В том числе семена и посадочный материал				
2015 (тенге)	143 795 306	85 657 792	36 207 165	3 941 486 673
2015 (%)	18,6	18,9	19,3	19,1
1.2 Минеральные удобрения				
2015 (тенге)	10 823 302	7 237 908	2 251 222	69 009 494
2015 (%)	1,4	1,6	1,2	1,4
1.3 Топливо				
2015 (тенге)	137 610 562	76 459 407	33 393 136	872 477 179
2015 (%)	17,8	16,9	17,8	17,7
1.4 Электроэнергия				
2015 (тенге)	4 638 558	4 071 323	2 063 620	39 433 996
2015 (%)	0,6	0,9	1,1	0,8
1.5 Затраты на воду				
2015 (тенге)	309 237	271 421	93 800	1 478 774
2015 (%)	0,04	0,06	0,05	0,03
1.6 Покупные полуфабрикаты				
2015 (тенге)	95 863 537	55 189 051	23 825 440	62 601 469 920
2015 (%)	12,4	12,2	12,7	12,7
1.7 Работы и услуги сторонних организаций				
2015 (тенге)	59 528 164	39 808 496	14 257 743	340 118 222
2015 (%)	7,7	8,8	7,6	6,9
2. Фонд заработной платы				
2015 (тенге)	162 349 540	104 044 933	43 336 037	1 153 444 406
2015 (%)	21,0	23,0	23,1	23,4
3. Отчисления на социальное страхование				
2015 (тенге)	14 688 767	8 142 646	3 564 435	88 726 492
2015 (%)	1,9	1,8	1,9	1,8
4. Амортизация				
2015 (тенге)	88 132 607	50 665 158	20 261 604	537 288 206
2015 (%)	11,4	11,2	10,8	10,9
5. Прочие затраты				
2015 (тенге)	54 889 606	20 808 986	8 254 483	256 320 979
2015 (%)	7,1	4,6	4,4	5,2
6. Итого				
2015 (тенге)	773 093 048	452 369 275	187 601 892	4 929 249 600
2015 (%)	100	100	100	100



f_i – функция, описывающая зависимость выпуска сельскохозяйственной продукции i -го вида от 7 индикативных показателей.

Введем дополнительные переменные:

p_i – цена реализации единицы i -го вида сельскохозяйственной продукции;

α_i – доля сельскохозяйственной продукции, поставляемая потребителям по договорам;

$1 - \alpha_i$ – доля сельскохозяйственной продукции, поставляемая на свободный рынок;

$(tzs)_{kl}$ – транспортные затраты на поставку единицы сельскохозяйственной продукции от k -го сельхозпроизводителя к l -му потребителю;

$(tzv)_{ij}$ – транспортные затраты на единицу i -го вида сельскохозяйственной продукции к j -му свободному рынку;

$(pK)_{ij}$ – стоимость единицы i -го вида сельскохозяйственной техники и оборудования, приобретенного на j -м рынке;

$(tzK)_{ij}$ – транспортные затраты по транспортировке единицы i -го вида сельскохозяйственной техники и оборудования с j -го рынка;

$(pL)_{ij}$ – средняя ставка единицы трудовых ресурсов, которые необходимы для работы на i -м виде сельскохозяйственной техники и оборудовании, приобретенных на j -м рынке;

$(tzL)_{ij}$ – транспортные затраты на единицу трудовых ресурсов, необходимых для работы на i -м виде сельскохозяйственной техники и оборудовании, приобретенных на j -м рынке.

Для каждого сельскохозяйственного предприятия возникает задача максимизации следующего функционала:

$$\left\{ \sum_{i=1}^n p_i v_i - \sum_{k=1}^{ns} \sum_{l=1}^{ms} (tzs)_{kl} \sum_{i=1}^n (\alpha_i v_i) - \sum_{i=1}^n (1 - \alpha_i) v_i \sum_{j=1}^{mv} (tzv)_{ij} \right\} - \left\{ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{mK} (pK)_{ij} K_{ij} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{mK} (tzK)_{ij} K_{ij} \right\} - \left\{ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{mL} (pL)_{ij} L_{ij} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{mL} (tzL)_{ij} L_{ij} \right\} \rightarrow \max. \quad (2)$$

Данный функционал состоит из трех основных составляющих.

Первая составляющая – выручка от реализации сельскохозяйственной продукции за минусом затрат на транспортировку сельскохозяйственной продукции к потребителям и на свободные рынки.

Вторая составляющая – затраты на приобретение и транспортировку сельскохозяйствен-

ной техники и оборудования к местам производства.

Третья составляющая – затраты на приобретение и транспортировку рабочей силы к местам производства.

При этом должны выполняться следующие ограничения:

$$f_i(x_1, x_2, \dots, x_7) \leq (VMP)_i. \quad (3)$$

Объем выпускаемой сельскохозяйственной продукции i -го вида не может быть больше емкости спроса по данному виду сельскохозяйственной продукции.

$$\sum_{k=1}^{ns} \sum_{l=1}^{ms} (tzs)_{kl} \sum_{i=1}^n (\alpha_i v_i) \leq TZv. \quad (4)$$

Транспортные затраты по доставке сельскохозяйственной продукции от сельхозпроизводителя к потребителям по договорам не превосходят предельной величины TZv .

$$\left\{ \sum_{i=1}^n (1 - \alpha_i) v_i \sum_{j=1}^{mv} (tzv)_{ij} \right\} \leq TZR. \quad (5)$$

Транспортные затраты по доставке сельскохозяйственной продукции от сельхозпроизводителя к свободным рынкам не превосходят предельной величины TZR .

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{mK} (pK)_{ij} K_{ij} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{mK} (tzK)_{ij} K_{ij} \leq \Phi H. \quad (6)$$

Общие затраты на приобретение сельскохозяйственной техники и оборудования и его транспортировку не должны превосходить заданной величины ΦH .

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{mL} (pL)_{ij} L_{ij} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{mL} (tzL)_{ij} L_{ij} \leq \Phi P. \quad (7)$$

Затраты на рабочую силу не могут превышать заданной величины ΦP .

В результате решения данной модели системы уравнений определяются значения индикативных показателей $(x_1, x_2, \dots, x_7)$ и K и L в данный момент времени.

Удерживая значения индикативных показателей на рассчитанном уровне, анализируемые предприятия имеют реальную возможность получить максимальную прибыль. Мы рассмотрели индикативный план, включающий только 7 показателей. Нет никаких принципиальных ограничений для расширения данного плана дополнительными показателями. Системный подход позволяет управленческим структурам сельскохозяйственных предприятий управлять

всей совокупностью индикативных показателей, следовательно, и всем сельскохозяйственным предприятием в целом.

Системный подход предполагает использование индикативного плана, в котором содержится характеристика по всем основным элементам, влияющим на конечный результат сельскохозяйственных предприятий.

Используя регрессионный анализ, можно определить регрессионную зависимость выпуска сельскохозяйственной продукции от индикаторов затрат, следовательно, зная цены на сельскохозяйственную продукцию можно, определить выручку от реализации сельскохозяйственной продукции. Аналогично можно определить затраты на производство сельскохозяйственной продукции от индикативных показателей.

Результаты исследования

Рассмотрим модель линейного программирования, тогда прибыль от реализации сельско-

хозяйственной продукции будет представлена как линейная комбинация постоянных величин и индикаторов затрат.

Практическая реализация данной системы не представляет особой сложности. В настоящее время рынок программных продуктов широко насыщен пакетами прикладных программ по линейному и нелинейному программированию, с широкими функциональными возможностями.

Выводы

На основании рассчитанных оптимальных значений индикативных показателей, а также оптимальных значений основных средств и рабочей силы, определим максимальное значение прибыли для трех предприятий (табл. 3), т.е. если бы рассмотренные предприятия использовали в производственном процессе индикативное планирование и на практике реализовали оптимальные значения индикативных показателей, оптимальные значения основных средств,

Таблица 2 – Оптимальные значения индикативного плана для предприятий зерновой направленности в Костанайской области за 2015 год

Показатели	ТОО «ГРАНД»	ТОО «Железнодорожное АМФ»	ТОО «Содружество-98»	ТОО «Алиби Сеним»
x_1 – фондоемкость	1,86	1,63	4,92	2,29
x_2 – материалоемкость	0,55	0,33	0,77	2,04
x_3 – топливоемкость	0,17	0,09	0,23	0,61
x_4 – энергоемкость	0,005	0,005	0,014	0,027
x_5 – зарплатоемкость	0,2	0,13	0,29	0,81
x_6 – удельный вес амортизационных отчислений	0,11	0,06	0,14	0,38
x_7 – удельный вес прочих затрат	0,06	0,026	0,056	0,18
Основные средства (млн тенге)	1510,7	1306,2	726,1	3251,5
Рабочая сила (чел.)	360	302	106	260

Таблица 3 – Значение основных показателей для четырех предприятий зерновой направленности в Костанайской области

Годы	ТОО «ГРАНД»		ТОО «Железнодорожное АМФ»		ТОО «Содружество-98»		ТОО «Алиби Сеним»	
	факт. знач.	план. знач.	факт. знач.	план. знач.	факт. знач.	план. знач.	факт. знач.	план. знач.
Пшеница (тн.)								
2015	31 447	30 827	36 775	36 178	4853	4792	109 296	108 399
Выручка (млн тенге)								
2015	811,0	817,6	798,8	754,3	145,3	149,1	1416,9	1381,6
Затраты (млн тенге)								
2015	447,1	438,4	229,9	208,5	81,2	92,8	595,4	583,9
Прибыль (млн тенге)								
2015	363,9	359,2	568,9	539,2	64,1	63,7	821,5	819,6



рабочей силы, то значение прибыли было бы больше, чем фактическое значение.

Рекомендации

Из таблицы 3 видно, что использование индикативного планирования позволяет сельскохозяйственным предприятиям дополнительно повысить значение прибыли на величину от 6 до 9%. Рентабельность при этом повышается от 1 до 2%.

Рыночное пространство находится в постоянном изменении, ни один из рынков не находится в стационарном состоянии. Конечно, одна из основных задач центральных органов, заключается в том, чтобы способствовать установлению динамического равновесия для субъектов рыночных отношений. Но роль государства в большей степени сводится к установлению правового пространства для рыночных отношений. Конкретное же поведение предприятий, в частности, стратегии устойчивого развития должны разрабатываться предприятиями самостоятельно, исходя из множества различных факторов, влияющих на конечный результат функционирования молочных предприятий.

Список литературы

1. Индикативное планирование как основа стратегического развития промышленного предприятия / С. А. Агапцов [и др.]. М. : Высш. шк., 2002.
2. Ансофф И. Стратегическое управление. М. : Экономика, 1989.
3. Индикативное планирование и проведение региональной политики / под общ. ред. А. Б. Левинталя, Ф. Ф. Пащенко. М. : Финансы и статистика, 2007.
4. Балабайкин В. Ф., Кожевникова Т. П. Разработка стратегий развития молокоперерабатывающих предприятий на основе индикативных планов // Аграрный вестник Урала. 2011. № 9.
5. Интрилигатор М. Математические методы оптимизации и экономическая теория // М. Интрилигатор. М. : Наука, Сиб.отд., 1976.
6. Клейнер Г. Б. Производственные функции: теория, методы, применение. М. : Финансы и статистика, 1989.
7. Балабайкин В. Ф., Иванов С. А. Разработка стратегий устойчивого развития предприятий АПК Челябинской области // Известия Международной академии аграрного образования. 2015. № 23.
8. Иванов С. А. Моделирование условий максимизации рентабельности производства зерновых культур на предприятиях Челябинской области (южная лесостепь) // Аграрный вестник Урала. 2012. № 4. С. 12–1 А.
9. Копченев А. А. Анализ тенденций изменения государственной поддержки сельского хозяйства // Экономика и общество: проблемы и перспективы развития в условиях неопределенности : сб. ст. и тез. докл. XX междунар. науч.-практ. конференции. 2016. С. 189–193
10. Рубаева О. Д., Панкратова Д. Ю. Финансовая стабилизация в АПК на основе развития сельскохозяйственных кредитных потребительских кооперативов. // Модернизация российской экономики. прогнозы и реальность : сб. науч. тр. II междунар. науч.-практ. конференции / Санкт-Петербургский академический университет ; Институт экономики, менеджмента и информационных технологий. 2016. С. 357–362.
11. Алтухов А. И., Вермель Д. П. Продовольственная самообеспеченность страны: состояние и перспективы // АПК : экономика, управление. 1997. № 11. С. 12.
12. Перчаткина И. Н., Рубаева О. Д. Оценка эффективности организационно-экономического механизма устойчивого развития птицеводческого холдинга «Птицефабрика «Челябинская» // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2008. Т. 1. № 17–1. С. 123–124.
13. Живулько У. В. Оценка связи инноваций кормопроизводства с повышением эффективности птицеводческого комплекса // Аграрный вестник Урала 2012. № 9 (101) С. 72–73.
14. Балыков В. Система показателей экономической эффективности // АПК: экономика, управление. 2000. № 7. С. 19–22.
15. Алтухов А. И. Формирование региональной аграрной политики // АПК: экономика, управление. 2005. № 11. С. 28–35.

Балабайкин Владимир Федорович, д-р экон. наук, профессор, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: vfb@csaa.ru.

Барышников Сергей Александрович, канд. техн. наук, декан факультета ТС в АПК, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: vfb@csaa.ru.

Иванов Сергей Анатольевич, канд. экон. наук, доцент, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: vfb@csaa.ru.

Елкин Константин Владиславович, ст. преподаватель, Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова.

E-mail: vfb@csaa.ru.

* * *

УДК: 631.115.8 (571.17)

ОПЫТ РАБОТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО КООПЕРАТИВА «СОГЛАСИЕ» ПРОМЫШЛЕННОВСКОГО РАЙОНА КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А. В. Видякин

В статье рассматривается социально-экономическая значимость хозяйственной деятельности сельскохозяйственной потребительской кооперации. Отмечаются особенности аграрного производства в Кемеровской области и роль личных подсобных хозяйств населения, на долю которых приходится более 50 % всей производимой продукции. Несмотря на имеющийся потенциал, наблюдается снижение количества хозяйств данной категории и объема производства, особые опасения вызывает молочное скотоводство. Имеющийся опыт показывает, что решение многих проблем малых форм аграрных предприятий в развитии кооперации. В Кемеровской области наблюдается развитие, в первую очередь, сельскохозяйственной потребительской кооперации, занимающейся сбором молока, переработкой и реализацией. В 2015 г. в области было собрано у населения более 15 тыс. тонн молока, при этом тенденция роста сохраняется. Особый интерес вызывает опыт крупнейшего сельскохозяйственного потребительского кооператива «Согласие». За десятилетие своей работы кооператив продемонстрировал устойчивые темпы роста, доказав свою высокую эффективность. Ежегодный рост числа пайщиков кооператива, закупаемого молока у хозяйств населения говорит о том, что работа организована на высоком уровне и осуществляется в интересах пайщиков. Осуществляемая кооперативом деятельность оказывает влияние на уровень социально-экономического развития сельских территорий, повышает занятость и обеспечивает рост доходов. Изучение опыта данного объединения позволяет понять причины успеха и использовать его для дальнейшего развития кооперативного движения в РФ. Отмечается необходимость дальнейшего развития кооперативного движения на селе, формулируются направления его поддержки.

Ключевые слова: производство молока, сельскохозяйственная потребительская кооперация, личные подсобные хозяйства населения, переработка молока.

Для современной России проблема развития села на протяжении многих лет остается одной из самых острых. Несмотря на наметившиеся положительные сдвиги в сельском хозяйстве, принципиально материальное положение большинства сельских семей остается сложным.

Как показывает практика, зачастую приходится надеяться на свои силы и личное подсобное хозяйство (ЛПХ). Производя сельскохозяйственную продукцию, семья обеспечивает не только свои потребности, но и продает излишки, тем самым получая дополнительный доход. Однако перспективы развития данных хозяйств

в современных условиях становятся все менее ясными. Заниматься производством сельскохозяйственной продукции в таких хозяйствах, прежде всего, для продажи в создавшихся условиях становится все менее выгодным, особенно это хорошо заметно по продуктам животноводства. Как показывают многие исследования, причина происходящего прежде всего в неразвитости сферы обращения, которая не позволяет получать производителю справедливое вознаграждение за свой труд.

Известно, что основным ключом к решению данной и многих других проблем малого аграрного производства является создание

и развитие сельскохозяйственных потребительских кооперативов [5].

За последние десятилетия о необходимости развития сельскохозяйственной потребительской кооперации много сказано, опубликованы многочисленные научные статьи, монографии. При этом интерес к данной научной проблематике сегодня по-прежнему сохраняется. Вопросами аграрной кооперации России и стран мира занимаются такие ученые как, И. Н. Буздалов [4]; Н. Володин [7]; Г. Гриценко [8]; В. Гусаков [9]; И. М. Донник [10]; Р. Р. Исламгалиев [12]; Е. В. Копылова [13]; К. В. Копач [14]; В. С. Крылов [15]; В. В. Милосердов [16]; Д. Ю. Панкратова, О. Д. Рубаева [3, 17]; А. В. Ткач [18]; и это далеко неполный перечень имен.

Современная практическая деятельность сельскохозяйственных кооперативов порождает новые проблемные вопросы, которые требуют исследований. **Целью настоящей работы** является выявление существующего организационного опыта функционирования сельскохозяйственного потребительского кооператива, использование которого может способствовать дальнейшему развитию кооперации.

Необходимо отметить, что за последние годы в вопросах развития кооперации на селе удалось многое сделать. Во многих регионах страны накоплен большой опыт успешной работы кооперативов, а его распространение, бесспорно, поможет продолжать работу по дальнейшему развитию этой уникальной формы агропромышленной интеграции.

Кемеровская область сегодня, несмотря на промышленную ориентацию, обладает достаточным опытом в развитии сельскохозяйственной потребительской кооперации.

Напомним, что общая численность населения Кемеровской области на начало 2015 года составляла 2724,99 тыс. человек [11]. Это самый урбанизированный регион Сибири, в котором тем не менее вопрос продовольственного самообеспечения является одним из самых важных. Значимость определяется тем, что Кемеровская область была и остается индустриальным регионом, обладающим мощным потенциалом в сфере сельскохозяйственного производства и переработки продукции.

Несмотря на развитие крупного аграрного бизнеса малое семейное производство по-прежнему играет важнейшую роль в сельскохозяйственном производстве. Так, удельный вес хозяйств населения в производстве продукции сельского хозяйства на протяжении многих лет

составляет более 50%. В данных хозяйствах сегодня производят более 200 тыс. тонн молока (более половины общего объема); картофеля 500 тыс. тонн (более 80%); скот в живой массе 125 тыс. тонн. (более 33%) и многое другое [11]. Такие результаты говорят об их значимости и наличии потенциала данной категории производителей.

Как уже отмечалось, объем производства в данной категории хозяйств за последнее время сокращается, особенно заметно снижение в животноводстве. Особое опасение вызывает молочное скотоводство. В 2015 г. регион обеспечивал себя молоком на 64%, произведя порядка 380 тыс. тонн молока и потребив 587 тыс. тонн [11]. Как видим, существующий внутренний спрос на молочные продукты пока не может быть покрыт за счет собственного производства.

Учитывая стратегически важную роль продукции животноводства в системе продовольственной безопасности, органам власти и участникам рынка необходимо искать действенные управленческие решения, направленные на повышение уровня производства [6].

Нехватка собственного молока создает дополнительные возможности для региональных производителей, в том числе хозяйств населения. Существует необходимость стимулирования производства и лучшего использования молока, произведенного в ЛПХ. Опросы показывают, что самой значимой проблемой для производителей является налаживание эффективного сбыта произведенной продукции. Продать продукцию сегодня можно, однако вопрос в цене, самостоятельная реализация достаточно затратная и требует наличия возможностей и времени, а то, что предлагают перекупщики, значительно ниже реальной стоимости и не окупает понесенных затрат.

Очевидно, что главным направлением в настоящее время является развитие кооперации производителей молока и, прежде всего, личных подсобных хозяйств населения, ориентирующихся на рост товарного производства, а также небольших фермерских хозяйств. В Кемеровской области предусмотрена поддержка таким кооперативам: субсидий кооперативам – на развитие материально-технической базы из расчета 0,5 руб. на 1 литр закупленного молока; гражданам, ведущим свое хозяйство и сдающим молоко в сельскохозяйственные потребительские кооперативы, – субсидия в размере 2 руб. за 1 литр сданного молока; также осуществляется и муниципальная поддержка мо-



лочного скотоводства в ряде районов области. Серьезным подспорьем является передача необходимых кооперативам танков-охладителей и экспресс анализаторов молока, а также транспортные средства, оборудованные емкостями для перевозки молока.

Такая поддержка сельскохозяйственной кооперации дала заметный эффект. Если, к примеру, в 2011 г. в Кемеровской области в общей сложности молочными кооперативами было собрано 8065 тонн, в 2012 г. – 10 220 тонн, в 2013 г. – 13 360 тонн молока, то сегодня эта цифра превысила 15 000 тонн на сумму более 300 млн руб., это значительные средства для нескольких тысяч хозяйств, реализовавших молоко через кооперативы.

Практически третью часть данного молока у населения собрал сельскохозяйственный потребительский кооператив «Согласие». На наш взгляд, изучение опыта работы таких кооперативов имеет большую практическую ценность как для органов власти, занимающихся вопросом развития сельскохозяйственной кооперации, так и для начинающих и более опытных кооператоров.

Сельскохозяйственный потребительский кооператив «Согласие» (председатель – В. В. Лазуткин) – самое крупное и эффективное объединение сельскохозяйственных товаропроизводителей в Кемеровской области. Успехи кооператива отмечались не только на региональном, но и на федеральном уровнях. СХПК «Согласие» зарегистрирован в 2006 г., территориально административный центр расположен в р.п. Промышленная. В 2015 г. численность пайщиков достигла 1068, проживающих в 48 населенных пунктах Промышленновского, Ленинск-Кузнецкого и Кемеровского районов.

Основное направление деятельности кооператива заключается в сборе у сельских товаропроизводителей молока и его переработке на

собственном молокоперерабатывающем комплексе. Следует отметить, что молоко сдают не только члены кооператива, часть его закупается у населения. В среднем, кооператив обслуживает около двух тысяч сдатчиков молока.

На первом этапе своего развития кооператив собранное молоко реализовывал в ООО «Деревенский молочный завод» (п.г.т. Промышленная). Дальнейшим этапом развития кооператива стала организация собственной переработки. Поступательное развитие кооператива позволяло ежегодно увеличивать не только количество пайщиков, но и объем хозяйственной деятельности. Более подробно показатели деятельности за последние три года можно увидеть в таблице 1.

Такой внушительной динамики кооператив смог добиться благодаря правильной организации работы. Принципиально важно было наладить взаимовыгодные отношения между кооперативом и сельскими жителями, сдающими молоко на долгосрочной основе. Селяне были заинтересованы в круглогодичном выкупе молока по стабильной цене, позволяющем им сохранять заинтересованность в его дальнейшем производстве. Некоторые сдатчики молока первоначально даже пытались часть продукции продавать как раньше на рынке, однако быстро убедились в более выгодной реализации кооперативу. Сравнив два канала реализации и правильно определив транспортные затраты, экспертизу качества, оплату услуг продавца и др. результат получился закономерный. Стабильность закупок по установленному графику, своевременность оплаты, возможность получить товарный кредит (в виде кормов, молодняка животных и др.) и другие возможности заметно снизили часть рисков, связанных с ведением хозяйства.

Закуп молока у населения осуществляется с помощью мобильных пунктов приема.

Таблица 1 – Основные показатели деятельности СХПК «Согласие»

Показатели	2013 г.	2014 г.	2015 г.	Отклонение 2015 г. к 2013 г. (+/-)
Количество пайщиков, чел	768	983	1068	+300
Объем закупаемого молока у населения, тонн	4300	4580	4800	+500
Выручка, тыс. руб.	52 109	78 269	88 605	+36 496
Себестоимость, тыс. руб.	45 103	66 421	73 452	+28 349
Чистая прибыль, тыс. руб.	1560	4671	23 301	+21 741
Стоимость имущества, тыс. руб.	26 274	24 117	41 886	+15 612
в т.ч. основных средств	21 199	23 826	29 591	+8392

Используют молоковоз, приезжающий в населенные пункты по графику и занимающий отведенное ему местной администрацией место. Приемщик имеет в распоряжении мини-лабораторию для определения качества закупаемого молока. Четко фиксируется, когда кооперативом производится таким образом закуп молока у населения, для подтверждения здоровья животных, применяются списки здоровых и больных животных, предоставляемые ветеринарным специалистом, за которым закреплён данный населенный пункт.

Развитие переработки позволило стабилизировать экономическое положение кооператива и привлечь новых пайщиков, среди которых оказались и небольшие фермерские хозяйства. Было понятно, чем лучше налажена связь с производителями молока, тем больше шансов у кооператива не остаться без необходимого для работы сырья.

В общем виде работа кооператива организована следующими образом (рис. 1).

Вся молочная продукция кооператива производится исключительно из натурального молока без применения консервантов, загустителей, красителей и прочих добавок. Продукция, выпускаемая молочным заводом СХПК «Согласие», отвечает самым высоким стандартам качества. Первоначально осуществлялось про-



Рис. 1. Общая схема организации работы кооператива

изводство традиционной молочной продукции: молоко питьевое пастеризованное (2; 3,2; 3,5%), сливки питьевые (10%), сметана (20%), творог (5 и 9%).

С 15 февраля 2015 года все предприятия пищевой промышленности обязаны внедрить и реализовать в производственной деятельности систему ХАССП. Все технологические процессы стали осуществляться на принципах этой системы, начиная от получения сырья и заканчивая предоставлением продукции конечному покупателю.

Внедрение системы контроля ХАССП особенно актуально на молочных предприятиях в связи с некоторыми особенностями данного сырья. Во-первых, молоко является продуктом животного происхождения. Во-вторых, его хранение и способы изготовления линейки молочной продукции имеют свою специфику, отличную от других видов пищевых продуктов.

В результате высокого качества продукции и продуманного маркетинга кооперативу удалось завоевать доверие большого круга покупателей, что позволило ежегодно увеличивать объем переработки молока (табл. 2).

Особый интерес вызывает реализация нового проекта, расширяющего спектр производимой продукции. С конца 2013 года был организован сбор козьего молока и производства на его основе вкуснейших и полезнейших сыров. В 2014 г. было заготовлено и переработано 46 тонн козьего молока, в 2015 г. объем вырос до 80 тонн. На этом кооператив не намерен останавливаться, осуществляется работа по дальнейшему расширению ассортимента выпускаемой продукции, осуществляется постоянная работа по выходу на новые рынки сбыта.

Отметим, участие кооператива в проекте по продаже фермерских продуктов под брендом «Калина-Малина». Налаживание устойчивых, взаимовыгодных отношений с торговой сетью позволило выйти на новый уровень реализации продукции, по сути «перезапустить» ее. Сегод-

Таблица 2 – Динамика производства продукции, тонн

	2013 г.	2014 г.	2015 г.	Темп роста 2015 г. к 2014 г. (%)
Цельномолочная продукция	1427,4	1810,2	1994,0	110,15
Молоко жидкое, обработанное	949,3	1143,7	1344,3	117,54
Масло сливочное	23,7	26,7	28,8	107,87
Творог	105,2	137,9	127,9	92,75
Сметана	29,1	39,6	36,8	92,93



ня кооператив практически отказался от традиционной продажи молочной продукции на рынках. Причин на то много, это прежде всего высокие реализационные издержки, рост рисков порчи товара, да и продать все привезенное сложнее и многое другое. В то же время сотрудничество с торговой сетью позволило от многих проблем уйти, что сказалось и на финансовых результатах. Сохраняются и развиваются существующие, формируются новые деловые контакты с другими покупателями, что снижает риск попадания в зависимость.

Обобщая опыт работы СХПК «Согласие», можно с уверенностью говорить, что руководство кооператива строило свою работу в интересах своих пайщиков и всех жителей села, а принимаемые решения базировались на грамотных обоснованных расчетах.

Поставленные при создании кооператива задачи успешно решаются, к ним относятся:

1. Организация эффективного сбора значительного объема молока, произведенного почти двумя тысячами производителей, его переработка в востребованную на рынке продукцию.

2. Реализация продукции на выгодных для кооператива условиях, с учетом состояния рынка, а жители городов получают возможность приобрести натуральную качественную продукцию.

3. Организация эффективного централизованного снабжения членов кооператива всем необходимым для осуществления хозяйственной деятельности на выгодных для них условиях, что снижает производственные затраты, в том числе используется товарный кредит производителей.

4. Содействие использованию средств механизации в производственном процессе, совершенствованию технологий, проведение племенной работы, что повышает эффективность работы участников кооператива.

5. Реальное содействие развитию института малого и среднего агробизнеса, обеспечение роста реальных доходов населения.

6. Содействие процессу экономического и социального развития сельского сообщества.

Сегодня кооператив «крепко встал на ноги» и продолжает развиваться значительными темпами. Располагая постоянно растущими производственными возможностями, кооператив еще более активно и целенаправленно в тесном взаимодействии с органами государственного и муниципального управления решает насущные проблемы села.

Таким образом, работа сельскохозяйственных кооперативов стимулирует развитие производства, более широкое использование средств механизации в хозяйствах населения и обеспечивает рост доходов. На примере СХПК «Согласие» можно увидеть существующие возможности кооперативного движения и доказать всем сомневающимся, что это не просто теория, но и успешная практика.

Вместе с тем, по нашему мнению, для дальнейшего развития сельскохозяйственной кооперации необходимо:

- продолжать поддержку развития сельскохозяйственной кооперации со стороны государства и муниципалитетов, но при этом нужны выплаты субсидий не только на молоко, но и на реализуемое населением мясо КРС, что окажет большее влияние на поголовье животных;

- формировать долгосрочные взаимовыгодные отношения с торговыми организациями, которые не меньше кооперативов заинтересованы в бесперебойных поставках натуральной качественной продукции;

- предпринять меры по усилению работы по защите прав и законных интересов членов кооперативов, это повысит доверие к ним со стороны населения;

- главам муниципальных образований необходимо продолжить поиск, отбор и подготовку потенциальных лидеров кооперативного движения, опыт СХПК «Согласие» показал, что именно личность председателя позволила добиться успеха;

- всесторонне освещать основные направления и результаты работы кооперативов в средствах массовой информации прежде всего самим кооперативам.

Список литературы

1. Российская Федерация. Законы. О сельскохозяйственной кооперации: [федер. закон: принят гос. Думой 15 ноября 1995 г.]; одобрен Советом Федерации 28 ноября 1995 г. // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 1996. № 3–4.

2. Аварский Н., Гасанова Х., Гаджиева А. Кооперация как форма развития системы товардвижения на мировом рынке молока и молочной продукции // Экономика сельского хозяйства России. 2014. № 9. С. 74–80.

3. Бодрова Е. Г., Панкратова Д. Ю. Особенности определения эффективности работы молокоперерабатывающего предприятия // АПК России. 2016. № 2. Т. 23. С. 497–502.

4. Буздалов И. Н. Научные основы кооперации и ее особенности в сельском хозяйстве // Сельскохозяйственная кооперация. М. : Наука, 1997.
5. Видякин А. В., Дронин Е. Б., Оскирко А. В. Потребительские кооперативы граждан как фактор социально-экономического развития сельских территорий (на примере Кемеровской области) // Природообустройство. 2010. № 2. С. 101–106.
6. Видякин А. В., Латков Н. Ю. Развитие производства молока и молочной продукции на основе агропромышленной интеграции в Кемеровской области // Экономика и предпринимательство. 2016. № 10. Ч. 1. С. 663–667.
7. Володин Н., Светлов А. Оценка эффективности деятельности сельскохозяйственных потребительских кооперативов // Агробизнес: экономика, оборудование, технологии. 2011. № 5. С. 40–45.
8. Гриценко Г., Рябухина Т. Сельскохозяйственная потребительская кооперация Сибири // АПК: экономика, управление. 2014. № 10. С. 74–80.
9. Гусаков В., Шпак А. Перспективы развития кооперативно-интеграционных процессов в АПК Республики Беларусь // АПК: экономика, управление. 2014. № 8. С. 35–45.
10. Донник И. М., Воронин Б. А. Система сельской кооперации в современной России // Аграрный вестник Урала. 2013. № 5. С. 58–60.
11. Исламгалеев Р. Р. Организационно-экономические основы развития сельскохозяйственной кооперации в АПК региона // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. № 7. С. 106–109.
12. Копылова Е. В. Совершенствование организационного механизма развития региональной сельскохозяйственной потребительской кооперации // Российское предпринимательство. 2012. № 15. С. 41–45.
13. Копач К. В. ЛПХ сельского населения и его интеграция с предприятиями АПК. 2-е изд., перераб. и доп. М. : ФГНУ «Росинформгротех». 2002. 312 с.
14. Крылов В. С., Черников А. П. Состояние и направление развития сельскохозяйственной кооперации // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2013. № 1. С. 36–39.
15. Милосердов В.В., Милосердов К. В. Этапы развития российской кооперации: взлеты и падения // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2012. № 4. С. 10–12.
16. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики РФ по Кемеровской области. Режим доступа : http://kemerovostat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/kemerovostat.ru/statistics/enterprises/agriculture (дата обращения 17.10.2016).
17. Рубаева О. Д., Панкратова Д. Ю. Детерминанты развития сельскохозяйственных потребительских кооперативов // АПК России. 2015. Т. 74. С. 178–182.
18. Ткач А. В. Научная школа: теория и практика кооперативного движения. Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики // Научно-теоретический журнал. 2011. № 3. С. 13–15.

Видякин Александр Владимирович, канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры менеджмента и агробизнеса, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт».
E-mail: vav.kemerovo@rambler.ru.

* * *

РУБРИКА «ВЕКТОР МОЛОДЕЖНОЙ НАУКИ»

THE HEADING “VECTOR OF YOUTH SCIENCE”

Итоги I этапа всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Минсельхоза России

В марте 2017 года в Южно-Уральском государственном аграрном университете прошел I этап всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений, подведомственных Минсельхозу РФ.

На конкурс были представлены 73 работы, из них по направлениям:

агроинженерия – 40, в том числе по кафедрам: «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов» – 14, «Электрооборудование и электротехнологии» – 6, «Технология и механизация животноводства и инженерная графика» – 5, «Тракторы, сельскохозяйственные машины и земледелие» – 4, «Эксплуатация машинно-тракторного парка» – 2, «Технология и организация технического сервиса» – 5, «Переработка сельскохозяйственной продукции и безопасность жизнедеятельности» – 4;

технические науки – 4, в том числе по кафедре «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов» – 4;

естественные и математические науки – 2, в том числе по кафедре «Математические и естественнонаучные дисциплины» – 2;

экономические, педагогические и гуманитарные науки – 27, в том числе по кафедрам: «Менеджмент и информационные технологии» – 8, «Экономика и финансы» – 2, «Технология и организация технического сервиса» – 1, «История и философия, профессиональная педагогика и психология» – 10, «Иностранные языки и русский язык как иностранный» – 6.

На основании решений конкурсных комиссий лучшие научные работы представлены в рубрике *Вектор молодежной науки*.

СТАТИЧЕСКИЙ СПОСОБ СНЯТИЯ СКОРОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЯ

Е. В. Ватолина, А. В. Гриценко

Показано статическое нагружение двигателя путем полного и частичного отключения его цилиндров и дозагрузки оставшихся в работе цилиндров отключенными. В методической части данного исследования представлен спроектированный и изготовленный прибор – ДБД-3, реализующий методику полного и частичного отключения цилиндров. В аппаратной части прибора ДБД-3 принцип функционирования основан на отключении электромагнитных форсунок и высоковольтных цепей системы зажигания. Кроме того, разработана компьютерная программа и рабочий интерфейс функционирования прибора. В результате экспериментальных исследований были получены скоростные характеристики и экспериментальные данные. Так, экспериментально разработаны режимы нагружения: в одном оставшемся в работе цилиндре отключают 16 % циклов, далее отключается 25 % и 33 % рабочих циклов цилиндра и производится считывание частоты вращения двигателя. Всего получают не менее 6...8 точек, количественно достаточных, для построения необходимых характеристик. Обычно скоростные режимы устанавливают кратными 100–200 мин⁻¹. Таким образом, реализованная методология снятия скоростных и нагрузочных характеристик двигателей позволяет исключить дорогостоящие нагрузочные стенды (500 000 рублей и более) новым приборным средством стоимостью 20 000–50 000 рублей в зависимости от модельного ряда двигателей. Трудоемкость получения данных снижена в 1,5–3 раза. Точность обеспечения нагрузочных режимов не уступает имеющимся стендам. Результаты проведенных исследований могут быть широко использованы машиностроительными и автообслуживающими предприятиями. На перспективу разработанное средство диагностирования может быть применено в качестве встроенного диагностического средства, а также использовано для полного и частичного отключения цилиндров в процессе движения автомобиля, позволяя осуществлять экономию топлива и снижение токсичности.

Ключевые слова: двигатель, нагружение, испытания, отключение цилиндров, крутящий момент, момент инерции, расход топлива, частота вращения коленчатого вала.

Автомобильный и тракторный парк непрерывно растет, при этом в России передел насыщения далеко не достигнут [22, 23, 24]. В ряде регионов РФ инфраструктура предприятий сервиса и в целом сервисная система только приобретает необходимый мировой уровень [16, 18, 21]. А это требует развития системы сервиса, методов ремонта, испытаний, обкатки и снабжения запасными частями агрегатов техники [14, 25, 26]. В современной практике диагностирования, обкатки и испытаний автомобилей рекомендуется использовать специальные барабанные, или площадочные, стенды [1, 3, 8, 9, 17, 19]. Эти стенды занимают значитель-

ное место в автосервисе, имеют значительную стоимость, сложность в обслуживании [8, 15, 16]. В тот же момент они позволяют: загружать двигатель максимальной нагрузкой, загружать любой промежуточной нагрузкой, одновременно получать различные эксплуатационные характеристики двигателя. Однако основные их недостатки – громоздкость и значительная стоимость – лишают их перечисленных выше преимуществ. Существенной задачей научных и промышленных организаций является разработка новых средств нагружения и снятия скоростных характеристик в статическом режиме (на неподвижном автомобиле, работающем



на холостом ходу) [12, 13]. Такие разработки велись и продолжают появляться новые приборные средства, позволяющие заменить старые технологии [2, 27, 28, 29, 30]. Таким образом, целью настоящих исследований является разработка способа, технологии и средства для снятия скоростных характеристик двигателя [10, 11, 12, 13]. Данный способ основан на отключении части цилиндров двигателя и дозагрузке оставшихся в работе цилиндров отключенными [6, 7, 12, 13, 17]. Так, разработкой данного направления занимались такие исследователи, как Н.Н. Патрахальцев, В.И. Суркин, Р.М. Баширов, Г.Д. Драгунов, А.Н. Медведев и многие другие [3, 4, 5, 6, 7]. Кроме того, на кафедре эксплуатации машинно-тракторного парка ЮУрГАУ данное направление применяется в качестве метода диагностирования различных систем двигателя [10, 11, 12, 13]. В ходе многократных исследований установлены взаимосвязи между степенью отключения цилиндров и мощностью двигателя [11, 12]. Поэтому основной задачей является распространение полученных исследований на статический способ снятия скоростных характеристик двигателя [13]. Рассмотрим теоретические аспекты применения данного метода.

Теоретические исследования

Мощность механических потерь $N_{мп}$, кВт, для четырех работающих цилиндров, работающих на холостом ходу, можно представить в виде:

$$N_{мп} = N_{i1-4}, \quad (1)$$

$$N_{мп} = N_{i1} + N_{i2} + N_{i3} + N_{i4}, \quad (2)$$

где N_{i1} , N_{i2} , N_{i3} , N_{i4} – соответственно индикаторная мощность первого, второго, третьего и четвертого цилиндров, кВт.

Если отключение смешанное, исключая промежуточные преобразования:

$$N_e = \frac{N_{мп}}{n - k - s} \cdot (k + s), \quad (3)$$

эффективный крутящий момент двигателя определяется по следующей зависимости:

$$M_{кр} = \frac{N_e \cdot 9554}{n_e} = \frac{N_{мп} \cdot 9554}{(n - k - s) \cdot n_e \cdot 1.35} \cdot (k + s), \quad (4)$$

где N_e – эффективная мощность ДВС, л.с.;

n_e – частота вращения ДВС, мин⁻¹;

$N_{мп}$ – мощность механических потерь, определенная заводом-изготовителем, для данной модели двигателя, л.с.;

n – число цилиндров двигателя, шт.;

k – количество отключаемых цилиндров;

1,35 – коэффициент перевода в кВт;

s – степень частичного отключения цилиндра.

Для построения зависимости индикаторного и тормозного моментов от частоты вращения коленчатого вала воспользуемся зависимостью мощности механических потерь от частоты вращения вала двигателя, данной заводом-изготовителем двигателя ЗМЗ 406.

Данные проведения тестового нагружения и расчетов по приведенной методике представлены в таблице 1.

В последних ячейках таблицы 1 представлены подсчитанные значения индикаторного момента при 100 % работающем цилиндре, при 83 %, 50 % и 67 %.

На основании данных таблицы 1 построим график зависимости индикаторного момента M_i , Н·м при различной степени отключения циклов и тормозного момента $M_{мп}$ (момента механических потерь), Н·м от частоты вращения коленчатого вала двигателя n , мин⁻¹ (рис. 1).

Таблица 1 – Расчетные данные методики для одного работающего цилиндра

n_e , мин ⁻¹	n_e/n_n	N_e , кВт	M_e , Н·м	$N_{мп}$, л.с.	$N_{мп}$, кВт	$M_{мп}$, Н·м	M_i , Н·м 100 %	M_i , Н·м 83 %	M_i , Н·м 50 %	M_i , Н·м 67 %
1000	0,19	3,41	32,60	3,20	2,37	22,65	38,26	31,75	19,13	25,63
1500	0,29	5,41	34,45	5,50	4,07	25,95	40,94	33,98	20,47	27,43
2000	0,38	7,48	35,74	8,00	5,93	28,31	42,82	35,54	21,41	28,69
2500	0,48	9,54	36,46	11,00	8,15	31,14	44,25	36,73	22,12	29,65
3000	0,58	11,50	36,62	14,00	10,37	33,03	44,88	37,25	22,44	30,07
3500	0,67	13,27	36,21	18,00	13,33	36,40	45,31	37,61	22,66	30,36
4000	0,77	14,75	35,24	22,50	16,67	39,81	45,19	37,51	22,59	30,28
4500	0,87	15,87	33,70	28,50	21,11	44,82	44,90	37,27	22,45	30,08
5000	0,96	16,53	31,59	36,00	26,67	50,95	44,33	36,79	22,17	29,70

Рассматривая изменение графиков индикаторного момента, можно сказать, что он существенно изменяется с 1000 мин^{-1} до 2500 мин^{-1} . Далее степень изменения момента до 3500 мин^{-1} прирастает со скоростью 1 Н·м за 500 мин^{-1} . После 3500 мин^{-1} момент практически остается неизменным и несколько снижается к 5000 мин^{-1} . Устойчивая работа двигателя наблюдается на правой части графика индикаторной мощности. На левой части двигатель работает неустойчиво, но, используя методологию данного исследования, можно достроить начальную часть графика.

Методика и материалы исследований

Для снижения экономических и трудовых затрат необходимо исследовать возможность получения скоростных характеристик без снятия двигателя с автомобиля за счет использования метода загрузки двигателя внутренними силами трения при полном и частичном отключении цилиндров [10, 11, 12].

При проведении основной части экспериментальных исследований использовался лабораторный стенд, на котором был смонтирован полнокомплектный двигатель ЗМЗ-4062 (рис. 2).

Стенд оснащен нагрузочным устройством, позволяющим осуществлять сравнение двух способов его нагружения и находить эквивалент нагрузки при использовании разработанного метода статического нагружения двигателя [12, 13]. Двигатель лабораторного стенда оснащен микропроцессорной системой управления, в состав которой входит штатный набор датчиков и исполнительных механизмов, позволяющих осуществлять синхронизированное отключе-

ние отдельных элементов микропроцессорной системы управления [13, 18, 20]. Поцикловое и полное отключение электромагнитных форсунок и высоковольтных цепей системы зажигания осуществляют с помощью компьютерной программы и догрузателя бензиновых двигателей [11, 12, 13]. Догружатель двигателя ДБД-3 представляет собой цифровое электронное устройство, установленное вместо штатного электронного блока автомобиля и через сеть сопряженное с компьютером [11, 12, 13]. Интерфейс экспериментальных данных догрузателя двигателя ДБД-3 представлен на рисунке 3 а.

При отключении одного из цилиндров рисунок 3 б соответствующая кнопка отключаемого цилиндра окрашивается в красный цвет.

Для снятия внешней скоростной характеристики нами используется метод, в котором двигатель нагружается механическими потерями отключенных цилиндров [12, 13]. Снятие

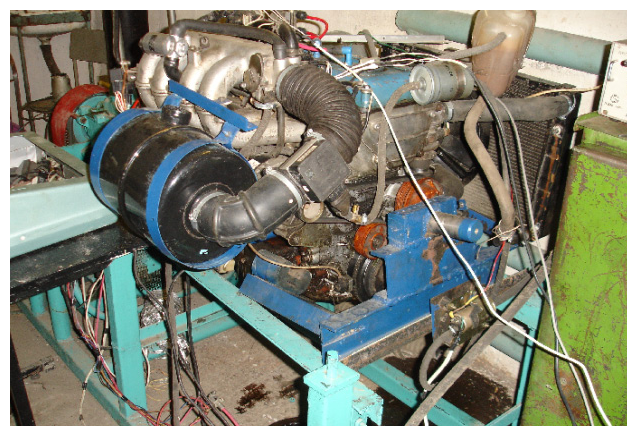


Рис. 2. Лабораторный стенд

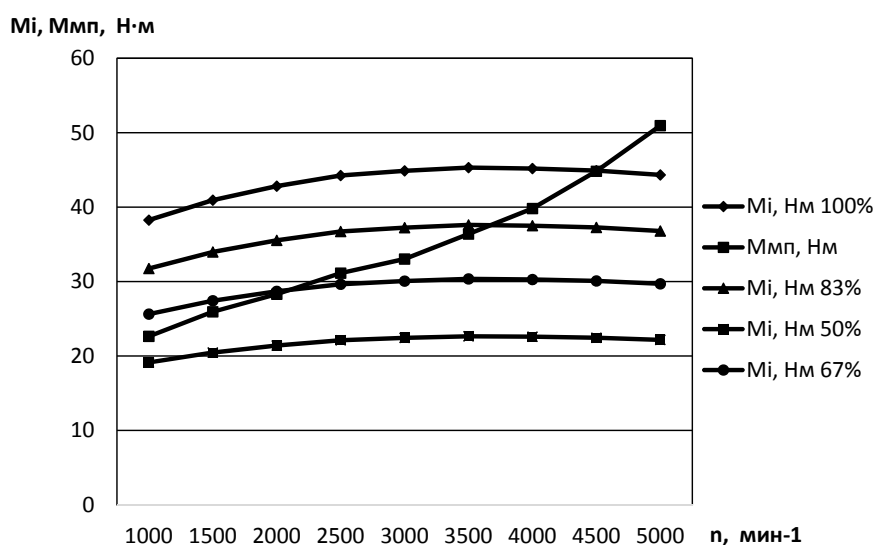


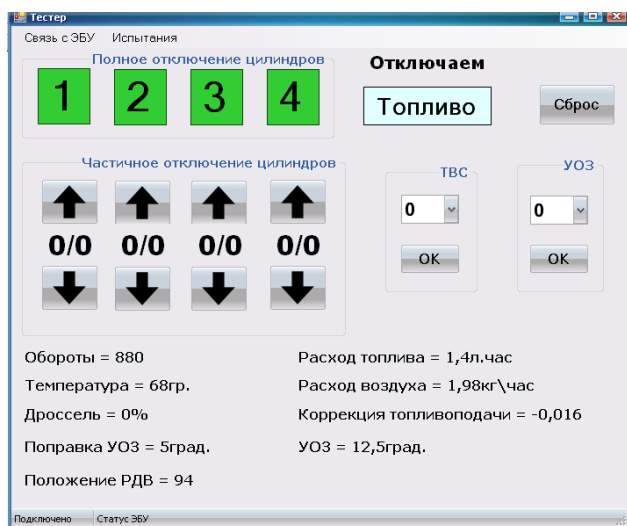
Рис. 1. Зависимость индикаторного $M_i, \text{Н·м}$, и тормозного момента $M_{мп}, \text{Н·м}$, от частоты вращения коленчатого вала двигателя $n, \text{мин}^{-1}$, для одного работающего цилиндра



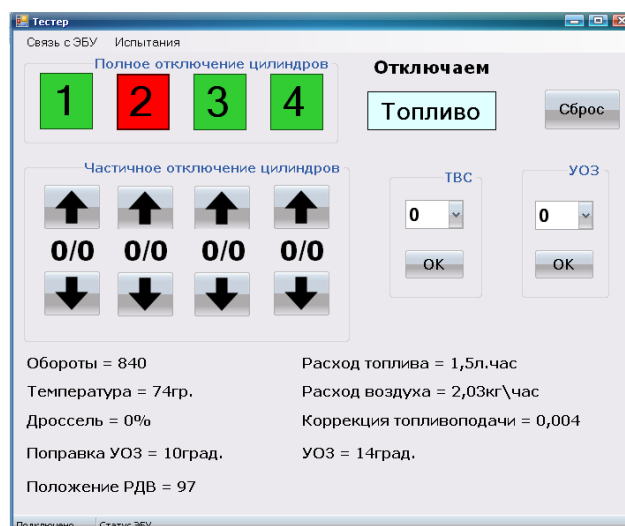
скоростной характеристики производится при постоянном (фиксированном) положении угла дроссельной заслонки. Плавное увеличение тормозную нагрузку, устанавливают стабильный скоростной режим двигателя, соответствующий минимально устойчивой рабочей частоте вращения двигателя. Это считают за первую точку характеристики. Затем, в одном оставшемся в работе цилиндре отключают 16 % циклов и при том же значении угла положения дроссельной заслонки фиксируют частоту вращения ДВС (фиксируется вторая точка характеристики). Далее отключается 25 % и 33 % рабочих циклов цилиндра и производится считывание частоты вращения двигателя. Всего должно быть не менее 6...8 точек, т.е. достаточным, чтобы выявить форму и характер кривых во всем диапазоне обследуемых режимов. Обычно скоростные режимы устанавливают кратными 100–200 мин⁻¹.

Результаты экспериментальных исследований

Поскольку снять точки внешней скоростной характеристики в динамике на участке неустойчивой работы невозможно, необходимо теоретически просчитать эти точки. Для этого с помощью USB Осциллографа Постоловского записываем осциллограмму по градусной развертки импульсов вторичного зажигания [12, 13, 18, 20]. Но для того, чтобы исключить нежелательные факторы на процесс снятия скоростной характеристики, необходимо задать максимальную частоту вращения коленчатого вала двигателя, а после исключить искрообразование в цилиндрах, после чего получится осциллограмма, представляющая временную развертку всех промежуточных значений частоты вращения коленчатого вала двигателя до полной остановки. По результатам полученных



а



б

Рис. 3. Интерфейс догрузателя двигателя ДБД-3: а – при всех работающих цилиндрах двигателя; б – при втором полностью выключенном цилиндре

Таблица 2 – Экспериментальные данные

Частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	Угловая скорость, рад/с	Время одного оборота, с	Время одного оборота, мс	Индикаторный момент, Н·м	Момент механических потерь, Н·м	Разница моментов, Н·м
1000	104	0,06	60	38,26	22,65	15,61
1500	157	0,04	40	40,94	25,95	14,99
2000	209	0,03	30	42,82	28,31	14,51
2500	261	0,024	24	44	30,14	13,86
3000	314	0,02	20	44,88	33,03	11,85
3500	366	0,017	17,1	45,31	36,4	8,91

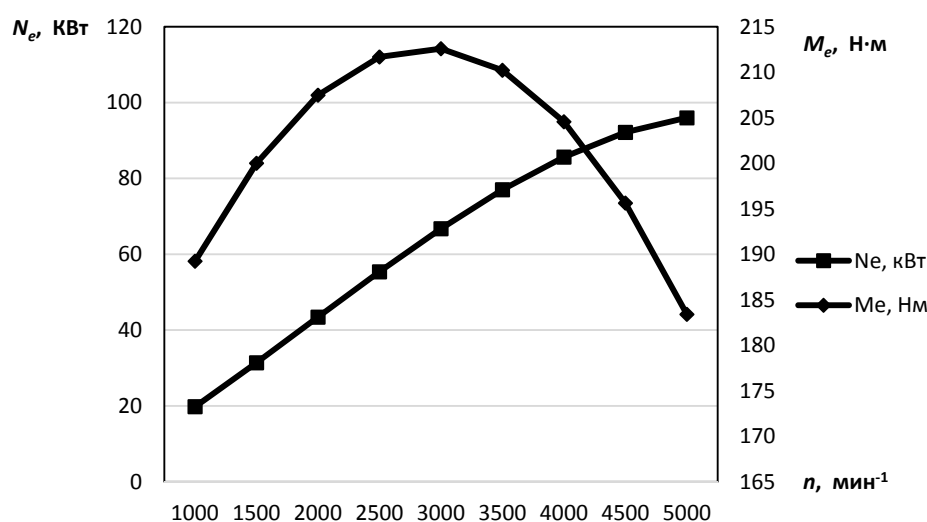


Рис. 4. Внешняя скоростная характеристика двигателя ЗМЗ-406 для всех четырех работающих цилиндров

экспериментальных данных определим 6 точек с шагом 500 об/мин. Все полученные данные сведем в таблицу 2.

При исследованиях по вышеприведенной методике были получены данные для всех четырех работающих цилиндров (рис. 4).

Поскольку рабочие обороты при движении в плотном потоке с малой скоростью не превышают 2000 мин^{-1} и устойчивая работа до 3500 мин^{-1} встречается крайне редко, то для этого нам необходимо более тщательно изучить левый склон индикаторного момента.

Пробные опыты показали, что нагружать двигатель отключением цилиндров можно до определенного значения момента, когда индикаторный момент будет равен моменту механических потерь. Именно до этого момента двигатель работает устойчиво. После пересечения точки равенства, двигатель начинает работать неравномерно, после чего совсем прекращает работу, что не дает возможности снять точки внешней скоростной характеристики экспериментально. Но, зная теоретическую зависимость индикаторного и тормозного моментов от частоты вращения коленчатого вала двигателя, имеем возможность теоретически построить точки внешней скоростной характеристики после точек равенства моментов.

Данные снятых скоростных и нагрузочных характеристик могут быть широко использованы в дальнейших исследованиях по повышению экономичности и снижению токсичности ДВС. А также разработанная методика позволит снимать скоростные и нагрузочные характеристики в лабораторных условиях, с экономией места и денежных средств.

Выводы

В качестве обобщения результатов проведенных исследований следует отметить, что разработана методология снятия скоростных и нагрузочных характеристик двигателей, которая позволяет исключить дорогостоящие нагрузочные стенды, существенно снизить трудоемкость и денежные затраты. Для осуществления нагрузочного процесса разработано приборное средство – догрузатель двигателя ДБД-3, позволяющее за счет полного и частичного (поциклового) отключения цилиндров двигателя осуществлять нагружение цилиндров. Результаты проведенных исследований могут быть широко использованы машиностроительными и автообслуживающими предприятиями. Кроме того, разработанное средство диагностирования может быть применено в качестве встроенного диагностического средства, а также использовано для полного и частичного отключения цилиндров в процессе движения автомобиля, позволяя осуществлять экономию топлива и снижение токсичности.

Список литературы

1. Бердов Е. И., Федосеев С. Ю. Отключение части цилиндров двигателя как способ улучшения топливно-экономических показателей тракторно-транспортного агрегата // АПК России. 2015. Т. 72. № 2. С. 20–24.
2. Зырянов А. П., Шепелев В. Д. Оценка эксплуатационных показателей грузового транспорта в Российской Федерации // Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика. 2014. № 1. С. 292–297.
3. Гребенников А. С. Диагностирование автотракторных двигателей по внутрицикловым



изменениям угловой скорости коленчатого вала : дис. ... д-ра техн. наук. Саратов, 2002. 292 с.

4. Регулирование дизеля методом отключения-включения цилиндров или циклов / Н. Н. Патрахальцев, С. В. Страшнов, Б. А. Корнев, И. С. Мельник // Двигателестроение. 2011. № 3. С. 7–12.

5. Химченко А. В., Мишин Д. Г., Бузов А. В. Снижение неравномерности крутящего момента двигателя с отключением цилиндров на режимах частичного нагружения // Двигатели внутреннего сгорания. 2013. № 1. С. 46–51.

6. Отключение цилиндров как способ улучшения топливной экономичности бензиновых двигателей / В. А. Марков, С. Н. Девянин, Э. А. Савастенко, А. А. Савастенко // Автомобильная промышленность. 2014. № 1. С. 5–8.

7. Журавлев С. С., Зубарев К. В. Апробация способа управления мощности ДВС отключением цилиндров // Техника и технологии строительства. 2015. № 3 (3). С. 14–20.

8. Зеленин В. А., Белов С. А., Суханов С. А. Методика оценки эффективности средств диагностирования при техническом сервисе автомобилей // Научный вестник ГАОУ ВПО «Невинномысский государственный гуманитарно-технический институт». 2016. Т. 4. С. 37–39.

9. Калимуллин Р. Ф. Концепция повышения долговечности автомобильных двигателей при эксплуатации // Вестник Оренбургского государственного университета. 2015. № 9 (184). С. 144–152.

10. Власов Д. Б. Технологии диагностирования технического состояния электрических бензонасосов автомобилей с микропроцессорной системой управления // АПК России. 2015. Т. 72. № 1. С. 26–28.

11. Власов Д. Б. Повышение эффективности процесса диагностирования систем питания на основе реализации новых методов и средств тестового диагностирования // АПК России. 2015. Т. 74. С. 30–35.

12. Исмагилов Р. Я., Куков С. С. Диагностирование цилиндропоршневой группы ДВС // АПК России. 2015. Т. 74. С. 71–75.

13. Кошелев Н. Е. Контроль сопротивления выпускного тракта ДВС // АПК России. 2015. Т. 74. С. 90–96.

14. Шепелев С. Д., Черкасов Ю. Б. Обоснование дифференцированной надежности зерноуборочных комбайнов с учетом их сезонной нагрузки // АПК России. 2015. Т. 72. № 1. С. 54–56.

15. Боронин О. С. Инновации в области диагностического обеспечения автотранспортных средств // ИТ-портал. 2014. № 1 (1). С. 1.

16. Костюченков Н. В., Мукашева Н. А. Обоснование номенклатуры, формирование групп и определение местоположения участка по восстановлению деталей // АПК России. 2013. Т. 65. С. 96–103.

17. Суркин В. И., Петелин А. А., Федосеев С. Ю. Определение дымности отработавших газов дизеля при отключении части его цилиндров // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 3. С. 50–55.

18. Козловский В. Н. Обеспечение качества и надежности системы электрооборудования автомобилей : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Тольятти, 2010. 41 с.

19. Денисов А. С., Кулаков А. Т. Обеспечение надежности автотракторных двигателей / Саратов. гос. техн. ун-т. Саратов, 2007. 307 с.

20. Руководство по эксплуатации USB Autoscope III: руководство по работе с программой USB-осциллограф. Режим доступа : http://www.autoscaners.ru/catalogue/files/689/program_usb_oscilloscope.pdf.

21. Шепелев С. Д., Черкасов Ю. Б. Обоснование рационального уровня надежности технологических машин в зерноуборочном процессе // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2015. № 5. С. 58–63.

22. Шепелев В. Д., Шепелев С. Д., Александрова Т. А. Оценка эффективности использования подвижного состава на междугородних перевозках // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 4–1 (15–1). С. 437–439.

23. Шепелев С. Д., Окунев Г. А., Черкасов Ю. Б. Влияние срока службы зерноуборочных комбайнов на структуру технологических линий // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 1. С. 43–46.

24. Зырянов А. П. Перспектива развития машинно-тракторного парка в растениеводстве // АПК России. 2013. Т. 63. С. 47–50.

25. Зырянов А. П. Исследование взаимосвязи энергетических и технико-экономических показателей работы тягово-приводных агрегатов // АПК России. 2015. Т. 72. № 1. С. 36–39.

26. Кузнецов Н. А., Пятаев М. В., Зеленин А. В. Результаты производственных опытов по установлению тягового сопротивления прицепа // АПК России. 2015. Т. 72. № 2. С. 68–73.

27. Иванов Р. В. Диагностирование ДВС по параметру мощности механических потерь : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Волгоград, 2010. 40 с.

28. Обозов А. А., Таричко В. И. Математическое имитационное моделирование рабочего процесса автомобильного ДВС в целях изучения диагностической информации // Двигателестроение. 2013. № 2 (252). С. 21–26.

29. Пичугин А. И. Повышение эффективности диагностирования цилиндропоршневой

группы автомобильных двигателей путем совершенствования методов и средств распознавания ее состояний : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Саратов : Саратовский ГАУ им. Н. И. Вавилова, 2011. 23 с.

30. Понизовский А. Ю. Оценка технического состояния цилиндропоршневой группы автотракторных дизелей по разности расходов воздуха на впуске и выпуске в пусковом режиме : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 2010. 111 с.

Ватолина Евгения Владимировна, магистр 2 года обучения, кафедра «Эксплуатация машинно-тракторного парка», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: vatolinazhenya@gmail.com.

Гриценко Александр Владимирович, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: alexgrits13@mail.ru.

* * *

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Д. С. Кузнецов

Одним из наиболее развивающихся и перспективных источников возобновляемой энергии является энергия ветра. Ветроэнергетические установки постоянно совершенствуются по своим техническим характеристикам. Использование ветроэнергетических установок в составе ветроэлектрических станций требует оптимизации параметров. Оптимальный выбор параметров ветроэлектрической станции повышает ее показатели. Основным показателем оптимизации является эффективность. Вопросы эффективности электроснабжения от ветроэлектрических станций, взаимосвязь показателей электроснабжения и технических показателей ветроэлектрических станций и установок, показатели надежности ветроэлектрических станций недостаточно изучены. Для комплексной оценки эффективности определен критерий надежности ветроэлектрических станций, определяемый адаптированными нормативными показателями. Исследование эффективности ветроэлектрических станций с различными параметрами проводилось на примере проектной ветроэлектрической станции Челябинской области. Цель работы: определить взаимосвязь показателей надежности ветроэлектрической станции и показателей эффективности. Установлено, что проектное увеличение количества ветроэлектрических установок в составе ветроэлектрических станций на 25–40 % позволяет повысить их рентабельность, т.е. в 1,5–2 раза, и предусмотреть значительный экономический ущерб. Проведенные исследования на примере энергоснабжения сельскохозяйственного потребителя позволили определить оптимальные параметры ВЭС (количество ветроустановок марки ВВС-3). Коэффициент надежности принят 1,4. Для обеспечения потребной энергии 365000 МДж в год во второй ветроэнергетической зоне Челябинской области (Брединский район) эффективным является ветроэлектрическая станция из 19 ВЭУ, которая окупается за 9,47 лет при себестоимости электроэнергии 2,52 руб./кВтч.

Ключевые слова: ветроэлектрическая станция, ветроэнергетическая установка, эффективность ветроэлектрических станций, эффективность электроснабжения, надежность электроснабжения.

Обеспечение электрической энергией является наиболее актуальным вопросом современного существования в любой сфере жизни. Электроснабжение сельскохозяйственного производства (СХП) является приоритетной задачей развития всей отрасли в целом. Большая протяженность и разветвленность линий электропередач, износ сельских электрических сетей вызывают значительные потери электроэнергии. В результате этого наблюдается рост затрат на электроснабжение потребителей, что в целом снижает эффективность производства продукции и условия проживания на селе.

Для снижения затрат на электроснабжение предлагается использовать возобновляемые источники энергии (ВИЭ), которые удобно применять вблизи потребителей, тем самым снижая затраты и потери электрической энергии. Наиболее перспективным возобновляемым источником, по принципу доступности и уровня технического развития, является энергия ветрового потока, так как использование ветроэнергетических установок (ВЭУ) не требует наличия постоянного обслуживающего персонала. Тем не менее, несмотря на мировую тенденцию к переходу энергетики с углеводородного и атомного топлива на возобновляемые источники [1],

среди которых основной рост мощностей наблюдается в ветроэнергетической отрасли [1], ветроэнергетика Российской Федерации находится в зачаточном состоянии на данный момент.

На 2016 год общая установленная мощность ВЭУ в Российской Федерации не превышает 104 МВт, что составляет всего 0,04% от всех электростанций РФ [1, 3]. При этом показатели электроснабжения от ветроэлектрических станций (ВЭС) демонстрируют низкую эффективность. Так, в 2016 году с помощью ВЭС было произведено всего 0,19 млрд кВт·ч, что составляло всего около 0,018% от производства электроэнергии всеми электростанциями РФ [1]. При этом число часов использования установленной мощности в 2015 году составило всего 592 часа [8] при технически реальных 1800 часах, то есть ВЭС используют всего 33% от реальных технических возможностей в условиях Российской Федерации. Одной из причин недоиспользования является низкая надежность электроснабжения от ВЭС, недостаточно исследованный опыт эксплуатации установок, а также несовершенство методик проектирования станций [2], в частности, определения параметров ВЭС.

Согласно Федеральному закону Российской Федерации (РФ) № 261-ФЗ от 23.11.2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и распоряжению Правительства РФ № 1-р от 8.01.2009 г. «Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 г.» целью использования ВИЭ является повышение эффективности электроэнергетики, а приоритетным развитием в возобновляемой энергетике после фотоэлектрических станций будут ВЭС.

Для преобразования энергии ветра существуют ветроэнергетические установки (ВЭУ) различной мощности: большой, средней и малой мощности. В мировой практике ВЭУ большой и средней мощности используются в районах преобладающие большие скорости ветра. Тогда в районах с низкой скоростью ветра эффективнее использовать ВЭУ малой мощности (до 100 кВт). К таким районам относится и Челябинская область [2, 3, 4].

Для обеспечения потребной энергии и снижения затрат на передачу электроэнергии воз-

можно объединение нескольких ВЭУ малой мощности в составе ветроэлектрической станции. Определение оптимальных параметров, например, количества и мощности ВЭУ, согласно критериям и опытам, позволит повысить показатели электроснабжения ВЭС на практике.

Наиболее актуальный вопрос в области ветроэнергетики в России на сегодняшний день – это повышение эффективности электроснабжения от ВЭУ малой мощности. Повышение эффективности электроснабжения от ВЭС означает повышение экономической, технической (энергетической), эргономической (эксплуатационной) и технологической (конструкционные особенности) эффективности ВЭС вместе взятых. Так, экономические затраты на электроснабжение от ВЭС должны быть ниже экономического эффекта от использования ВЭС, а энергетические затраты на производство электроэнергии от ВЭС должны быть меньше производимой энергии от ВЭС. Изменение параметров ВЭС должно сопровождаться повышением удобства, безопасности, эффективности использования, а также оптимальной схемы ВЭС, а при проектировании должны выбираться такие типы и параметры ВЭС, которым были бы оптимальными для данного месторасположения ВЭС. Такая система электроснабжения может считаться эффективной.

Наиболее актуальными в российской практике сегодня являются вопросы экономической и энергетической эффективности ВЭС, которые находятся в безусловной взаимосвязи, определение которой позволяет говорить об эффективности и показателях системы в целом. Экономика и энергетика взаимосвязаны между собой наиболее существенным образом. Особенной трудностью обладает исследование технологической эффективности ВЭС ввиду недостаточного отечественного производства и опытных исследований различных типов ВЭУ, однако теоретически возможно определить примерные параметры ВЭС по этому критерию. Исследование эргономической эффективности также интересно с точки зрения науки, однако низкие экологические стандарты и особенности эксплуатации ВЭУ в России не дадут необходимой глубины для исследования эффективности ВЭС.

Из опыта работы ВЭУ малой мощности известно, что установленная мощность используется летом на 10% и 25–30% зимой [3, 4]. Для эффективного использования ВЭС существуют два направления:



- снижение капитальных и эксплуатационных затрат на ВЭС [4];
- повышение производительности ветроэлектростанции в системе электроснабжения.

Установлено, что на оба эти фактора влияют показатели надежности системы электроснабжения [2–5], которые могут рассматриваться на нескольких этапах использования ВЭС: производства (моделирование и изготовление элементов ВЭУ), проектирования (грамотные расчеты и моделирование), строительства (использование качественных материалов и так далее), эксплуатации (своевременные ТО, ТР и так далее). Предметом данного исследования является учет показателей надежности на этапе проектирования. Известен выбор оптимальных показателей ВЭУ для повышения эффективности ВЭС по минимальным затратам на ЛЭП [4]. При этом не учитываются показатели надежности [2], а также влияние показателей надежности на общие показатели эффективности электроснабжения.

Надежность электроэнергетической, или электротехнической, а в частности и ветротехнической, или ветроэнергетической, системы – это свойство осуществлять производство, преобразование, передачу и распределение электроэнергии в целях бесперебойного электроснабжения потребителей в заданном количестве при допустимых значениях показателей качества. Для обеспечения надежности электроэнергетической системы необходимо произвести ее проектирование таким образом, чтобы были определены оптимальные параметры, учитывающие потенциально возможные проблемы на определенных стадиях использования ВЭС.

Надежность электроэнергетической системы и установки обеспечивается безотказностью и восстанавливаемостью ее элементов, устой-

чивостью, управляемостью, живучестью и безопасностью как самой системы (установки), так и ее элементов [2].

Надежность системы электроснабжения с использованием ВЭС исследуется по двум причинам [2, 3]:

- затраты на резервирование составляют до 50 % затрат в системе электроснабжения;
- ущерб от недостаточной надежности иногда соизмерим с затратами в системе электроснабжения.

Отказ элемента ВЭУ приводит к меньшей выработке электроэнергии, и потребитель недополучит потребную электроэнергию, с одной стороны, а время на устранение неисправности, возможно, совпадет с благоприятным периодом для эффективного функционирования ВЭУ – с другой. Все это в совокупности повлечет за собой значительный экономический ущерб, что негативно отразится на эффективности электроснабжения. Исследование эффективности электроснабжения по критерию надежности позволяет полноценно учитывать и гармонично сочетать все 4 вида эффективности.

Проведенные согласно методике [2] по критерию надежности исследования по эффективности ВЭС в Брединском районе Челябинской области приведены в таблице 1. Исходными данными для расчета явились предыдущие исследования данной ВЭС. По традиционной методике расчетов наиболее эффективным получается вариант с 11 ветроустановками, но если учесть показатели надежности ВЭС, прежде всего коэффициент готовности ВЭС, потери электроэнергии, то эта методика демонстрирует в реальности более низкую эффективность.

Результаты таблицы 1 показывают, что увеличение количества ветроэнергетических установок в составе одной ветроэлектрической

Таблица 1 – Сравнение результатов методик наиболее выгодных вариантов

Количество ВЭУ	Количество выработанной электроэнергии $Q_{\text{выр}}, \text{ кВт}\cdot\text{ч}$	Количество недовыработанной электроэнергии $Q_{\text{недов}}, \text{ кВт}\cdot\text{ч}$	Энергетическая эффективность, $\text{кВт}\cdot\text{ч}$	Себестоимость электроэнергии, $\text{руб.}/\text{кВт}\cdot\text{ч}$	Ущерб потребителю $У_1, \text{ руб.}$	Ущерб компании $У_2, \text{ руб.}$	Экономическая эффективность $Э_{\text{эф}}, \text{ руб.}$	Срок окупаемости, лет
11	57 694	6181	–42 306	4,98	Не учитывается	Не учитывается	245 571	9,15
14	61 946	1929	–38 504	5,03	5859	65 387	163 002	11,85
19	~100 000	~0	42 306	2,52	~0	~0	436 006	9,47

станции на 5 штук дают более чем двукратный положительный экономический эффект. Если учесть потери электрической энергии, связанные с недостаточной надежностью в варианте с 11 ВЭУ, то экономическая эффективность из-за потерь электроэнергии ниже, чем в варианте с 19 ВЭУ, несмотря на очевидно более высокие капиталовложения при увеличении количества ВЭУ.

С учетом показателей надежности, предлагается вариант ВЭС в составе 19 ВЭУ, поскольку он обладает наибольшей энергетической и экономической эффективностью, наименьшей себестоимостью электроэнергии. Так, для повышения эффективности ВЭС количество ВЭУ предлагается увеличить с 11 до 19, то есть на 42 %.

Проведенные исследования на основании технико-экономических расчетов по электроснабжению от малых ВЭС других потребителей в разных районах Челябинской области на основе показателей надежности позволили выявить, что экономически целесообразно увеличивать количество ВЭУ в составе ВЭС на 25–40 %, то есть в 1,3–1,5 раза, и в среднем при расчетах количества ВЭУ принять коэффициент надежности электроснабжения от ветроэлектрической станции за 1,4:

$$N_{\text{вэу.н}} = N_{\text{вэу}} \cdot K_{\text{н}}, \quad (1)$$

где $N_{\text{вэу.н}}$ – количество ветроустановок в составе ВЭС, с учетом показателей надежности, шт.;

$K_{\text{н}}$ – коэффициент надежности электроснабжения от ветроэлектрической станции, равный 1,3–1,5, можно принять за 1,4.

Выведенная формула позволяет повысить энергетическую и экономическую эффективность электроснабжения от ветроэлектрической станции, значительно не усложняя расчетов ВЭС.

Выводы

Анализ существующих методик и исследований показывает, что вопросы надежности электроснабжения в системе ветроэлектрической станции еще недостаточно изучены и не решены проблемы, связанные с потерями и недопроизводством электроэнергии.

Коэффициент готовности ветропарка позволяет определить более точное значение выработанной ветроустановками электроэнергии и определить коэффициент надежности электроснабжения от ветроэлектрической станции,

который можно принять за 1,4. Введение этих показателей позволит объективно оценить экономическую эффективность ВЭС. При этом снижается риск недополучения потребителем электроэнергии от ВЭС.

Проведенные исследования на примере энергоснабжения сельскохозяйственного потребителя Челябинской области позволили определить оптимальные параметры ВЭС (количество ветроустановок марки ВВС-3). Так, для обеспечения потребной энергии 365 000 МДж в год во второй ветроэнергетической зоне (Брединский район) эффективным является ветроэлектрическая станция из 19 ВЭУ, которая окупается за 9,47 лет при себестоимости электроэнергии 2,52 руб./кВт·ч.

Ранее полученные результаты данных исследований были апробированы и одобрены на студенческой научной конференции в марте 2015 года, апробированы и опубликованы в сборнике докладов [2], научно-практической конференции III Уральского межрегионального энергетического форума и опубликованы в сборнике докладов [3] в октябре 2016 года.

Список литературы

1. Кузнецов Д., Меннен Х. Анализ ключевых факторов развития возобновляемой энергетики в России // АПК России. 2016. Т. 23. № 2. С. 368–378.
2. Кузнецов Д. С. Исследование параметров ветроэлектрической станции на основе показателя надежности электроснабжения // Идеи молодых – агропромышленному комплексу. Челябинск : ЧГАА, 2015. С. 33–39.
3. Шерязов С. К., Шелубаев М. В., Кузнецов Д. С. Возможности использования энергии ветра в условиях Южного Урала // Сборник докл. науч.-практ. конф. «Солнечный город: энергоэффективность, энергобезопасность, надежность, экологичность». 2016.
4. Шелубаев М. В. Обоснование параметров ветроэлектрической станции на базе ветроэнергетических установок малой мощности для электроснабжения сельскохозяйственных потребителей : дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 2015. 156 с.
5. Окупаемость ветроэнергетических установок в условиях средней полосы // Термодинамика. Альтернативная энергетика. Климатические системы. М., 2015. Режим доступа : <http://www.termocool.ru/products/okupaemost-vetroenergeticheskikh-ustanovok> (дата обращения 10.09.2016).



6. Шерьязов С. К. Возобновляемые источники в системе энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей : монография. Челябинск : ЧГАУ, 2008. 300 с.
7. Шерьязов С. К., Шелубаев М. В. Разработка метода определения параметров ветропарка // Вестник КрасГАУ. 2014. Вып. 10. С. 182–187.
8. Аверин А. А. Повышение эффективности энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей с использованием ветродизельной установки : дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 2009. 139 с.
9. Отчет о функционировании ЕЭС России в 2015: Системный оператор Единой Энергетической Системы. Россия, 2016. Режим доступа : http://so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2016/ups_rep2015.pdf (дата обращения: 15.03.2017).
10. Оценка качества функционирования ветроэнергетических установок (ВЭУ) в условиях эксплуатации / В. А. Буторин, В. Н. Кутепов, И. Б. Царев, И. В. Зайцев // Сборник науч. ст. «Методы и средства технической диагностики» / Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола, 2006. Вып. XXIII. С. 222–226.
11. Кутепов В. Н., Рукавишникова М. Ю. Экономическая эффективность оптимизации времени восстановления ветроэнергетических установок // Материалы XLVI междунар. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству». Челябинск, 2007. Ч. 2. С. 192–197.
12. Шеметов А. Н. Надежность электро-снабжения : учеб. пособие. Магнитогорск : ГОУ ВПО «МГТУ им. Г. И. Носова», 2006. 141 с.
13. Шерьязов С. К., Шелубаев М. В. Разработка метода определения параметров ветропарка // Вестник КрасГАУ. 2014. Вып. 10. С. 182–187.
14. Шерьязов С. К., Пташкина-Гирина О. С. Использование возобновляемых источников энергии в сельском хозяйстве. Челябинск : ЧГАА, 2013. 222 с.
15. Амерханов Р. А. Оптимизация сельскохозяйственных энергетических установок с использованием возобновляемых видов энергии. М. : Колос-Пресс, 2003. 532 с.
16. Николаев В. Г. Модели технической готовности ветроэлектрических станций // Малая энергетика. 2010. С. 34–44.
17. Windenergie und Dänemarks Energiepolitik / Andersen Danleemann, Jemming Jorgen // Windkraft J. und Natur. Energien (Windkraft J.). 1998. № 2. С. 22–23.
18. Robert Gasch, Jochen Twele (Hrsg.). Windkraftanlagen. Grundlagen, Entwurf, Planung und Betrieb. 9. aktualisierte Auflage. Wiesbaden : Springer, 2016. 570 с.
19. Erich Hau. Windkraftanlagen – Grundlagen, Technik, Einsatz, Wirtschaftlichkeit. 5. Auflage. Berlin – Heidelberg : Springer, 2014. 969 с.
20. Siegfried Heier: Nutzung der Windenergie. 7. Auflage. Stuttgart : Fraunhofer IRB Verlag, 2016.
21. Siegfried Heier: Windkraftanlagen: Systemauslegung, Netzintegration und Regelung. 5. Auflage. Wiesbaden : Vieweg/Teubner, 2009. 466 с.
22. Siegfried Heier, Grid integration of wind energy conversion systems. John Wiley & Sons, 3rd edition, 2014.
23. Nicole Hesse: Windwerkerei. Praktiken der Windenergienutzung in der frühen deutschen Umweltbewegung. In: Technikgeschichte, 83 (2016) H. 2, с. 125–150.
24. Elke Bruns, Dörte Ohlhorst, Bernd Wenzel, Johann Köppel. Erneuerbare Energien in Deutschland. Eine Biographie des Innovationsgeschehens. Berlin : Universitätsverlag der TU Berlin, 2010. 554 с.
25. Volker Quaschnig. Regenerative Energiesysteme. Technologie - Berechnung - Simulation. 8. aktualisierte Auflage. München : Carl Hanser Verlag, 2013. 424 с.

Кузнецов Дмитрий Станиславович, аспирант кафедры «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: dmitrii.kuznetsov9@gmail.com.

* * *

К ВОПРОСУ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ТОНКИХ СЛОЕВ МАТЕРИАЛА ПРИ ПОМОЩИ ОТРАЖАТЕЛЬНОГО СВЧ-МЕТОДА

С. Ю. Панферов

Для измерения влажности тонких слоев сельскохозяйственного сырья в инфракрасных транспортерно-каскадных сушилках предложено использовать отражательный сверхвысокочастотный метод. Исследование отражательного СВЧ-метода, а также оптимизация и усовершенствование конструкции измерительной установки сопряжено с высокой сложностью теоретических расчетов, а многократная доработка узлов СВЧ-тракта требует значительных затрат. Выход видится в использовании методов трехмерного компьютерного моделирования электродинамических систем, которые позволяют создавать и исследовать виртуальные конструкции влагомеров и их характеристики, а также проводить симуляцию работы влагомеров с различными материалами. Такой подход позволит упростить процесс разработки СВЧ-устройств и оптимизации их конструктивных и технологических параметров путем замещения промежуточных экспериментов компьютерными вычислениями. Целью работы являлось определение возможности использования САПР СВЧ для конструирования и оптимизации параметров СВЧ-тракта на примере симуляции работы лабораторной установки. В ходе работы на основе классических теоретических расчетов была создана приближенная трехмерная модель лабораторной установки, использованной в натурном эксперименте, включающая в себя рупорную совмещенную антенну и слой зерна. При помощи встроенного в САПР оптимизатора, в рабочей полосе частот проведена оптимизация конструктивных параметров антенны до уровня КСВ, равного 1,2. Диэлектрические параметры зерна ϵ' и ϵ'' для влажностей $W = 10, 15, 20$ и 25% рассчитывались по обобщенной модели Нельсона-Крашевски. Проведена симуляция работы антенны на слой зерна толщиной 35 мм для всех влажностей. Полученные результаты компьютерной симуляции имеют высокую сходимость с результатами лабораторного эксперимента ($R = 0,982$).

Ключевые слова: влагомер, электромагнитная волна, сверхвысокая частота, коэффициент отражения, компьютерное моделирование, компьютерная симуляция.

На кафедре энергообеспечения и автоматизации технологических процессов Южно-Уральского государственного аграрного университета (ЭиАТП ЮУрГАУ) проводятся исследования по применению энергии сверхвысокой частоты (СВЧ) в различных технологических процессах производства с.-х. продукции. Основное внимание уделяется энергосберегающим стимуляционным СВЧ-технологиям управления процессами в агробиоценозе с целью повышения урожая, за счет воздействия на них природоподобными СВЧ-сигналами [1–7].

В настоящее время относительно новым перспективным направлением исследований

является разработка СВЧ-методов измерения влажности [8–10]. Одним из них является СВЧ-метод измерения влажности тонких слоев сельскохозяйственного сырья [10]. Результатом лабораторных исследований этого метода стало уравнение регрессии, описывающее зависимость коэффициента отражения Γ электромагнитной волны (ЭМВ) от влажности W и толщины слоя Δ (до 35 мм). Одной из особенностей полученных результатов является то, что объект обработки (слой зерна) находится в ближней зоне излучателя, меньшей чем $\lambda/4$.

Теоретический анализ и описание процессов распространения ЭМВ при расположении

объекта обработки в ближней зоне излучателя является сложной электродинамической задачей. Таким образом, процесс разработки и оптимизации СВЧ-тракта влагомера будет сопряжен с большим количеством промежуточных опытов по уточнению конструктивных параметров излучателя.

Перспективным является использование систем автоматизированного проектирования (САПР) СВЧ. Применение таких компьютерных программ в ходе исследовательских работ для моделирования СВЧ-устройств и симуляции их работы позволит расширить возможности по оптимизации параметров устройства и заменить ряд промежуточных экспериментов компьютерными вычислениями, тем самым облегчить труд исследователя и упростить процесс изготовления макетного образца установки.

Цель исследований – определение возможности использования САПР СВЧ для конструирования и оптимизации параметров СВЧ-тракта на примере симуляции работы лабораторной установки.

Материалы и методы исследований

В качестве объекта моделирования выступила лабораторная установка, созданная для исследования отражательного СВЧ-метода измерения влажности и подробно описанная в статье [10]. Для решения задач по моделированию излучателя и подбору диэлектрических параметров материала использовались классическая теория проектирования рупорных антенн и обобщенная модель Нельсона-Крашевски [11, 12]. Программной средой моделирования и симуляции являлась CST Microwave Studio. Оценка полученных в ходе симуляции частотных зависимостей производилась по методике, изложенной в работе [13].

Результаты исследований

Первым этапом моделирования было создание модели рупорной антенны. Пользуясь классической методикой расчета Я.Д. Ширмана, создали первоначальную модель рупорной антенны, состоящей из коаксиально-волноводного перехода и рупора (рис. 1).

Были определены конструктивные параметры для оптимизации модели антенны: длина волновода L_{voln} , длина рупора L_{rupor} , длина штыря L_{shtir} и его отступ от короткозамкнутой стенки L_{otstup} (рис. 2).

Пользуясь встроенными средствами САПР СВЧ была произведена оптимизация конструк-

тивных параметров антенны. Условие оптимизации: наименьший коэффициент стоячей волны (КСВ) в рабочей полосе частот (800–1100 МГц) (рис. 3).

Полученная по результатам оптимизации антенна имеет следующие конструктивные параметры: $L_{voln} = 400$ мм, $L_{rupor} = 400$ мм, $L_{shtir} = 110$ мм, $L_{otstup} = 95$ мм. Данная виртуальная модель антенны является согласованной в рабочей полосе частот, с уровнем КСВ порядка 1,2.

Далее создавалась модель слоя зерна с толщиной в 35 мм. Габаритные размеры слоя не принципиальны, главное условие – перекрытие размеров раскрыва антенны. Зазор между антенной и слоем зерна 20 мм. Конечная модель представлена на рисунке 4.

Следующий этап – симуляция работы антенны на слой зерна. Для того, чтобы провести электродинамические расчеты, необходимо задать диэлектрические параметры, соответствующие исследуемому материалу. В лабораторной установке использовалось зерно пшеницы. Для расчета ее диэлектрических параметров была применена обобщенная модель Нельсона-Крашевски. Результаты расчета представлены в таблице 1.

Проводим симуляцию работы антенны на слой зерна и снимаем частотные зависимости коэффициента отражения для каждой влажности (рис. 5). В соответствии с методикой, изложенной в работе [13], анализируем полученные частотные зависимости коэффициента отражения, сравниваем результат симуляции с результатом эксперимента и определяем их сходимость. За критерий сходимости принимаем коэффициент линейной корреляции R , который в данном случае равен 0,982. Такой высокий уровень R является показателем высокой сходимости результатов симуляции и лабораторного эксперимента, подтверждает достоверность полученных экспериментальных зависимостей, а также говорит о возможности применения САПР СВЧ для моделирования и исследования лабораторных установок типа «рупор-зерно».

Таблица 1 – Результаты расчета диэлектрических параметров зерна пшеницы

Влажность, %	ϵ'	ϵ''	$\text{tg}\alpha$
10	2,47	0,138	0,06
15	3,53	0,289	0,08
20	4,89	0,559	0,11
25	6,62	0,997	0,15

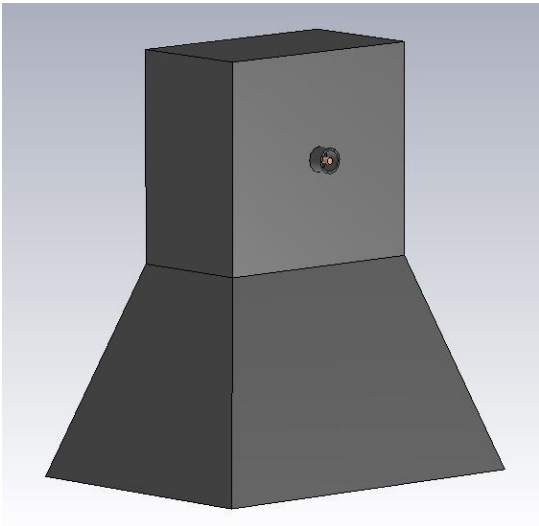


Рис. 1. Первоначальная модель рупорной антенны

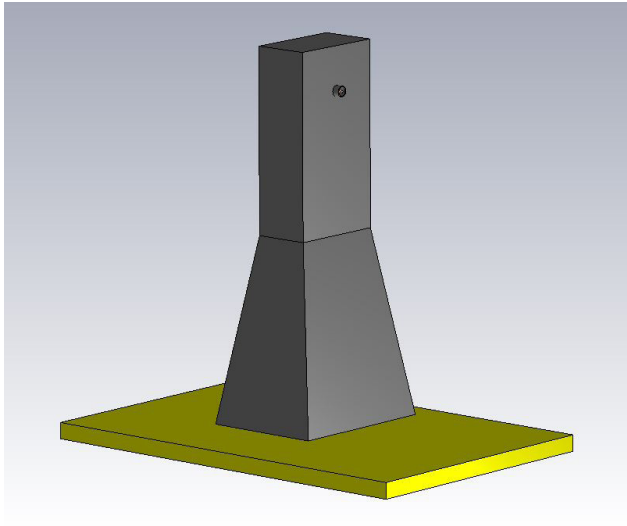


Рис. 4. Оптимизированная модель антенны над слоем зерна

Parameter List				
Name	Expression	Value	Description	Type
L_otstup	= 100	100		Length
L_rupor	= 200	200		Length
L_shtir	= 110	110		Length
L_voln	= 200	200		Length
<new parameter>				

Рис. 2. Параметры оптимизации модели антенны

Define 1DC Goal

Result Name: IDC: .S-Parameters\$S1,1

Type

☒ Mag. (linear) ☐ Mag. (dB) ☐ Phase

☐ Real Part ☐ Imaginary Part

Conditions

Operator: min Target: 0 Weight: 1.0

Target (max): 0.0

☐ Use slope

Range

☐ Total

☐ Single at: 700

☒ Range min: 800 max: 1100

Goal Norm: Maximum Difference Squared

Optimizer

Simulation type: Frequency Domain Solver Acceleration...

Settings Goals Info

Algorithm: Trust Region Framework Properties... General Properties...

Algorithm settings

Reset min/max 10 % of initial value

☒ Use current as initial value ☐ Use data of previous calculations

Parameter	/	Min	Max	Initial	Current	Best
☒ L_otstup		80	110	95	95	95
☒ L_rupor		110	400	400	400	400
☒ L_shtir		80	110	110	110	110
☒ L_voln		200	400	400	400	400

Start OK Apply Close Help

Рис. 3. Параметры встроенного в САПР СВЧ оптимизатора

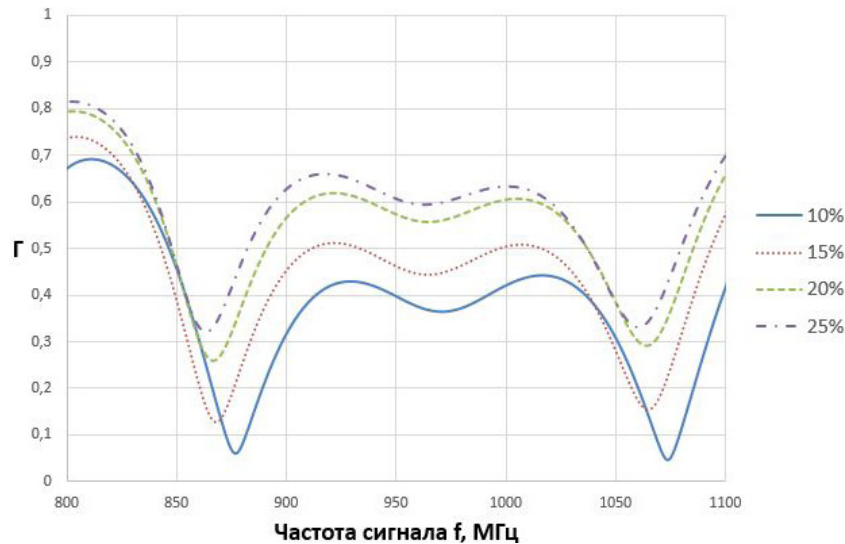


Рис. 5. Частотные зависимости коэффициента отражения для влажностей материала 10, 15, 20 и 25 %, полученные в ходе компьютерной симуляции

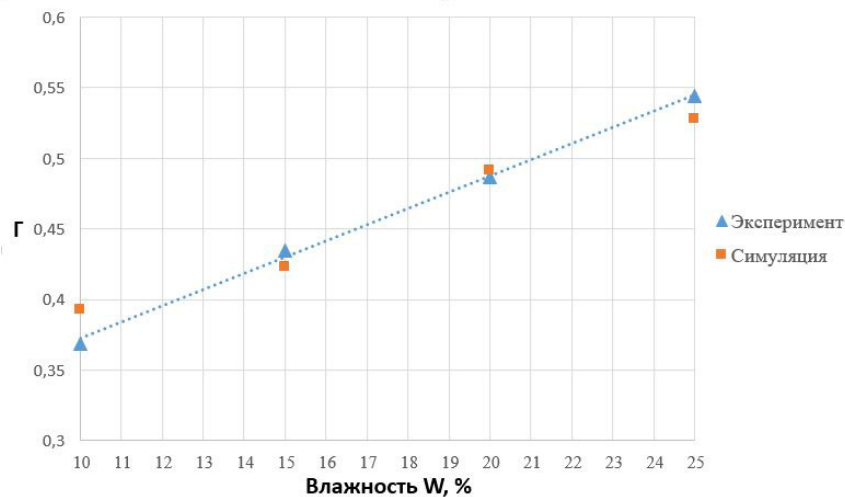


Рис. 6. Зависимость коэффициента отражения от влажности пшеницы при толщине слоя 35 мм ($R = 0,982$)

Вывод

В ходе работы был показан подход, позволяющий при помощи САПР СВЧ создавать и исследовать трехмерные виртуальные модели экспериментальных СВЧ-установок. Он позволяет снизить количество трудоемких экспериментов и заменить их компьютерными вычислениями, что позволит с высоким уровнем достоверности и наименьшими затратами проводить исследования влияния параметров эксперимента, меняя их в широких пределах. Работоспособность показанного подхода подтверждена высоким уровнем сходимости результатов симуляции с результатами лабораторного эксперимента.

Рекомендации

Полученные в ходе работы, результаты позволяют рекомендовать применение симуляции

работы виртуальных моделей экспериментальных установок в САПР СВЧ в качестве замены промежуточных уточняющих опытов, так как результаты, полученные в ходе компьютерных расчетов, имеют достаточно высокую сходимость с реальными экспериментальными результатами.

Список литературы

1. Васильев А. А., Полевик Н. Д., Гордеев О. В. Влияние предпосадочной обработки клубней электромагнитным полем на урожайность картофеля // Вестник Бурятской ГСХА им. В. Р. Филиппова. Улан-Удэ : БГСХА, 2014. № 2. С. 29–35.
2. Васильев А. А., Полевик Н. Д., Гордеев О. В. Эффективность предпосадочной обработки картофеля электромагнитным полем

// Агропродовольственная политика России. 2015. № 4 (16). С. 39-43.

3. Полевик Н. Д., Попов В. М., Бидянов В. А. Влияние предпосевной обработки семян голозерных сортов ячменя на их продуктивность // Вестник КрасГАУ. 2011. № 8. С. 223–226.

4. Полевик Н. Д. Снижение интенсивности побочного излучения устройства ввода СВЧ-энергии в почву // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2011. № 9. С. 16–17.

5. Полевик Н. Д. Мобильная полевая СВЧ-установка для обработки почвы // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2011. № 10. С. 16–17.

6. Повышение эффективности предпосевной СВЧ-обработки семян / Н. Д. Полевик [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2012. № 5. С. 23–24.

7. Полевик Н. Д. Влияние поляризации электромагнитного излучения дециметрового диапазона на прорастание семян // Биофизика. 2013. Т. 58. Вып. 4. С. 697–703.

8. Полевик Н. Д., Панферов С. Ю. Проблемы измерения влажности зерна в потоке // Материа-

лы LV междунар. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству» / под ред. проф., д-ра с.-х. наук М. Ф. Юдина. Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2016. Ч. III. 292 с.

9. Панферов С. Ю. Интегральный СВЧ-метод измерения влажности зерна в потоке // Идеи молодых – агропромышленному комплексу : матер. LXVII студенч. науч. конференции / под ред. проф., д-ра с.-х. наук М. Ф. Юдина. Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2016. Ч. 1. С. 139–142.

10. Полевик Н. Д., Панферов С. Ю. Поточный отражательный влагомер // АПК России. 2017. Т. 24. № 1. С. 86–90.

11. Ширман Я. Д. Радиоволноводы и объемные резонаторы. М. : Связьиздат, 1959.

12. Kraszewski A., Nelson S. O. Composite model of the complex permittivity of cereal grain // J. Agric. Eng. Res. 1989. V. 43. P. 211–219.

13. Полевик Н. Д. Методы и средства борьбы с сорной растительностью с использованием импульсных СВЧ-излучений : дис. ... канд. техн. наук. Челябинск : ЧГАУ, 2007. 218 с.

Панферов Сергей Юрьевич, магистрант, кафедра «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: s.y.panferov@yandex.ru.

* * *

УДК 631.531.01: 635.1/.8 + 621.365

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИНФРАКРАСНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ СУШКИ СЕМЯН ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР С ЦЕЛЬЮ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

В. М. Попов, В. А. Афонькина, А. И. Баранова

В статье рассматриваются различные способы сушки семян овощных культур, их сравнение и выбор наиболее рационального. Семеноводство для России имеет большое значение, так как его основной целью является поддержание совокупности и признаков и наилучших хозяйственных и биологических показателей сорта. Успех и уровень сельского хозяйства напрямую зависит от состояния данной отрасли. Большой процент семян поставляется из-за границы и сопровождается переплатами за транспортировку, упаковку, затраты на проведение аукционов. Слабое финансирование обязывает находить пути сокращения затрат, в том числе и энергетических, не ухудшающие качественные и количественные показатели семян. Снизить энергозатраты возможно за счет усовершенствования технологических параметров оборудования, используемого для различных этапов обработки семян. Семеноводство – одна из наиболее важных отраслей сельскохозяйственного производства, основой которой является массовое размножение сортовых семян при сохранении биологических и урожайных качеств. Для сохранения этих качеств семена подвергают определенным этапам обработки. Одним из этих важнейших этапов является сушка, в ходе которой проходят биолого-биохимические превращения простых химических веществ на сложные, накапливаются белки, углеводы, изменяются физические параметры и показатели качества. Следовательно, правильная сушка приводит к устойчивому при хранении семян состоянию, выходу и качеству готового продукта. Также это один из наиболее энергопотребляемых этапов в процессе обработки семян. На нее уходит до 90 % затраченной на обработку семян электроэнергии. Поэтому одной из важнейших задач при проектировании сушильной установки является уменьшение энергозатрат в совокупности с получением высоких качественных и количественных показателей конечного сырья.

Ключевые слова: семена овощных культур, энергосбережение, сушка, режимы сушки, электронагреватели пленочные.

Процесс сушки имеет свои общие технологические правила, а также специфические, связанные с особенностями определенной культуры и конструкциями сушилок. Выбирая сушилку необходимо брать во внимание социальный и экономический аспекты, а также учитывать химико-биологические особенности высушиваемого материала. Основными способами сушки, лежащими в основе сушильных установок, являются: естественная солнечная, сорбционная, смесью топочных газов с воздухом, конвективная, кондуктивная, токами высокой частоты, акустическая, инфракрасным излучением, сушкой сублимацией.

Из вышеперечисленных способов, на сегодняшний день сушка инфракрасным излучением является достаточно перспективным направлением, так как обладает рядом преимуществ:

1. Более высокая скорость удаления влаги в сравнении с конвективной или кондуктивной (контактной) сушкой.

2. Не требуется наличия теплоносителя, способствующего загрязнению обрабатываемого материала; отсутствуют взрывоопасные концентрации и потери материала за счет уноса.

3. Материал не перегревается вблизи теплопередающей стенки, тепловыделение происходит в объеме материала, и его температура

выше, чем температура стенок аппарата и воздуха вокруг материала.

4. Интенсивность нагрева не зависит от агрегатного состояния материала, а только от его оптических и диэлектрических свойств.

Основные типы генераторов инфракрасного излучения, используемые в конструкциях сушильных установок и являющиеся одной из их основных частей следующие: инфракрасные пленки, керамические излучатели, ТЭНы и инфракрасные лампы, представлены в таблице 1. Коэффициент полезного действия оптической ИК-установки и эффективность ее использования зависит от грамотно выбранного источника излучения, а также его эксплуатационных режимов и характеристик. Для выбора рационального типа генератора инфракрасного излучения и оптимального режима его работы, в технологии термовлажностной обработки семян необходимо обосновать критерий количественной

оценки работы излучателя, который должен учитывать ряд технологических и теплотехнических параметров:

- отражательную и поглощательную характеристики сырья;
- эмиссионные и энергетические характеристики ИК - генераторов;
- требования к технологическим операциям на различных стадиях процесса тепловой обработки сырья;
- толщину укладки слоя обрабатываемого сырья.

Для сравнения по техническим показателям вышеуказанных инфракрасных нагревателей были произведены эксперименты. Для экспериментов были выбраны инфракрасные излучатели, представленные в таблице 2.

Для изучения нагревателей была подготовлена лабораторная экспериментальная установка (рис. 1).

Таблица 1 – Особенности основных типов инфракрасных излучателей [2]

Тип ИК-излучателя	Особенности
Трубчатые электронагреватели (ТЭНы)	Слишком мощные и предназначены в основном для конвекционных и жидкостных нагревателей. При использовании регуляторов мощности, за счет пониженной рабочей температуры могут оказаться практически вечными. Недостаток – высокая стоимость регулятора, обычные ТЭНы подвержены коррозии
Керамический ИК-излучатель	По форме могут быть как плоскими различного размера, рассчитанными на довольно высокую мощность, так и похожими на лампочку с цоколем E27. У них полностью отсутствует излучение в видимом спектре и КПД в ИК диапазоне достигает 99% Мощность излучателей с цоколем E27 может быть от 25 до 400 Вт. Использование независимых источников ИК и видимого спектра делает систему еще более гибкой и экономной. Ресурс у них достигает 30.000 часов. Кроме того, керамика не боится водяных брызг, устойчива к ударам и встряскам
ИК-лампа	Стеклообразная колба с внутренним зеркальным покрытием, в которую помещена вольфрамовая спираль, которая может быть рассчитана практически на любую температуру, но надо учитывать границу пропускания стекла, из которого изготовлена колба лампы. Температура нити не может быть ниже температуры, которой соответствует диапазону длин волн с $\lambda = 2,6$ мкм. Не применяется в пищевой промышленности, т.к. может разбиться
Низкотемпературный пленочный электронагреватель (НЭП)	Его лучеиспускательная способность (0,96) при одной и той же температуре нагрева выше, чем у ТЭНов, ИК-ламп или пленочных электронагревателей, со степенью черноты от 0,6 до 0,8. Слой напыления имеет одинаковую толщину по всей поверхности и представляет собой равномерно излучающую поверхность

Таблица 2 – Характеристики инфракрасных электронагревателей

Тип электронагревателя	Напряжение, В	Мощность, Вт	Температура поверхности излучателя, °С	Габаритные размеры, мм
Пленочный	220	200	55	510×1400
Кварцевый трубчатый	220	600	200	1000×13
Керамический (ФТЕ выгнутый)	220	250	300	245×60×31

Для каждого из выбранных инфракрасных электронагревателей, установленных на планке 5, был проведен ряд экспериментов по измерению потока излучения посредством оптического инфракрасного датчика 1, принцип действия которого основан на оценке вольтовой интегральной чувствительности продукта.

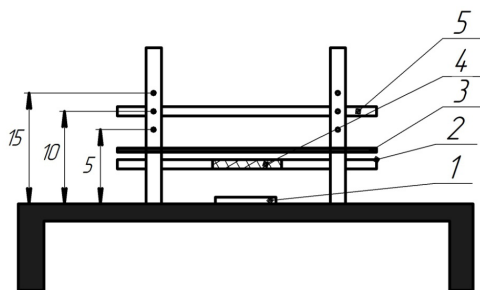
В процессе экспериментов изменялось следующее:

1. Высота подвеса планки: 50, 100, 150 мм.
2. Светопроницаемый материал: стекло, полотно транспортной ленты (соткано из лести) либо его отсутствие.

По результатам экспериментов было установлено, что низкотемпературные пленочные электронагреватели показали наилучшие результаты по одной из основных характеристик – тепловому потоку, что положительно будет сказываться на уменьшении влажности семян до нужного значения.

Таким образом, в настоящее время лучшими для сушки термолабильного сырья являются НЭПы, благодаря следующим своим преимуществам:

1. НЭПы обладают высокой степенью черноты ϵ , близкой к степени абсолютно черного тела, что позволяет нагревателю даже при низких температурах нагрева обладать максимальной плотностью излучения.
2. НЭП обладает максимальным коэффициентом эффективного использования энергии при длине волны излучения 9 мкм и температуре нагрева 480 С.
3. НЭП – равномерно излучающая поверхность. Изменяя толщину резистивного слоя, возможно создавать инфракрасные плоские нагреватели требуемой мощности в широких пределах заданных геометрических размеров.



- 1 – оптический датчик; 2 – изоляционный материал;
3 – светопроницаемый материал; 4 – окно
в изоляционном материале; 5 – планка
для установки электронагревателя

Рис. 1. Лабораторная экспериментальная установка

Исходя из вышесказанного, делаем вывод, что создание инфракрасных сушильных установок с оптимизированными параметрами на сегодняшний день является актуальной задачей.

Преимуществами терморadiационной сушильной установки для сушки тонких термолабильных материалов являются:

- возможность создания компактной установки, позволяющая сократить производственные площади;
- значительная интенсивность сушки с возможностью значительного сокращения ее продолжительности, а, следовательно, снижения себестоимости сушки и увеличения КПД установки при сохранении высокого качества сухопродукта.

При проектировании радиационных сушильных установок и оптимизации их для сушки термолабильных культур необходимо помнить, что инфракрасные невидимые тепловые лучи обладают всеми свойствами видимых лучей и отличаются лишь большей длиной волны, а, следовательно, подчиняются всем известным законам излучения тел. Интенсивность излучения зависит от черноты излучающего тела ϵ , от длины волны λ и абсолютной температуры нагрева поверхности тела T . Количество лучистой энергии, которое переносится от источника излучения к другим телам или рассеивается в окружающей среде в единицу времени, называется лучистым потоком, распределение на облучаемой поверхности и восприятие сырьем которого является важной характеристикой при нахождении КПД сушильной установки.

В процессе проектирования сушильных установок ставится основная задача определения наилучших, в некотором смысле, структуры и значений параметров объектов: сырья, генератора ИК – излучения, габаритных размеров установки. Так как задача оптимизации связана с расчетом оптимальных значений параметров при заданной структуре сырья, будем считать ее параметрической оптимизацией, при которой для корректной постановки задачи оптимизации необходимо задать целевую функцию.

Протекание процесса сушки в значительной мере зависит от многих факторов:

- характера связи испаряемой влаги в материале;
- природы высушиваемого материала;
- размеров фракции и толщины укладки продукта;
- начального и конечного влагосодержания материала;

- размеров и расположения ИК – генераторов в сушильной установке;
- равномерности сушки.

При расчете процесса сушки и создания рациональных конструкций ИК-сушилок к выше перечисленным факторам добавляется еще ряд не менее важных составляющих качественной сушки:

- количество теплоты Q , которое плоскость (если говорить о плоском источнике излучения или элементарная площадка, если говорить о точечном источнике ИК-излучения) излучает во всех направлениях пространства;
- коэффициент облученности ϕ , показывающий, какая часть полного излучения, идущего от плоскости, попадает на поверхность-приемник;
- коэффициент экстинкции r_λ , характеризующий эффективность поглощения электромагнитного излучения сырьем [4].

На наш взгляд, при расчете оптимальных параметров сушильных установок для термобильных культур, генераторами ИК-излучения в которых являются пленочные электронагреватели с определенной степенью черноты и мощностью [5, 6], выражение, которое оптимально соединяет в себе зависимости всех основных параметров качественной сушки и может являться целевой функцией, – это выражение для определения количества тепла (1) [3]:

$$Q = 4,9\epsilon_{\text{пр}} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] H, \quad (1)$$

где Q – количество тепла, передаваемого излучением от плоскости 1 к плоскости 2 в результате их взаимного излучения и поглощения, ккал/ч;

T_1 и T_2 – абсолютные температуры поверхностей тела 1 и тела 2, °К;

величина $H = \phi_{1-2} F_1 = \phi_{2-1} F_2$ называется взаимной излучающей поверхностью тела 1 и тела 2;

F_1, F_2 – поверхности тела 1 и тела 2;

ϕ_{1-2} и ϕ_{2-1} – средние на поверхности коэффициенты облученности тела 1 на тело 2 и тела 2 на тело 1;

$\epsilon_{\text{пр}}$ – приведенная степень черноты системы.

$$H = \int_{F_1} \int_{F_2} \frac{\cos \psi_1 \cos \psi_2}{\pi r^2} dF_2, \quad (2)$$

где ψ_1 и ψ_2 – углы, составленные направлением излучения с нормалью к площадкам dF_1 и dF_2 ;

r – расстояние между площадками.

Анализируя целевую функцию, мы видим, что между поверхностями изменяется только геометрическая составляющая, выражаемая коэффициентом:

$$\frac{\cos \psi_1 \cos \psi_2}{r^2} dF_2, \quad (3)$$

из которого видна четкая зависимость количества передаваемой теплоты от расстояния между поверхностями, площади принимаемой поверхности и взаимного расположения поверхностей в пространстве (рис. 2).

Выражение

$$4,9\epsilon_{\text{пр}} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] dF_1 \quad (4)$$

определяет количество теплоты, которое плоская поверхность dF_1 излучает во всех направлениях пространства.

Тогда выражение для определения коэффициента облученности между поверхностями будет иметь вид

$$\phi_{1-2} = \frac{1}{\pi F_2} \int_{F_2} \frac{\cos \psi_1 \cos \psi_2}{r^2} dF_2 \quad (5)$$

и показывать, какая часть полного излучения, идущего с поверхности 1 в пространство, попадает на поверхность 2 или какая доля всего излучения, поступающего на площадку 1 из пространства, идет с поверхности 2. Коэффициент облученности – это своего рода КПД сушильной установки, поэтому при проектировании последней необходимо стремиться к максимальному его значению. Из выражения для определения ϕ становится понятно, что немаловажной задачей при нахождении оптимальных конструктивных параметров сушильной ИК-установки является определение размеров излучателей, взаимное расположение их в сушильной камере и расстояние от излучателей до сырья.

Рассматривая, например, сушильную ИК-установку каскадного типа [5, 6] при проведении расчетов коэффициента облученности можно принять, что каскад сушильной камеры имеет форму призмы в соответствии с рисунком 2, то выражение для определения среднего

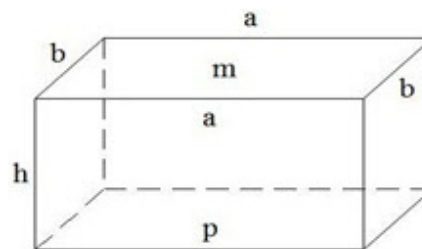


Рис. 2. Вспомогательная схема для расчета оптимальных конструктивных параметров каскада сушильной установки



коэффициента облученности между противоположными поверхностями $m = F_1$ и $p = F_2$ после применения двойного интегрирования уравнения 5 и решения интеграла выразится следующей зависимостью [4]:

$$\Phi_{m-p} = \frac{2}{ab\pi} \left[b\sqrt{a^2 + h^2} \arctan \frac{b}{\sqrt{a^2 + h^2}} + a\sqrt{b^2 + h^2} \arctan \frac{a}{\sqrt{b^2 + h^2}} - bh \arctan \frac{b}{h} - ah \arctan \frac{a}{h} - \frac{h^2}{2} \ln \frac{(h^2 + a^2 + b^2)h^2}{(a^2 + h^2)(b^2 + h^2)} \right] \quad (6)$$

Полученная зависимость наглядно отображает зависимость конструктивных параметров каскада сушильной установки (a, b, h). Решение данной зависимости любым из известных математических способов поможет при нахождении оптимальных a, b и h , при которых коэффициент облученности будет стремиться к единице, делая процесс сушки более коротким по времени, а следовательно, и менее энергоемким.

Из всего вышесказанного можно сделать следующие практические выводы, которыми следует руководствоваться при проектировании сушильных ИК-установок для сушки термолабильных культур, а именно, семян овощных культур:

1. Терморadiационные сушильные устройства следует проектировать закрытого исполнения.
2. Применение терморadiационных сушильных устройств особенно эффективно при сушке тонкостенных изделий с большим коэффициентом поглощения лучистого потока.
3. Необходимо рационально располагать излучатели в сушильной камере и достигать наибольшего заполнения конвейера сырьем.
4. При проектировании радиационных сушилок необходимо стремиться к тому, чтобы лу-

чистый поток от генератора ИК-излучения площадью F_1 распределялся равномерно по всей поверхности сырья площадью F_2 или $\bar{F} = F_1/F_2 \approx 1$.

5. Зная коэффициенты черноты генератора ИК-излучения и продукта ε и их оптические характеристики, найденные конструктивные параметры сушильной установки a, b, h по выражению (6) дают возможность проектировать сушильные установки с наименьшим ресурсоэнергопотреблением.

Список литературы

1. Способы сушки семян. Режим доступа : <http://www.agrodialog.com.ua>.
2. Типы инфракрасных излучателей. Режим доступа : <http://www.promnagrev.ru/infrakranyenagrevateli>.
3. Лебедев П. Д. Расчет и проектирование сушильных установок. М. ; Л. : Госэнергоиздат, 1962. 320 с.
4. Мачкаши А., Банхиди Л. Лучистое отопление. М. : Стройиздат, 1985. 464 с.
5. Пат. 100353 RU H05B 3/36. Пленочный электронагреватель / Б. Г. Полевой, В. М. Попов. № 2010115793 ; заявл. 20.04.2010 ; опубл. 10.12.2010, Бюл. № 34.
6. Попов В. М., Афонькина В. А. Использование пленочных электронагревателей (ПЛЭН) в технологическом процессе сушки растительного и дикорастущего сырья // Вестник КрасГАУ. 2011. № 12. С. 216–218.
7. Пат. 102771 RU F26B 3/30. Сушильная установка / В. М. Попов, В. А. Афонькина, А. А. Кечкин. № 2010140666 ; заявл. 04.10.2010 ; опубл. 10.03.2011, Бюл. № 7.
8. Попов В. М., Афонькина В. А., Шукшина Е. И. Применение инфракрасных пленочных электронагревателей в конструкции сушильных установок каскадного типа // Известия СПбГАУ. 2012. № 26. С. 387–391.

Попов Виталий Матвеевич, д-р техн. наук, заведующий кафедры «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: ntc-es@mail.ru.

Афонькина Валентина Александровна, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: ntc-es@mail.ru.

Баранова Анастасия Игоревна, аспирант кафедры «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: BAI1208@mail.ru.

* * *

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ УДОБРЕНИЯ

Ж. Б. Телюбаев

В статье рассматриваются проблемы утилизации отходов животноводства. Проблема очистки и обеззараживания навозных стоков относится к наиболее актуальным вопросам науки и техники. В работе рассмотрены существующие технологии переработки навоза животных. Приведен анализ методов и технологических схем обеззараживания навозных стоков и показаны их преимущества и недостатки. Рассмотрены три основных метода переработки и обеззараживания навозных стоков: биологический, химический и физический. Наиболее перспективной технологией утилизации навоза является анаэробная переработка его с получением биогаза. Однако при анаэробной переработке навоза в мезофильном режиме, обеззараживание эффлюента происходит неполное. Показано, что утилизация биомассы является важнейшей задачей в сельском хозяйстве, где на разного рода технологические нужды требуется большое количество энергии и непрерывно растет потребность в высококачественных удобрениях при одновременном получении биогаза, который состоит из метана (около 70 %), углекислого газа и примесей. Во время сбраживания в навозе развивается микрофлора, которая разлагает органические вещества до кислот, а затем под действием бактерий превращается в газообразные продукты. Также перспективным направлением развития техники является обеззараживание воды, обработка природных и сточных вод энергетическими полями. Использование энергии гидродинамического поля позволяет осуществлять уничтожение микроорганизмов без использования химических реагентов, а создание энергетических полей может осуществляться с помощью достаточно простых технических решений. В работе предложено использовать физический метод обеззараживания эффлюента с помощью кавитационного поля (обеззараженное, дезодорированное органическое удобрение, полученное в результате метан-генерации навоза). Результаты лабораторного исследования процесса обеззараживания навоза в кавитационном поле показывают его эффективность. Определены основные факторы, влияющие на потребление мощности электродвигателем.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, эффлюент, биогазовая установка, мезофильный режим, обеззараживание, кавитация.

После перевода животноводческой отрасли на промышленную основу появилась необходимость решения одной из сложнейших проблем обработки и утилизации навозных стоков с учетом охраны окружающей среды от загрязнения. Увеличение производительности животных обеспечивается не только кормовой базой, но и условиями содержания. К возбудителям инфекционных заболеваний в навозных стоках относят яйца гельминтов, а также микроорганизмы, такие как кишечная палочка, сальмонеллы, шигеллы, пастереллы, стафилококки, клостридии, лептоспиры, амёбные цисты, микобактерии, энтеровирусы. Для обеспечения

в животноводческих предприятиях требуемые санитарные нормы необходимо предусмотреть систему мер, направленные на максимальную охрану природы и открытых близлежащих водоемов, в том числе отвод ливневых и талых вод с выгульных площадок и других территорий, где находится скот, на очистные сооружения для обработки и обеззараживания навозных стоков, как при проектировании, так и при строительстве новых объектов. Поскольку в навозных стоках крупного рогатого скота содержатся также ценные органические вещества и другие элементы питания растений, которые обладают высокой питательной ценностью, то основное



направление существующих технологий переработки отходов животноводства связано с переработкой их в органические удобрения [1,2].

По физическому состоянию сточные воды животноводческих предприятий являются суспензией, твердая фракция которых – неперева- ренные частицы корма в экскрементах животных и различные частицы, получаемые при разруше- нии покрытий стойл в помещении и стенок на- возоуборочных каналов, а жидкая фракция пред- ставляет собой раствор минеральных веществ и органических соединений. Содержание полез- ных веществ в стоках крупного рогатого скота очень высока: 70% их составляет органика с боль- шим количеством питательной микрофлоры [3, 4, 5]. В состав навозных стоков при бесподстилоч- ном содержании крупного рогатого скота входят азотно-калийно-фосфорные соединения и значи- тельное количество микроэлементов (табл. 1).

Бесподстильный навоз является ценным органическим удобрением, большая часть пита- тельных веществ которого находится в густой составляющей навозных стоков – 97% органи- ческого вещества от всей массы отходов. Хи- мический состав навозных стоков животновод- ческих предприятий значительно различается в зависимости от мощности комплексов и вида животных (табл. 2).

Бруцеллы и кишечные палочки в навозных стоках остаются активными в течение 11–12 не- дель. Таким образом, одной из важнейших за- дач любого способа обработки навозных стоков считается обеззараживание от патогенной ми- крофлоры и перевод отходов в легкоусвояемую для растений форму органического удобрения.

По данным отечественных ученых [1, 2, 6], установлено, что в навозных стоках живот- новодческих предприятий сальмонеллы оста- ются болезнетворными в течение 76–150 дней при температуре +7 °С и 25 дней при темпера- туре +25 °С. Бруцеллы и кишечные палочки в навозных стоках остаются активными в те- чении 11–12 недель. Таким образом, одной из важнейших задач любого способа обработки на- возных стоков считается обеззараживание от па- тогенной микрофлоры и перевод отходов в лег- коусвояемую для растений форму органического удобрения. Поэтому в данный момент необходи- мо при проектировании систем переработки жи- вотноводческих стоков крупного рогатого скота в первую очередь исходить из условия обеспе- чения санитарно-гигиенических требований и со- хранению питательных веществ при минималь- ных затратах средств и времени [7].

Данные о наличии и выживаемости пато- генных микроорганизмов-возбудителей наиболее

Таблица 1 – Состав навоза при бесподстилочном содержании крупного рогатого скота (%)

Показатель	Навоз крупного рогатого скота	
	Коровы	Молодняк на откорме
Сухое вещество	9,82	9,78
Песок	0,28	0,18
Органическое вещество	7,88	7,02
Азот общий	0,41	0,47
Фосфор (в виде P ₂ O ₅)	0,11	0,28
Калий (в виде K ₂ O)	0,47	—

Таблица 2 – Химический состав сточных вод животноводческих помещений, мг/л

Показатель	Комплексы крупного рогатого скота, тыс. голов	
	10	2
pH	7,2	7,2
Взвешенные вещества	8,6·10 ³	7,4·10 ³
Азот общий	1,3·10 ³	1,8·10 ³
P ₂ O ₅	3·10 ²	7·10 ²
K ₂ O	5·10 ²	4·10 ²
SO ₄ ²⁻	4·10 ²	4·10 ²
Ca ²⁺	3·10 ²	6·10 ²
Mg ²⁺	1·10 ²	5·10 ²
Na ⁺	1·10 ²	1·10 ²

распространенных инфекционных заболеваний приведены в таблице 3.

В настоящий момент применение тех или иных методов и технологических схем переработки и обеззараживания навозных стоков крупного рогатого скота обусловлено различными объемами получаемых стоков, местными условиями расположения животноводческих предприятий и климатом. Необходимость, в независимости от ветеринарного благополучия хозяйства, постоянно обеззараживать все получаемые на животноводческих предприятиях навозные стоки, подтверждается исследованиями по вопросам санитарной гигиены [1, 2].

На сегодняшний день для переработки и обеззараживания навозных стоков используют 3 основных метода: биологический, химический и физический (рис. 1).

При химическом методе очистки, как правило, используются химические средства, вступающие в реакцию с составными веществами навозных стоков, связывая или разлагая их, тем

самым предотвращая попадание загрязнений и запахов в окружающую среду.

При биологическом методе переработки происходит частичное разложение органического вещества и уменьшение загрязнения в стоках, которые переходят в нерастворимую или газообразную форму. Данный метод основан на том, что бактерии перерабатывают органических веществ в навозных стоках, и в этом процессе могут участвовать два вида бактерии: аэробы (развивающиеся в присутствии кислорода воздуха) и анаэробы (развивающиеся без доступа кислорода). И в свою очередь в зависимости от температуры процесса брожения бактерии могут быть мезофильными и термофильными.

Очистка при биологическом методе переработки подразделяется на естественные и искусственные, в свою очередь искусственные осуществляются в аэротенках, окислительных траншеях, метантенках, а естественные – в отстойниках-накопителях, биологических прудах, лагунах, почве, компосте и др.

Таблица 3 – Выживаемость патогенных микроорганизмов в различных средах, дней

Вид возбудителя заболевания	Почва	Речная вода	Сточная вода	Бесподстильный навоз
Сибирская язва	до 18 000	–	–	–
Туберкулез	90–450	150–360	до 90	150–587
Бруцеллез	40–160	до 180	3–19	до 1
Листериоз	18–150	15–450	45	–
Пастереллез	8–138	6–25	6–25	–
Паратиф	до года	28–84	2–42	до 196
Туляремия	10–75	3–95	–	–
Паратуберкулез	628–1092	–	–	до 335
Ящур	7–146	–	–	до 168
Чума крупного рогатого скота	–	–	1–3	до 30
Болезнь Ауески	до 797	–	–	–

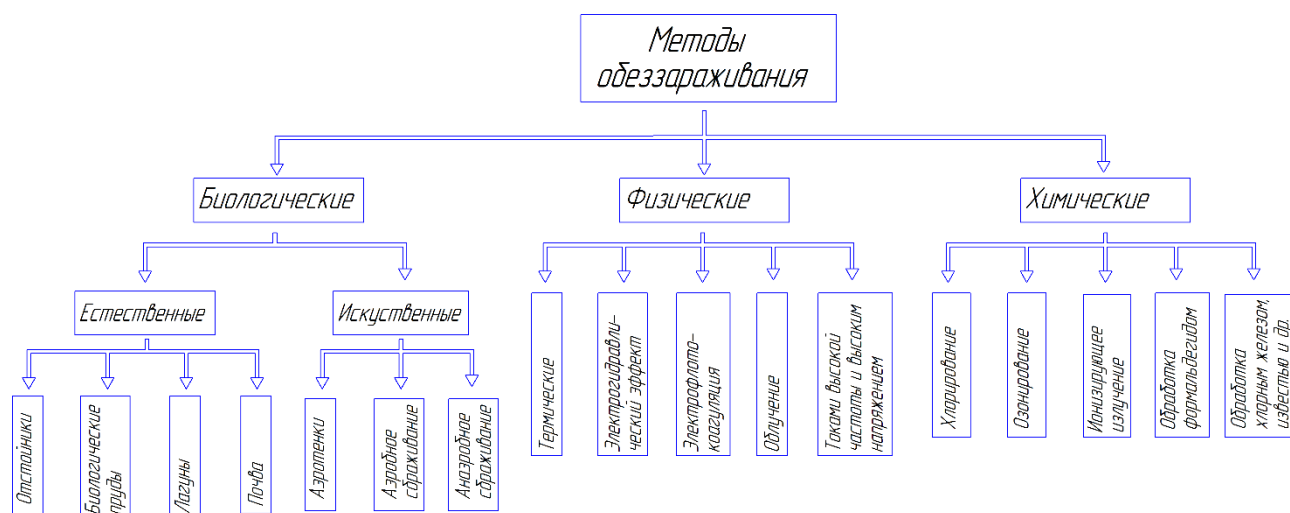


Рис. 1. Классификация методов обеззараживания навозных стоков



Обеззараживание физическими методами определяется воздействием на стоки животноводческих комплексов тепловым воздействием, облучением, электрогидравлическим эффектом и др.

Данные методы, в свою очередь, включают в себя активные и пассивные способы обработки. К обработке навозных стоков активным способом относятся механические, включающие технологии измельчения, центрифугирования, смешивания, фильтрации, прессования, аэрации, гомогенизации, флотации.

Перспективным направлением развития способов обеззараживания навозных стоков воды является обработка энергетическими полями. Применение энергии электрического или гидродинамического поля позволяет уничтожить патогенные микроорганизмы без использования химических реагентов, а создание энергетических полей может осуществляться с помощью достаточно простых технических решений. В свою очередь, наибольшим КПД в этом направлении обладает способ обеззараживания с помощью гидродинамической кавитации [8].

Сточные воды животноводческих предприятий с влажностью 98,5% при биохимической очистке могут обрабатываться в естественных условиях, к данному методу, наиболее часто используемому за границей как для обработки осветленных сточных вод, так и для обработки всей массы производственных стоков, относятся биологические пруды: окислительные, аэробные и анаэробные.

Искусственная биологическая очистка имеет низкую производительность, она производится в циркуляционно-окислительных каналах, траншеях, лагунах.

Одним из способов утилизации навозных стоков является прямое сжигание, но оно не получил распространения, так как экономически оправдано только при низкой влажности навоза, не превышающей 25%. Также при сжигании происходит выделение неприятных запахов, что приводит к загрязнению атмосферы.

В биоэнергетических установках при поддержании в них постоянной температуры и управлении анаэробным процессом получают биогаз, значительная часть которого составляет метан. Сброженная масса, называемая эффлюентом, может служить в качестве органического удобрения, также использоваться для получения витамина B12 после предварительного центрифугирования или фильтрации. Недостатком

же данного способа являются повышенные требования к условиям ведения процесса.

Также существует способ переработки навозных стоков при низком давлении, проводится при температуре 673–773 °K в инертной атмосфере и называется пиролизом, при этом способе используется дорогое оборудование и существует сложность отделения ценных веществ из многочисленных продуктов.

В последнее время вызывает интерес метод переработки навозных стоков в корма и кормовые добавки. Недостатком метода утилизации навозных стоков путем переработки в корма и кормовые добавки является низкий выход и высокая стоимость получаемого корма, а также неполное использование исходного сырья, в результате чего образуются отходы производства, которые необходимо утилизировать. Перечень способов обработки навозных стоков животноводческих предприятий в корма и кормовые добавки (например, силосование или непосредственное скармливание) не обеспечивает полного обеззараживания от патогенных микроорганизмов.

При обеззараживании химическим методом навозных стоков также добавляют различные реагенты, которые вызывают реакции окисления или восстановления и таким образом создают условия для гибели микроорганизмов, яиц и личинок гельминтов. Однако данный метод является малоэффективным и дорогостоящим, кроме того, ухудшаются удобрительные свойства навозных стоков.

При рассмотрении физических способов переработки навозных стоков, используемых в качестве удобрений, в настоящее время все большее использование получает термическая обработка в обширном диапазоне температур (от 333 до 573 °K). В этом случае полученным результатом является частичное или полное обеззараживание, без значительного снижения качества органического удобрения, а также у семян сорняков снижается всхожесть.

На этапе разработки и проектирования здания или перед составлением проекта на реконструкцию фермы или отдельных ее объектов должна быть выбрана технология уборки и утилизации навозных стоков. Снижение показателей технико-экономической эффективности может произойти из-за недооценки каждого из факторов, влияющих на выбор технологии.

Рассматривая устремление трудов по переработке навозных стоков в нашей стране и за границей за последнее время можно определить следующие тенденции:

– большое количество способов по различным физико-биологическим методам обработки навозных стоков предприятий в животноводстве;

– рост числа предложений по рациональному использованию содержащихся в жидком навозе питательных веществ с учетом защиты окружающей среды;

– рост числа патентов и авторских свидетельств по обеззараживанию и обезвоживанию навоза.

В предлагаемых в последнее время разработках практически все развитые страны мира все более широкое применение получают анаэробная переработка отходов животноводства или биогазовые установки [5, 6].

Согласно нормативно-технической документации [9, 10] в районах с умеренным климатом рекомендуется, при анаэробной переработки навоза, использовать мезофильный режим [11, 12]. Однако, по данным зарубежных ученых [13, 14], при мезофильном режиме переработки навозных стоков животноводства происходит неполное обеззараживание удобрения, что не отвечает ветеринарно-санитарным требованиям (рис. 2).

При анаэробной переработке навоза в термофильном режиме происходит полное обез-

зараживание эффлюента (рис. 2), однако при брожении в данном температурном режиме энергозатраты на собственные нужды значительно выше, чем в мезофильном, а также при термофильном режиме допускается отклонение перепада температур $\pm 0,5$ °С, что усложняет эксплуатацию [15].

Таким образом, существует необходимость в разработке устройства для обеззараживания эффлюента после переработки навоза в биогазовых установках с меньшими энергетическими и капитальными затратами. Известные же способы обеззараживания навозных стоков животноводческих предприятий дороги и малоэффективны, поэтому есть необходимость в использовании других способов обеззараживания, для повышения качества органического удобрения после переработки его в биогазовой установке [16].

Из рассмотренных выше способов обеззараживания наиболее перспективным с точки зрения энергетической эффективности является, гидродинамическая кавитации относящаяся к физическому методу. Влияние на патогенную микрофлору происходит в месте схлопывания кавитационных пузырьков, где локально появляется высокое давление и температура, а при разрушении кавитационного пузырька в жидкости образуются волны разрежения-сжатия, которые вызывают гибель бактерий.

При выборе кавитационного генератора, основываясь на требованиях технологичности, простоты, компактности, надежности и безопасности, была выбрана труба Вентури (рис. 3).

В соответствии с уравнением Д. Бернулли давление будет равно (потери пренебрегаем):

$$P_2 = P_1 - \frac{\rho}{2}(U_2^2 - U_1^2). \quad (1)$$

Давление P_2 , уменьшаясь с увлечением скорости U_2 , не может обращаться в ноль. Предел уменьшения величины давления P_2 зависит прежде всего от того, что течет по трубопроводу: газ или капельная жидкость.

Если после наиболее узкого сечения 2-2, в котором происходит кавитация, последует расширение трубы, то основная масса жидкости на этом участке будет двигаться в виде свободной струи, окруженной пенообразной смесью пузырьков пара и жидкости. Далее, ниже по течению, в некоторой точке паровая зона замкнется в стенке, и поток жидкости заполнит все сечение трубы.

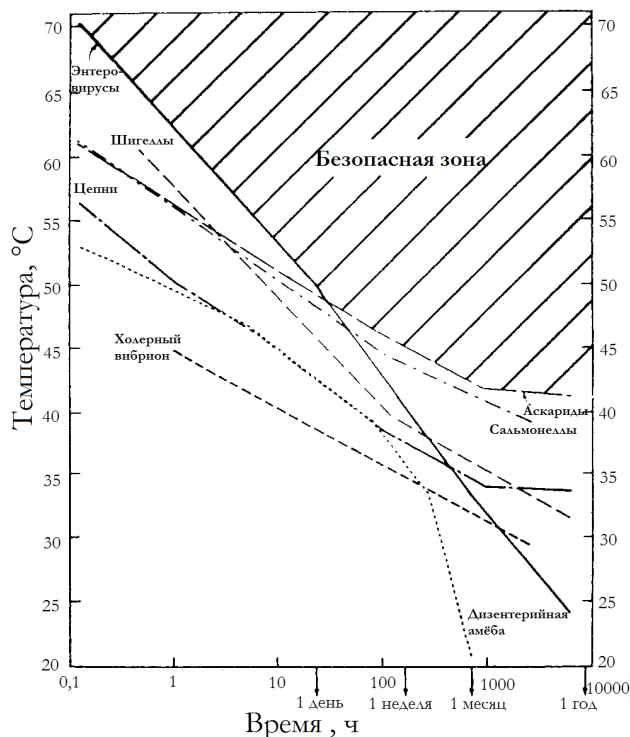


Рис. 2. Зависимость гибели сальмонеллы и яиц гельминтов от продолжительности и температуры брожения

Появление кавитации всегда вызывает увеличение сопротивления, то есть добавочную потерю энергии. Составим уравнение Д. Бернулли (рис. 3):

– для сечения 1-1 и 2-2

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 U_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 U_2^2}{2g} + \zeta_c \frac{U_2^2}{2g}; \quad (2)$$

– для сечения 1-1 и 3-3

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 U_1^2}{2g} = \frac{P_3}{\gamma} + \frac{\alpha_3 U_3^2}{2g} + (\zeta_c + \zeta_d) \frac{U_2^2}{2g}, \quad (3)$$

где P_1, P_2, P_3 – соответственно давление в сечениях 1-1, 2-2, 3-3;

U_1, U_2, U_3 – соответственно скорость в сечениях 1-1, 2-2, 3-3;

ζ_c, ζ_d – соответственно коэффициент сопла, диффузора;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – соответственно коэффициент Кориолиса в сечениях 1-1, 2-2, 3-3;

Для того, чтобы кавитацией была охвачена по возможности наибольшая зона после сечения 2-2 необходимо обеспечить, чтобы давление P_3 стремилось к давлению насыщенного пара.

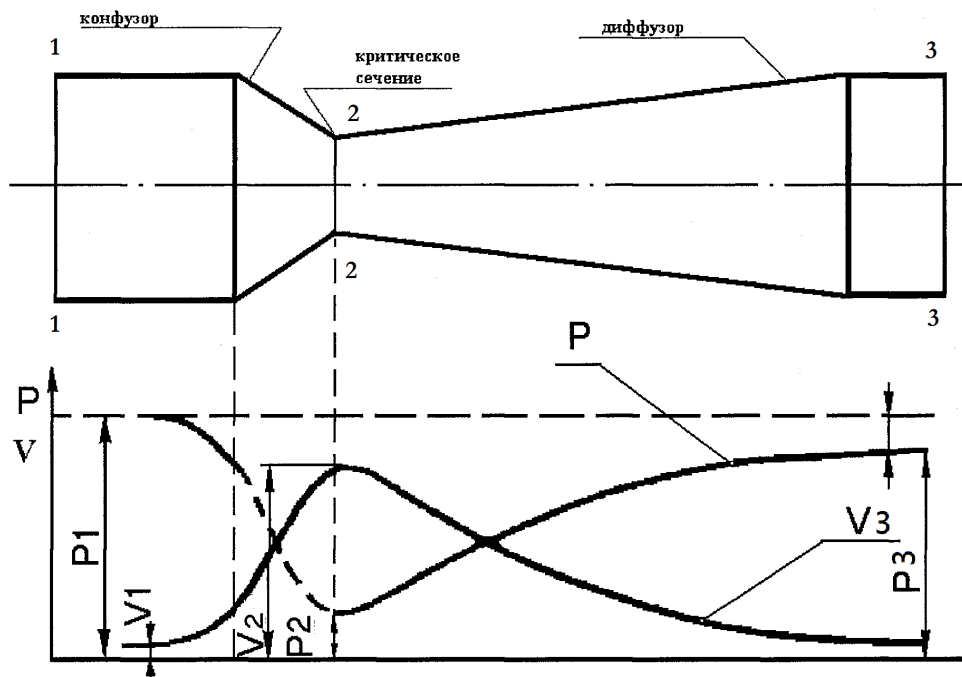


Рис. 3. Схема кавитационного течения в трубе Вентури

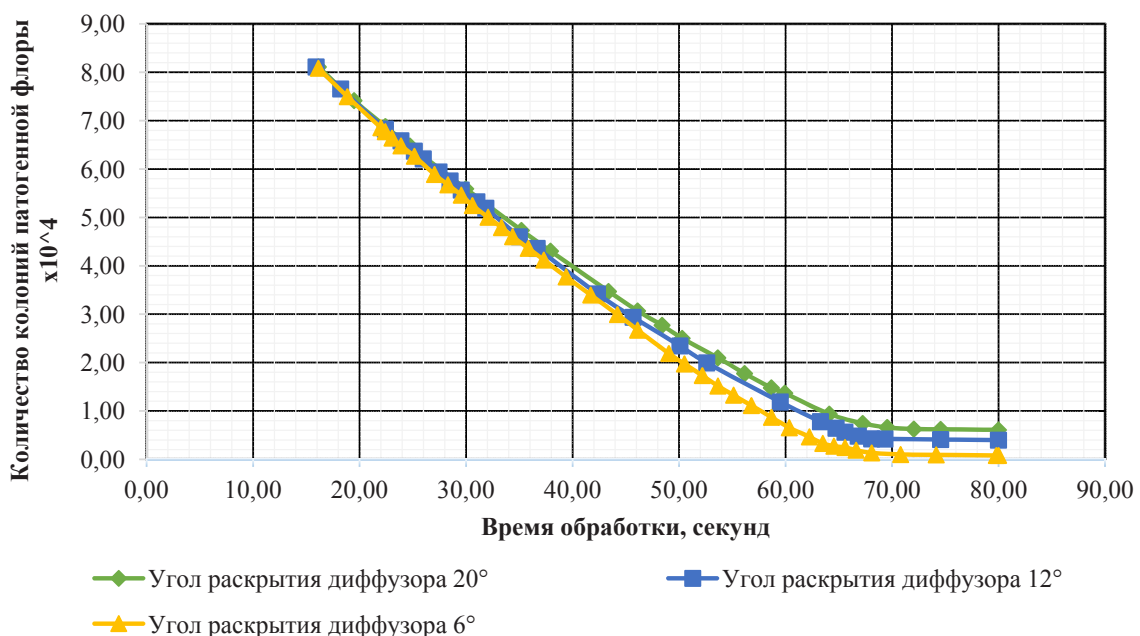


Рис. 4. Зависимость количества колоний патогенной флоры от времени обработки пробы в кавитационном поле

Таким образом, подведенная к соплу Вентури энергия главным образом в виде давления, расходуется на преодоление гидравлических сопротивлений, которые в основном зависят от скорости движения эффуэнта в узком сечении 2-2. Скорость U_2 принципиально уменьшить нельзя, а наоборот, по возможности получить большей в целях более развитой кавитации. Поэтому на величину гидравлических потерь можно воздействовать, изменяя коэффициенты сопротивления ζ_c и ζ_d , что весьма ограничено. Эти коэффициенты зависят от угла диффузора, например, при $\alpha = 10^\circ$; $\zeta_c = 0,07$; $\zeta_d = 0,09$.

Из сказанного выше следует, что к устройству типа «сопло Вентури», должна быть подведена обрабатываемая жидкость под высоким давлением.

Для подтверждения теоретических положений проведены экспериментальные исследования в лабораторных условиях. При этом использовалась конструкция кавитационного генератора типа «Труба Вентури» выполненного из органического стекла и бронзы, а необходимое возмущение создавалось за счет изменения угла диффузоров, которые равны 6,12 и 20°.

При подаче 1,0...1,1 л/с давление на входе в генератор составило от 115 до 145 атмосфер, что обеспечило скорость обрабатываемых стоков в узкой части генератора более 100 м/с.

В ходе экспериментальных исследований получены данные, которые позволяют сделать вывод о положительном эффекте предлагаемого метода. Результаты исследования после обработки данных приведены на рисунке 4.

При обработке органического удобрения в установке угол диффузора в 20° оказался наиболее эффективным, в котором за один проход количество колоний патогенной микрофлоры снизилось в 28 раз, а коли-титр увеличился на один порядок [17].

Для определения основных факторов, влияющих на потребление мощности электродвигателем, составим уравнение мощности, потребляемой двигателем:

$$N = N_{\Delta H} + N_r + N_{x.x}, \quad (4)$$

где N – мощность, потребляемая двигателем, Вт;

$N_{\Delta H}$ – мощность, идущая на повышение напора жидкости, Вт;

N_r – мощность, затрачиваемая на преодоление гидравлических сопротивлений, Вт;

$N_{x.x}$ – мощность, затрачиваемая на преодоление потерь энергии в электродвигателе, ремен-

ной передачи и подшипниках (мощность холостого хода), Вт.

Мощность N_H , затрачиваемая на сообщение жидкости напора, определяется по известной формуле:

$$N_H = \rho \cdot g \cdot Q_{\text{л}} \cdot H_t, \quad (5)$$

где ρ – плотность жидкости, кг/м³;

$Q_{\text{л}}$ – объемный расход жидкости, м³/с;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

H_t – теоретический напор, создаваемый ротором, м.

Часть создаваемого ротором напора расходуется на преодоление гидравлических сопротивлений. Мощность, затрачиваемая на преодоление гидравлических сопротивлений, определяется по следующей формуле:

$$N_r = \rho \cdot g \cdot Q_{\text{л}} \cdot \sum h, \quad (6)$$

где $\sum h$ – суммарные потери напора, м.

Мощность $N_{\Delta H}$, затраченная на создание остаточного напора ΔH , будет равна разности предыдущих двух мощностей, т.е.

$$N_{\Delta H} = \rho \cdot g \cdot Q_{\text{л}} \cdot (H_t - \sum h) = \rho \cdot g \cdot Q_{\text{л}} \cdot \Delta H. \quad (7)$$

Мощность $N_{x.x}$ на преодоление механических потерь в двигателе и передачах может быть выражена в процентах от полезной мощности и учтена механическим КПД установки.

Подставив выражения 6,7 в выражение 4 с учетом того, что

$$H_t = \Delta H + \sum h$$

получим

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_{\text{л}} \cdot H_t}{\eta_{\text{мех}}}, \quad (8)$$

где $\eta_{\text{мех}}$ – механический КПД установки.

Из формулы 8 видно, что основными факторами, влияющими на потребление мощности, являются расход жидкости, падение давления, возникающее в результате прохождения потока через местные сопротивления, а также ее плотность.

Выводы

1. При анаэробной переработке бесподстилочного навоза КРС в рекомендуемом мезофильном режиме брожения происходит лишь



частичное обеззараживание эффлюента, что не соответствует ветеринарно-санитарным требованиям.

2. Лабораторные исследования процесса обеззараживания эффлюента в кавитационном поле, с целью последующего их использования в качестве удобрения и для орошения сельскохозяйственных культур, показали положительный эффект предлагаемого физического метода.

3. Скорость гибели микроорганизмов возрастает с увеличением времени воздействия и температуры.

4. Определены основные факторы, влияющие на потребление мощности электродвигателем.

Список литературы

1. Шерьязов С. К., Пташкина-Гирина О. С. Особенности использования возобновляемой энергии в сельском хозяйстве // Вестник ЧГАА. 2013. Вып. 66. С. 95–101.
2. Гюнтер Л. И., Гольдфарб Л. Л. Метантенки. М. : Стройиздат, 1991. 128 с.
3. Biogas. Handbook. 2009. Режим доступа : <http://www.lemvigbiogas.com/BiogasHandbook.pdf>.
4. Biogas – green energy. Process. Design. Energy supply. Environment. 2009. Режим доступа : <http://www.lemvigbiogas.com/BiogasPJJuk.pdf>.
5. Шерьязов С. К., Телюбаев Ж. Б. Анализ способов переработки навоза животных для получения биогаза // Материалы всерос. науч.-практ. конф. «Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии». Екатеринбург : УрФУ, 2016. С. 667–670.
6. Цугленок Н. В., Шерьязов С. К., Бастрон А. В. Рациональное сочетание традиционных и возобновляемых источников энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей : монография. Красноярск : Изд-во КрасГАУ, 2012. 322 с.
7. Шерьязов С. К., Васенев В. В., Телюбаев Ж. Б. Методы повышения эффективности переработки биомассы в биогазовой установке // Материалы LV междунар. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству». Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2016. С. 230–236.
8. Пирсол И. Кавитация. М. : Мир, 1975. 96 с.
9. РД-АПК 1.10.15.02-08. Система рекомендательных документов агропромышленного комплекса министерства сельского хозяйства Российской Федерации Рекомендательные документы : метод. рек. по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. М., 2008. С. 21–23.
10. ГОСТ 26074-84 (СТ СЭВ 2705-80). Навоз жидкий. Ветеринарно-санитарные требования к обработке, транспортированию и использованию. Введ. 1984-07-01.
11. ГОСТ 33380-2015. Межгосударственный стандарт. Удобрения органические. ЭФФЛЮЕНТ. Технические условия. М. : Стандартинформ, 2016. 15 с.
12. ГОСТ Р 52808-2007. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Национальный стандарт Российской Федерации. Нетрадиционные технологии. Энергетика биоотходов. Термины и определения. М. : Стандартинформ, 2008. 15 с.
13. Strauch D. Survival of pathogenic microorganisms and parasites in excreta, manure and sewage sludge // Journal of Civil & Environmental Engineering. 1991. 34 p.
14. Rosen Barry H. Waterborne Pathogens in Agricultural Watersheds. WSSI, School of Natural Resources, University of Vermont, Burlington, 2000. 64 p.
15. Шерьязов С. К. Возобновляемые источники в системе энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей : монография. Челябинск, 2008. С. 169–172.
16. Шерьязов С. К., Пташкина-Гирина О. С. Использование возобновляемых источников энергии в сельском хозяйстве : учеб. пособ. для вузов. Челябинск : ЧГАА, 2013. 280 с.
17. Пташкина-Гирина О. С., Щирий В. Д. О возможности обеззараживания сточных вод животноводческих комплексов в кавитационном поле // Материалы LI междунар. науч.-практ. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству». Челябинск : ЧГАА, 2012. С. 135–138.

Телюбаев Жаслан Барлыкович, аспирант кафедры «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ.

E-mail: telyubaev@yandex.ru.

* * *

THE HEADING «SEGETAL VEGETATION AND METHODS OF ITS CONTROL IN AGRICULTURAL CROPS SOWING»

The effect of weed infestation degree on spring wheat, maize and sunflower productivity

O. M. Doronina

The article deals with the analysis of the results of the field research conducted in the northern forest-steppe of the Chelyabinsk region (the Institute of Agroecology of the South Ural State Agrarian University) in 2009-2016. The aim of this work is to study the effect of weed infestation degree on the productivity of spring wheat, maize and sunflower. During the research, it was revealed that the sowings of the main field crops in the Chelyabinsk region with typical cultivation technology are contaminated to medium and strong extent. This is due to the high potential contamination of the soil with seeds of juvenile weeds and vegetative rudiments of reproduction of perennial plants. In addition, it is caused by a short vegetation period that does not allow to apply effective methods of weed controlling in pre- and post-harvest periods. The decrease in crop productivity under the influence of weeds occurs due to all the main elements of the crop structure. Since the yield components associated with weed infestation are formed at different stages of crops development, this indicates a long negative effect of weeds on cultivated plants. Based on the correlation-regression analysis, it has been determined that maize is the most sensitive to weeds; its crop productivity decreases on average by 1.4 t/ha with an increase in the weeds biomass per gram on an area of 1 square meter. Spring wheat with closed haulm stand is somewhat less sensitive to weed infestation; it reduces the productivity by 0.73 kg per each additional gram of weed biomass. Sunflower is the most competitive due to its high leaf coverage and early closure of the rows. However, the harmfulness of weed plants for this crop is also rather high (0.45 kg/g).

Keywords: spring wheat, maize, sunflower, weed infestation, the crop productivity.

References

1. Gataulina G. G., Dolgodvorov V. E., Ob'edkov M. G. Tekhnologiya proizvodstva produkci rastenievodstva / pod red. prof. G. G. Gataulinoj. M. : KolosS, 2007. 528 s.
2. Gavrilova V. A., Anisimova I. N. Podsolnechnik. SPb., 2003.
3. Taskaeva A. G., Doronina O. M., Konovalov A. E. Bor'ba s sornyakami v trekhpol'nyh sevooborotah s ispol'zovaniem agrotekhnicheskogo i himicheskogo metodov // Problemy agrarnogo sektora Yuzhnogo Urala i puti ih resheniya : sb. nauch. tr. Chelyabinsk : CHGAU, 2002. Vyp. 3. S. 82–85.
4. Krasnozhon S. M. Vliyanie ehlementov tekhnologii vzdelyvaniya na sornyj komponent agroce-noza yarovoj pshenicy // APK Rossii. 2015. T. 74. S. 134–140.
5. Panfilov A. Eh., Ivanova E. S. Preduborochnaya i posleuborochnaya dinamika vlazhnosti zerna kukuruzy v svyazi s desikaciej posevov // Kukuruza i sorgo. 2007. № 5. S. 10–14.
6. Panfilov A. Eh., Sinicya O. B. Optimizaciya tekhnologicheskikh skhem kontrolya zasorennosti v posevah kukuruzy // Kukuruza i sorgo. 2012. № 4. S. 25–28.
7. Mal'cev A. I. Sornaya rastitel'nost' SSSR i mery bor'by s nej. M. ; L., 1962. S. 244–260.
8. Panfilov A. Eh. Scenarnyj podhod k kontrolyu zasorennosti kukuruzy v lesostepi Zaural'ya // APK Rossii. 2014. T. 70. S. 198–204.
9. Kazakova N. I. Urozhajnost' i vlazhnost' zerna pri razlichnyh srokah poseva kukuruzy v lesostepi Zaural'ya // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2011. № 9 (83). S. 8–11, 12.
10. Saitov S. B. Effektivnost' mezotriona v kontrole zasorennosti kukuruzy // Sel'skohozyajstvennye nauki – agropromyshlennomu kompleksu Rossii : mater. mezhdunar. nauch.-prakt. konferencii / pod red. M. F. Yudina. Chelyabinsk : FGBOU VO Yuzhno-Ural'skij GAU, 2017. 158 s.
11. Bor'ba s sornyakami v posevah podsolnechnika // Yarovye maslichnye kul'tury / pod obshch. red. V. A. Shcherbakova. Rezhim dostupa : http://agroden.ru/publ/rastenievodstvo/borba_s_sornjakami_v_posevakh_podsolnechnika/7-1-0-28.
12. Abdullaeva Ya. A., Hablak S. G. Vliyanie gerbicidov na zasorennost' posevov i urozhajnost' podsolnechnika // Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2014. № 2 (26). S. 6–9.



13. Tillage effects on weed communities in an organic winter wheat-sunflower-spelt cropping sequence / F. X. Sans, A. Berner, L. Armengot, P. Mäder// Weed research. Vol. 51. P. 413–421.
14. Pohorukov Yu. A. Zasorennost' posevov podsolnechnika v zavisimosti ot osnovnoj obrabotki pochvy // Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki. 2012. № 4. S. 126–129.
15. Vliyanie osnovnoj obrabotki pochvy na zasorennost' podsolnechnika i ego produktivnost' / A. V. Makoveev [i dr.] // Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 112. S. 1402–1423.

Doronina Olga Mikhailovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department "Agrotechnology, Selective Breeding and Seed Growing", FSBEI HE "South Ural State Agrarian University".

E-mail: olga.doronina.1956@mail.ru.

Interaction of cross-spectrum herbicide and inter-row treatments in combined schemes for controlling corn weed infestation

A. E. Panfilov, I. N. Tsymbalenko, N. I. Kazakova, S. B. Saitov

In the conditions of the forest-steppe Zauralye, the control of young gramineous weeds during corn growing is the most challenging. In typical cases, technological control schemes for segetal vegetation should provide long-term protection of cultivated plants using an optimized complex of chemical agents and mechanical methods. This paper presents the results of long-term field studies. The objects of these studies are the cultural and weed components of corn agrophytocenosis, as well as the cross-spectrum herbicides of three groups: soil, postemergence with predominantly trans-laminar and combined mode of action, combining trans-laminar activity with prolonged soil effect. The aim of the research is to identify the role of herbicides with different mode of action and inter-row treatment in combined schemes for controlling corn weed infestation. During the research, it has been revealed that the optimal technological schemes for the corn sowing tending include the use of cross-spectrum herbicides, mainly post-emergence, in combination with a minimal set of inter-row treatments. In this case, their multiplicity depends on the type of herbicide and the resource potential of an enterprise. When there is a shortage of working capital in the spring-summer period, a satisfactory result is achieved by successive implementation of three technological operations: herbicide application, inter-row cultivation and plants hilling to suppress weeds in protective zones. On the contrary, a shortage of labor resources makes the technological schemes preferable. They differ in strengthening the chemical and the reduction of mechanical loads on soil. The highest productivity in combination with maximum economic efficiency is ensured by the use of post-emergence cross-spectrum herbicides with a screen action, against which the mechanical plant tending is reduced to one cultivation of inter-rows, and the total number of operations is reduced to two.

Keywords: corn, segetal vegetation, weed infestation, herbicides, harrowing, tending, inter-row treatment, hilling, productivity.

References

1. Doronina O. M. Produktivnost' kukuruzy v zavisimosti ot stepeni zasorennosti // Materialy LIV mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. «Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu» / pod red. P. G. Svechnikova. Chelyabinsk : CHGAA, 2015. S. 118–122.
2. Doronina O. M. Ispol'zovanie promezhutochnykh kul'tur i ehlektricheskogo toka vysokogo napryazheniya v bor'be s sornymi rasteniyami v lesostepnoj zone Yuzhnogo Urala : dis. ... kand. s.-h. nauk. CHelyabinsk, 1999. 169 s.
3. Krasnozhon S. M. Effektivnost' primeneniya gerbicidov pri obrabotke chistogo para // Materialy LIV mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. «Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu» / pod red. P. G. Svechnikova. Chelyabinsk : CHGAA, 2015. S. 129–134.
4. Korystin E. S. Graminicy v posevah kukuruzy: osobennosti primeneniya v severnoj lesostepi // Vestnik CHGAU. 2006. T. 46. S. 117–122.

5. Barnakov N. V., Shuhanov N. L. Mezhduryadnye obrabotki i gerbicydy // Kukuруза i sorgo. 1988. № 3. S. 33–34.
6. Azarenkova A. S. Effektivnost' okuchivaniya // Kukuруза i sorgo. 1990. № 3. S. 27.
7. Karpenko V. D. Optimal'nye parametry i rezhimy boronovaniya posevov kukuрузы // Kukuруза i sorgo. 2000. № 6. S. 3.
8. Kashevarov N. I. Vliyanie priemov uhoda i gerbicidev na urozhajnost' kukuрузы v Lesostepi Priob'ya // Intensifikatsiya kormoproizvodstva v Sibiri. Novosibirsk, 1986. S. 76–85.
9. Livochka V. P., Petrov G. N. Vliyanie sposobov bor'by s prosom volosovidnym na dinamiku vidovogo sostava sornyakov // Tekhnologiya vozdel'yvaniya i urozhaj kukuрузы i sorgo. Kishinev : Shtiinca, 1989. S. 74–79.
10. Cikov V. S., Matyuha L. A. Intensivnaya tekhnologiya vozdel'yvaniya kukuрузы. M. : Agropromizdat, 1989. 247 s.
11. Kazakova N. I. Urozhajnost' i vlazhnost' zerna pri razlichnyh srokah poseva kukuрузы v lesostepi Zaural'ya // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2011. № 9. S. 8–11.
12. Lazic V. Analiza kvaliteta i prinosnog efekta medjuredne kultivacije kukuруза // Vojvodjansko drustvo za poljoprivrednu tehniku. Novi Sad, 1990.
13. Weed suppression and crop productivity by different arrangement patterns of maize / M. Simic [et al.] // Plant, soil and environment, 58, 2012 (3). P. 148–153.
14. Hailegiorgis M., Huluka M., Mekuria M. Determination of the critical period of weed control and the effect of a mixed weed population on maize (*Zea mays*) yield and yield components // Scientific World Journal. 2012. № 7. P. 253–267.
15. Gluhih M. A. Soderzhanie gumusa v pochve i urozhaj // Zemledelie. 1994. № 3. S. 5.
16. Kazakova N. I. Differenciatsiya apikal'nyh meristem ul'trarannego i rannespelogo gibridov kukuрузы v lesostepi Yuzhnogo Zaural'ya // Kukuруза i sorgo. 2011. № 4. S. 31–33.
17. Combined mechanical-chemical weed control in corn-experiences of several yearly trials in Bavaria / M. Estler, L. Resch, H. Kees, A. Lutz // Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. Sonderheft. 1992. № 13. S. 637–646.
18. Effectiveness of flame weeding and cultivation for weed control in organic maize / S. Stepanovic [et al.] // Biological agriculture & horticulture. 2016. Vol. 32. P. 47–62.
19. The effect of inter-row cultivation on yield of weed-free maize / Werf, H.M.G. van der; Klooster, J.J.; Schans, D.A. van der; Boone, F.R.; Veen, B.W. // Journal of agronomy and crop science. 1986. Vol. 166. P. 249–258.
20. Vaulin A. Yu. Vnesenie gerbicidev pri vyrashchivanii soi v usloviyah Yuzhnogo Urala // Agrarnyj vestnik Urala. 2010. № 2 (68). S. 50–52.
21. Bagrinceva V. N., Kuznecova S. V., Guba E. I. Poslevskhodovye gerbicydy s pochvennym dejstviem dlya kukuрузы // Kukuруза i sorgo. 2015. T. 1. № 1. S. 22–26.
22. Bagrinceva V. N., Kuznecova S. V., Guba E. I. Gerbicid Adengo na kukuрузе // Zashchita i karantin rastenij. 2015. № 9. S. 47.
23. Panfilov A. Eh., Saitov S. B. Effektivnost' tienkarbazon-metila v kontrole zasorennosti kukuрузы // Kukuруза i sorgo. 2015. T. 1. № 3. S. 15–19.
24. Ivanova E. S. Obosnovanie optimal'nyh srokov primeneniya gerbicidev kross-spektra v posevah kukuрузы v Zaural'e // Kukuруза i sorgo. 2016. № 1. S. 19–24.

Panfilov Alexey Eduardovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Ecology, Agrochemistry and Plant Protection, FSBEI HE “South Ural State Agrarian University”.

E-mail: al_panfilov@mail.ru.

Tsybalenko Ivan Nikolayevich, Candidate of Agricultural Sciences, the Head of Agriculture Department, FSBSI “Kurgan Scientific Research Institute of Agriculture”.

E-mail: kniish@ketovo.zaural.ru.

Kazakova Natalia Ivanovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department “Agrotechnology, Selective Breeding and Seed Growing”, FSBEI HE “South Ural State Agrarian University”.

E-mail: nauka@insagro.ru.



Saitov Salimkhan Bukumbayevich, post-graduate student, FSBEI HE “South Ural State Agrarian University”.

E-mail: stepnai@bk.ru.

Hermes herbicide application in sunflower cultivation

Yu. Ya. Spiridonov, N. I. Budynkov, R. A. Avtayev, N. I. Strizhkov, N. B. Suminova, M. A. Dauletov

Experimental data of scientific research obtained in ARI of the South-East region has shown the possibility of increasing the sunflower productivity depending on the application timing of the modern domestic Hermes herbicide 1.0 l/ha. Its effect on the phytosanitary state of sowing and crop productivity in the conditions of the Lower Volga region has been studied for three years (2014-2016). The highest results in the fight against weed plants in sunflower were obtained when it was treated in phase of 2 and 4 leaves. The number of weed plants was 15-28 times less in the experimental variants than in the control ones including perennial by 6-7.5 times, annual by 15-29 times, that is, biological effectiveness against annual weeds was 93.4-96.6 %, perennial 83.8-87.1 %, and all weed plants 93.3-96.5 %. The herbicide was highly effective throughout the growing season. Before harvesting, the overall weed infestation decreased by 89.0-92.7 %, and the weight of weed plants reduced to 93.3-96.5 % when applying the herbicide. The efficiency was lower when the crops were treated in later phases of 6, 8 or 10 leaves. So the application of the herbicide in the 6-leaves phase reduced the weed infestation by 90.1 %; in the 8-leaves phase by 84.1 %; in the 10-leaves phase by 72.4 %. When agrotechnical techniques (2 cultivations) are used, it decreased only by 30.0 %. The use of Hermes herbicide contributed to a significant increase in the crop productivity. The best results for increasing the productivity were obtained when the herbicide was applied in the 4-leaves phase (0.84 t/ha (55.6 %)). When applying the herbicide in the 2-leaves phase, the result was slightly less (0.73 t/ha (48.3 %)). Its use in the 6-leaves phase contributed to the crop preservation (0.68 t/ha (45.1 %)); in the 8-leaves phase (0.56 t/ha (37.1 %)); in the 10-leaves phase (0.49 t/ha (32.5 %)). The smallest increments (0.25 t/ha) were due to the use of two cultivations with the crop productivity at the control 1.51 t/ha.

Keywords: sunflower, weed, disease, herbicide, crop productivity.

References

1. Effektivnost' gerbicidov i protravitelej v posevah ovsa / I. D. Es'kov, D. R. Lenovich, N. I. Strizhkov, S. S. H. Ataev // Nauchnoe obozrenie. 2012. № 5. S. 80–83.
2. Mnogoletnie travy kak pedshestvenniki i fitomelioranty zernovykh kul'tur / E. P. Denisov [i dr.] // Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N. I. Vavilova. 2013. № 11. S. 23–27.
3. Kompleksnye mery bor'by s vrednymi organizmami, vodnyj i pishchevoj rezhim v posevah kukuрузы, ovsa na chernozemah Povolzh'ya / Yu. Ya. Spiridonov [i dr.] // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2016. № 5. S. 39–42.
4. Bor'ba s vrednymi organizmami na posevah polevykh kul'tur / Yu. Ya. Spiridonov [i dr.] // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2016. № 9. S. 43–48.
5. Tekhnologiya vozdel'yvaniya yarovoj tverdoj pshenicy s primeneniem Sekatora turbo, Baritona, Fal'kona, Nagro i drugih preparatov / Yu. Ya. Spiridonov [i dr.] // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2017. № 3. S. 30–36.
6. Kamenchenko S. E., Strizhkov N. I., Naumova T. V. Vredonosnost' ostrogolovykh klopov na zernovykh kul'turah v Povolzh'e // Zemledelie. 2015. № 2. S. 37–38.
7. Kamenchenko S. E., Strizhkov N. I., Naumova T. V. Ekologo-biocenoticheskie zakonomernosti razmnozheniya lugovogo motyl'ka v agrocenozakh Nizhnego Povolzh'ya // Zemledelie. 2013. № 3. S. 37–39.
8. Kamenchenko S. E., Strizhkov N. I., Naumova T. V. Faktory, vliyayushchie na dinamiku populyacij vrednykh saranchovykh v Nizhnem Povolzh'e // Zemledelie. 2012. № 1. S. 41–43.
9. Lebedev V. B., Strizhkov N. I. Osnovnye napravleniya bor'by s pyreem polzuchim // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2007. № 8. S. 30–31.

10. Lebedev V. B., Strizhkov N. I. Sistemy zashchity ot sornyakov v sevooborote // Agro HKHI. 2008. № 1–3. S. 14–15.
11. Vliyanie himicheskikh sredstv zashchity na obmennye processy v rasteniyah, ih himicheskij sostav, prohozhdenie fenofaz / V. B. Lebedev [i dr.] // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2007. № 5. S. 18–20.
12. Lebedev V. B., Strizhkov N. I. Posledejstvie gerbicidov v sevooborote // Agro HKHI. 2007. № 4–6. S. 43–44.
13. Strizhkov N. I. Ekologicheski obosnovannye minimal'no neobhodimye normy i sroki primeneniya gerbicidov na polevyh kul'turah // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2007. № 9. S. 19–20.
10. Vliyanie razlichnyh faktorov na formirovanie vidovogo sostav sornyakov i uroven' zasorennosti kul'tur v sevooborotah Povolzh'ya / N. I. Strizhkov [i dr.] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2010. № 5. S. 15–17.
14. Strizhkov N. I. Porogi vredonosnosti sornyh rastenij i optimal'nye sroki // Zernovoe hozyajstvo. 2007. № 3–4. S. 39–40.
15. Effektivnost' primeneniya gerbicidov na posevah sudanskoj travy sorta Zonal'skaya 6 / M. N. Hudenko [i dr.] // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2015. № 2. S. 34–37.

Spiridonov Yuriy Yakovlyevich, Doctor of Biological Sciences, Academician, Professor, the Head of Herbology Department, FSBSI “All-Russian Scientific-Research Institute of Phytopathology”.

E-mail: spiridonov@vniif.rosmail.com.

Budynkov Nikolai Ivanovich, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher of Ecology of Agricultural Microorganisms Laboratory, FSBSI “All-Russian Scientific-Research Institute of Phytopathology”.

E-mail: oranzar@yandex.ru.

Avtaev Ruslan Aptievich, deputy Director, FSBSI “Scientific Research Institute of Agriculture of the Southeast”.

E-mail: raiser-saratov@mail.ru.

Strizhkov Nikolai Ivanovich, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher of Plant Protection Laboratory, FSBSI “Scientific Research Institute of Agriculture of the Southeast”.

E-mail: raiser-saratov@mail.ru.

Suminova Natalia Borisovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department “Plant Protection and Fruit and Vegetable Growing”, FSBEI HE “Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov”.

E-mail: suminovan@mail.ru.

Dauletov Makhat Askarbekovich, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer of the Department “Botany, Chemistry and Ecology”, FSBEI HE “Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov”.

E-mail: mahatd@mail.ru.

Flax cultivation with the Sekator Turbo, Furore Super, Bariton and other herbicides application in the Volga region conditions

**Yu. Ya. Spiridonov, N. I. Budynkov, R. A. Avtayev, N. I. Strizhkov,
N. B. Suminova, E. E. Kritskaya**

The article deals with the effect of disinfectants, herbicides, insecticides on harmful organisms, crop productivity and the flax seeds quality of the variety Zolotistyi cultivated on the southern black soils. In the course of the studies, it has been revealed that presowing seed treatment with Bariton (1.5 l/t) results in an 83.1 % reduction in anthracnose infestation. It has been found that the use of herbicides (Sekator



Turbo of 0.08 l/ha in a tank mixture with Furore Super 0.9 l/ha) contributed to a decrease in weed infestation by perennial dicotyledonous weeds by 90.1 %, annual dicotyledonous by 93.5 %, annual monocots by 97.2 %. The total weed infestation decreased by 95.1 %, before harvesting it reduced to 90.6 %. In this case, the weight of weed plants decreased by 94.6 %. The most notable reductions occurred in annual monocotyledonous weeds (97.0 %), dicotyledonous weeds (94.4 %), in perennial dicots weeds (91.7 %). Sowing treatment with insecticide Decis prof 0.25 kg/ha reduced the number of linseed fleas by 96.2 %. Combined application of herbicides has contributed to the flax yield preservation on average by 0.54 t/ha (98.2 %) for 2013-2016. The highest contribution to this indicator was obtained using herbicides. The preserved yield from the effect of herbicides in relation to the control was 0.35 t/ha (64.8 %). Insecticide was in the second place 0.1 t/ha (18.5 %), seed treater took the last place 0.09 t/ha (16.4 %). Combined measures for fighting with pests not only positively affected the preservation of the yield, but definitely influenced its quality. The protein content increased from 15.4 (control) to 18.6 %. Structural analysis shows that the additional crop productivity in these variants has been obtained due to higher indicators: the number of plants preserved for harvesting, the number of seeds in the box and the weight of 1000 seeds. The increment of the protected yield is obtained due to the combined effect of all the components included in the integrated protection system (treater, herbicide, insecticide). This indicator can vary depending on the prevailing weather conditions, diseases severity, weeds and pests.

Keywords: flax, weed, disease, pest, herbicide, fungicide, seed treater, insecticide, crop productivity.

References

1. Denisov E. P., Solodovnikov A. P., Mokin A. S. Uluchshenie agrofizicheskikh svojstv yuzhnykh chernozemov pod vliyaniem mnogoletnih // Kormoproizvodstvo. 2006. № 3. S. 19–21.
2. Kompleksnye mery bor'by s vrednymi organizmami, vodnyj i pishchevoj rezhim v posevah kuku-ruzy, ovsa na chernozemah Povolzh'ya / Yu. Ya. Spiridonov [i dr.] // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2016. № 5. S. 39–42.
3. Tekhnologiya vozdeystviya yarovoj tvrdoj pshenicy s primeneniem Sekatora turbo, Baritona, Fal'kona, Nagro i drugih preparatov / Yu. Ya. Spiridonov [i dr.] // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2017. № 3. S. 30–36.
4. Bor'ba s vrednymi organizmami na posevah polevykh kul'tur / Yu. Ya. Spiridonov [i dr.] // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2016. № 9. S. 43–48.
5. Kamenchenko S. E., Strizhkov N. I., Naumova T. V. Vredonosnost' ostrogolovykh klopov na zernovykh kul'turah v Povolzh'e // Zemledelie. 2015. № 2. S. 37–38.
6. Kamenchenko S. E., Strizhkov N. I., Naumova T. V. Ekologo-biocenoticheskie zakonomernosti razmnozheniya lugovogo motyl'ka v agrocenozah Nizhnego Povolzh'ya // Zemledelie. 2013. № 3. S. 37–39.
7. Kamenchenko S. E., Strizhkov N. I., Naumova T. V. Faktory, vliyayushchie na dinamiku populyacij vrednykh saranchovykh v Nizhnem Povolzh'e // Zemledelie. 2012. № 1. S. 41–43.
8. Lebedev V. B., Strizhkov N. I. Osnovnye napravleniya bor'by s pyreem polzuchim // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2007. № 8. S. 30–31.
9. Regional'nye kriterii ocenki poter' urozhaya pshenicy ot vrednykh organizmov / V. B. Lebedev, D. A. Yusupov, N. I. Strizhkov, S. E. Kamenchenko // Agro XXI. 2003. № 7–12. S. 11–14.
10. Front'er dlya zashchity nuta / V. B. Lebedev [i dr.] // Zashchita i karantin rastenij. 2003. № 12. S. 28.
11. Lebedev V. B., Strizhkov N. I., Kalmykov S. I. Chemu uchit opyt Povolzh'ya // Zashchita i karantin rastenij. 2007. № 3. S. 32–35.
12. Lebedev V. B., Strizhkov N. I. Posledejstvie gerbicidov v sevooborote // Agro HKHI. 2007. № 4–6. S. 43–44.
13. Strizhkov N. I. Ekologicheski obosnovannye minimal'no neobhodimye normy i sroki primeneniya gerbicidov na polevykh kul'turah // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2007. № 9. S. 19–20.
14. Vliyanie razlichnykh faktorov na formirovanie vidovogo sostava sornyakov i uroven' zasorennosti kul'tur v sevooborotah Povolzh'ya / N. I. Strizhkov [i dr.] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2010. № 5. S. 15–17.
15. Gerbicid evro-lajtning v posevah podsolnechnika / N. I. Strizhkov, V. B. Lebedev, A. P. Silkin, Yu. I. Mulin // Zashchita i karantin rastenij. 2009. № 2. S. 31–32.

16. Strizhkov N. I. Integrirrovannye sistemy zashchity sel'skohozyajstvennyh kul'tur ot sor-noj rastitel'nosti v polevyh sevooborotah chernozemnoj stepi Povolzh'ya : dis. ... d-ra s.-h. nauk / NII sel'skogo hozyajstva Yugo-Vostoka. Saratov, 2007.

Spiridonov Yuriy Yakovlyevich, Doctor of Biological Sciences, Academician, Professor, the Head of Herbology Department, FSBSI "All-Russian Scientific-Research Institute of Phytopathology".

E-mail: spiridonov@vniif.rosmail.com.

Budynkov Nikolai Ivanovich, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher of Ecology of Agricultural Microorganisms Laboratory, FSBSI "All-Russian Scientific-Research Institute of Phytopathology".

E-mail: oranzar@yandex.ru.

Avtaev Ruslan Aptievich, deputy Director, FSBSI "Scientific Research Institute of Agriculture of the Southeast".

E-mail: raiser-saratov@mail.ru.

Strizhkov Nikolai Ivanovich, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher of Plant Protection Laboratory, FSBSI "Scientific Research Institute of Agriculture of the Southeast".

E-mail: raiser-saratov@mail.ru.

Suminova Natalia Borisovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department "Plant Protection and Fruit and Vegetable Growing", FSBEI HE "Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov".

E-mail: suminovan@mail.ru.

Kritskaya Elena Evgenyevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department "Plant Protection and Fruit and Vegetable Growing", FSBEI HE "Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov".

E-mail: minkleit@yandex.ru.

Optimization of phytosanitary condition of grain crops fields using different herbicides in modern agriculture

A. S. Filippov, V. V. Nemchenko

The article deals with the problem of densely weed infestation of fields, which is associated with the transition to the technology with minimum tillage. Primarily, it has been noticed a sharp spread of such malignant weeds as spurge (*Euphorbia virgata*), convolvulus (*Convolvulus arvensis*), tartar lettuce (*Mulgedium tataricum*) in the fields. The harmfulness of wintering, cereal and annual dicotyledonous weeds has increased. The solution of this problem lies in the effective use of herbicides as a main means of controlling weeds in modern conditions. There is a need for the herbicides applying system, which includes not only traditional spraying during the growing season, but also pre-sowing, post-harvest chemical weeding and the use of herbicides in the fallow ground. The purpose of our research is to develop and clarify the recommendations on the rational use of selective and general destructive herbicides in the grain crops cultivation in the conditions of minimum tillage. The studies have been carried out using the field experience method at the Central experimental field of Kurgan Research Institute of Agriculture for 2008-2015. The objects of the research are spring wheat (Tertsiya and Zauralochka varieties) and spring barley (Preriya variety). The tests results of herbicides for different periods of their application have shown that pre-sowing chemical weeding is more effective against wintering weeds, species of sow and spurge (*Euphorbia waldsteinii*). The autumn application of herbicides and its eradication by chemical vapor technology is more suitable in the fight against the field bindweed. The substances based on 2,4-D esters were most effective in the fight against spurge, bindweed and tartar lettuce in the phase of wheat



tillering. We recommend to use mixtures of 2,4-D ester with sulfonylurea for extending the spectrum of action against some annual weeds. The use of herbicides in fallow ground provided cleaner fields and a significant increase in the yield of spring wheat (by 3.4-4.6 c/ha) compared to mechanically steam treated field (5 cultivations per vegetation).

Keywords: minimum tillage, selective herbicide, glyphosate, weed, cereal crop, pre-sowing and post-harvest application of herbicides, fallow ground.

References

1. Sistema zashchity rastenij v resursosberegayushchih tekhnologiyah / pod obshch. red. V. V. Nemchenko. Kurtamysh : GUP «Kurtamyshskaya tipografiya», 2011. 525 s.
2. Vlasenko A. N., Sharkov I. N., Iodko L. N. Ekonomicheskie aspekty minimizatsii osnovnoj obrabotki pochvy // Zemledelie. 2006. № 4. S. 18–20.
3. Kalichkin V. K. Minimal'naya obrabotka pochvy v Sibiri: problemy i perspektivy // Zemledelie. 2008. № 5. S. 24–26.
4. Effektivnost' minimizatsii obrabotki chernozemov vyshchelochennyh lesostepi Priob'ya / A. N. Vlasenko [i dr.] // Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki. 2010. № 6. S. 5–11.
5. Kiryushin V. I. Problema minimizatsii obrabotki pochvy: perspektivy razvitiya i zadachi issledovaniy // Zemledelie. 2013. № 7. S. 3–6.
6. Rzaeva V. V. Zasorennost' yarovoj pshenicy pri razlichnyh sposobah obrabotki pochvy v Severnom Zaural'e // Zemledelie. 2013. № 8. S. 25–26.
7. Sineshchekov V. E., Vasil'eva N. V. Fitosanitarnaya situatsiya v zernovyh agrofitocenozah pri minimizatsii obrabotki pochvy. Novosibirsk : SibNIIZiH, 2015. 138 s.
8. Karnaukh O. B. Weed infestation of plantings and yielding capacity of spring barley under various tillage operations // Zbirnik naukovih prac' Umans'kogo nacional'nogo universitetu sadivnictva. 2013. № 82. P. 100–106.
9. Main weed infestation factors in modern systems of crop growing in Belarus / S. Soroka, G. Romanjuk, L. Soroka, A. Khaibullin // Zeitschrift fur pflanzenkrankheiten und pflanzenschutz. 2000. № 107. P. 99–103.
10. Woźniak A., Soroka M. Effects of long-term reduced tillage on weed infestation of pea (*Pisum sativum* L.) // Acta agrobotanica. 2014. T. 67 № 3. R. 119–126.
11. Panfilov A. Eh. Produktivnyj potencial kukuruzy i faktory ego realizatsii v lesostepi yuzhnogo Zaural'ya : avtoref. dis. ... d-ra s.-h. nauk. Novosibirsk, 2005. 35 s.
12. Vredonosnost' sornyakov razlichnyh biologicheskikh grupp v posevah kukuruzy / A. Eh. Panfilov, D. S. Korystina, E. S. Korystin, I. N. Cymbalenko // Kukuza i sorgo. 2007. № 6. S. 16–19.
13. Ekologicheskij monitoring i metody sovershenstvovaniya zashchity zernovyh kul'tur ot vreditelej, boleznej i sornyakov (metodicheskie rekomendatsii). SPb. : VIZR, 2002. 76 s.
14. Metodicheskie ukazaniya po registracionnym ispytaniyam gerbicidov v sel'skom hozyajstve. SPb. : VIZR, 2013. 280 s.
15. Sadovnikova N. N. Effektivnost' primeneniya gerbicidov protiv v'yunka polevogo v parovom pole i posevah pshenicy v usloviyah Priob'ya Altaya : avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk. Krasnoyarsk, 2013. 17 s.
16. Nemchenko V. V., Filippov A. S., Zargaryan A. M. Primenenie obshcheistrebitel'nyh gerbicidov pri minimal'noj i nulevoj tekhnologiyah vozdeleyvaniya zernovyh kul'tur // Zashchita i karantin rastenij. 2015. № 11. S. 22–24.

Filippov Anatoliy Sergeyevich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of Growth Regulators and Plant Protection Laboratory. FSBSI “Kurgan Scientific Research Institute of Agriculture”. E-mail: tolifil@yandex.ru.

Nemchenko Vladimir Vasilyevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher of Growth Regulators and Plant Protection Laboratory. FSBSI “Kurgan Scientific Research Institute of Agriculture”. E-mail: kniish@ketovo.zaural.ru.

AGRONOMICAL SCIENCES

Yield and quality of potatoes tubers depending on the time and depth of planting

A. K. Gorbunov, A. A. Vasiliev, A. A. Mushinskiy

In the forest-steppe of the Southern Urals, the effect of the time and depth of planting on the potato production process depended on its variety and weather conditions of the growing season. In the favorable conditions of 2011 and 2015, the largest yield was produced in the variant of shallow planting during the second decade of May (in 2011 the same yield was provided by a deep planting Tarasov variety in early June). In the drought conditions of 2012 and insufficient humidity in 2016, deep planting of tubers had the advantage in all planting periods; and the highest productivity of Tarasov variety was observed when it was planted on June 1, 2012; and the highest productivity of Rosara and Kuzovok varieties was observed when they were planted on May 25, 2016. Over the years of research, a two-week delay with planting, on average, did not reduce the yield of the studied potato varieties (Tarasov variety in this case has the highest productivity). However, this significantly decreases the starchiness of tubers (Tarasov – by 0.09-0.23 %, Kuzovok – by 1.05-1.25 %, Rosara - by 1.49-2.08 %) compared with planting in the second decade of May (control). The late potatoes planting (June 5-12) resulted in a significant decrease in yields (Rosara - by 2.98-4.49 t/ha, Kuzovok - by 4.13-6.26 t/ha) and starchiness of tubers (by 2.15-2.24 and 1.92-2.16 %). In this case, the nitrate concentration in tubers increased by 3.8 and 2.5 times, respectively. A shallow planting of seed material (by 5-6 cm) should be used when it is planted in the second decade of May, at a later date the depth of seeding should be increased to 10-12 cm.

Keywords: potatoes, planting time, depth of planting, crop productivity, starchiness, nitrate.

References

1. Mingalev S. K. Reakciya sortov na raznye vidy udobrenij // Agrarnyj vestnik Urala. 2014. № 7. S. 74–76.
2. Vasil'ev A. A. Zavisimost' urozhaya i kachestva kartofelya v lesostepnoj zone Yuzhnogo Urala ot urovnya mineral'nogo pitaniya i gustoty posadki // Doklady Rossel'hoz akademii. 2014. № 5. S. 25–28.
3. Vasil'ev A. A., Gorbunov A. K. K voprosu o srokah i glubine posadki kartofelya (nauchnyj obzor) // Selekcija, semenovodstvo i tekhnologiya plodovo-yagodnyh kul'tur i kartofelya : sb. nauch. tr. / FG-BNU YUUNIISK. CHelyabinsk, 2017. T. XIX. S. 207–223.
4. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta. M. : Agropromizdat, 1985. 351 s.
5. Gorbunov A. K. Urozhajnost' klubnej kartofelya sorta Tarasov v zavisimosti ot priemov agrotekhniki // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. № 7. S. 74–78.
6. Gorbunov A. K. Vliyanie srokov posadki na assimilyacionnyu poverhnost' list'ev i urozhajnost' kartofelya // APK Rossii. 2014. T. 67. № 1. S. 74–79.
7. Gorbunov A. K. Vliyanie glubiny posadki na urozhajnost' klubnej kartofelya sorta Tarasov // APK Rossii. 2013. T. 63. S. 95–100.
8. Romanova I. N., Karamulina I. A. Optimal'nye sroki posadki // Kartofel' i ovoshchi. 2007. № 3. S. 7.
9. Chamyshev A. V. Agroekologicheskoe obosnovanie srokov posadki kartofelya v Saratovskom pravoberezh'e // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2016. № 2. S. 32–33.
10. Zherukov B. H., Arhipova V. A., Harchenko V. M. Glubina posadki i urozhajnost' kartofelya v stepnoj zone KBR // Kartofel' i ovoshchi. 2008. № 1. S. 8.
11. Usov S. V., Firsov V. F. Agroekologicheskoe obosnovanie rannego sroka posadki kartofelya v Tambovskoj oblasti // Agro XXI. 2008. № 1–3. S. 37–39.
12. Butov A. V. Pravil'naya agrotekhnika sohranyaet plodorodie pochvy i obespechivaet vysokij urozhaj // Kartofel' i ovoshchi. 2006. № 5. S. 17–19.
13. Gorbunov A. K. Rol' glubiny posadki v formirovanii urozhaya kartofelya v zavisimosti ot priemov agrotekhniki // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2014. № 2. S. 32–36.
14. Korshunov A. V. Soderzhanie nitratov v klubnyah možno snizit' // Kartofel' i ovoshchi. 1987. № 6. S. 20–21.



15. Ocenka sortov kartofelya po biohimicheskim pokazatelyam v usloviyah Srednego Urala / E. P. Shanina [i dr.] // APK Rossii. 2016. T. 23. № 2. S. 337–341.

16. Loginov Yu. P., Kazak A. A., YAkubyshina L. I. Sovershenstvovanie ehlementov tekhnologii vyrashchivaniya sorta kartofelya Adretta v lesostepnoj zone Tyumenskoj oblasti // APK Rossii. 2016. T. 60. S. 10–14.

Gorbunov Anatoliy Konstantinovich, researcher, the Head of the Department “Elite Seed Potatoes”, FSBSI “South Ural Scientific Research Institute of Horticulture and Potato”.

E-mail: kartofel_chel@mail.ru.

Vasilyev Aleksandr Anatolyevich, Doctor of Agricultural Sciences, FSBSI “South Ural Scientific Research Institute of Horticulture and Potato”.

E-mail: kartofel_chel@mail.ru.

Mushinskiy Aleksandr Alekseevich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, the Head of Potato Growing Department, FSBSI “Orenburg Scientific Research Institute of Agriculture”.

E-mail: san2127@yandex.ru.

A new algorithm for selecting economically valuable barley genotypes

R. A. Maksimov

The aim of the study is to determine the possibility of using the index of 1000 grains mass ratio to the number of grains in the ear in the barley breeding. The result is the development of the algorithm of breeding work at the initial stages (breeding nurseries of the 1st and 2nd years). The work was carried out based on the results of field experiments in 2005-2016. The materials of the study were the varieties: Veresk, Sonet, Ecolog, Acha, Binom, Bagrets included in the State Register of Selection Achievements and demonstrated high commercial value in the Volga-Vyatka region. The index of 1000 grains mass ratio to the number of grains in the ear (IM1000/K) for each variety was studied. It allows to combine varieties into groups according to ecological plasticity, stability and tolerance to thickening at the initial stage of breeding (SP1). According to the results of the variational analysis, the application of the desired index is quite reliable, since the degree of data dispersion by Bean, Ecolog, Acha and Sonnet varieties ($V = 2.6 \dots 7.6\%$) is insignificant, according to Bagretz and Sonnet varieties ($V = 10.0 \dots 10.3\%$) is close to insignificant. According to the index studied, the varieties are divided into three groups; each of them is characterized by ecological plasticity, stability and tolerance to thickening. In the competitive trial (2005-2016), at the final stage of the selection, the numbers for the frequency of group occurrence are distributed as follows: group 1 ($IM1000/K \leq 2.2$) - 38%; group 2 ($IM1000/K 2.3 - 2.6$) - 47%; group 3 ($IM1000/K \geq 2.7$) - 15%. Grouping of IM1000/K numbers is possible visually in the field. For this purpose, an experienced breeder needs to conduct 400-500 determinations of the number of grains in the ear and a mass of 1000 grains. The algorithm of breeding work for each group according to IM1000/K has been determined.

Keywords: selection indices, plasticity, stability, barley, yield.

References

1. Model' ehkologo-geneticheskogo kontrolya kolichestvennykh priznakov rastenij / V. A. Dragavcev, P. P. Litun, I. M. Shkel', N. N. Nechiporenko // Doklady AN SSSR. 1984. T. 274. № 3. S. 720–723.
2. Kocherina N. V., Dragavcev V. A. Vvedenie v teoriyu ehkologo-geneticheskoy organizatsii poligennykh priznakov rastenij i teoriyu selekcionnykh indeksov. SPb. : SCDB, 2008. 88 s.
3. Dragavcev V. A. Ekologo-geneticheskij skringing genofonda i metody konstruirovaniya sortov s.-h. rastenij po urozhajnosti, ustojchivosti i kachestvu. Dop. izd-e. SPb., VIR, 1998. 52 s.
4. Dragavcev V. A., Dragavceva I. A., Lopatina L. M. Upravlenie produktivnost'yu s.-h. kul'tur na osnove zakonomernostej ih geneticheskikh i fenotipicheskikh izmenenij pri smene limitov vneshnej sredy. Krasnodar, 2003. 218 s.

5. Maksimov R. A. Izuchenie sortoobrazcov yachmenya mirovoj kollekcii VIR v usloviyah Srednego Urala // APK Rossii. 2015. № 74. S. 141–144.
6. Maksimov R. A. Selekcija yachmenya na Srednem Urale // APK Rossii. 2016. T. 23. № 2. S. 288–293.
7. Batalova G. A. Selekcija zernovyh kul'tur i goroha dlya uslovij Severo-Vostoka Evropejskoj territorii Rossii // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2015. № 2 (14). S. 20–25.
8. Surin N. A., Zobova N. V., Lyahova N. E. Geneticheskij potencial i selekcionnaya znachimost' yachmenya Sibiri // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2014. T. 18. № 2. S. 378–386.
9. Il'in A. V. Selekcija yarovogo yachmenya na ustojchivost' k zasuhe i povyshenie produktivnosti // Agrarnyj vestnik YUgo-Vostoka. 2014. № 1–2 (10–11). S. 40–42.
10. Batasheva B. A., Kurkiev U. K., Kerimov N. S. Perspektivnye napravleniya selekcii yachmenya // Vestnik social'no pedagogicheskogo instituta. 2014. № 3 (11). S. 31–35.
11. Timoshenkova T. A. Adaptivnaya selekcija pshenicy i yachmenya v usloviyah stepi Yuzhnogo Urala // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 54. S. 293–298.
12. Pryadun Yu. P. Rezul'taty i perspektivy selekcii yarovogo yachmenya v Chelyabinskoj oblasti // APK Rossii. 2016. T. 23. № 5. S. 953–960.
13. Gryaznov A. A. Bezostye i golozernye sorta kak diversifikatory sortovogo raznoobraziya kul'tury yachmenya // APK Rossii. 2014. T. 70. S. 186–192.
14. Rezervy povysheniya urozhajnosti i kachestva zerna yarovogo yachmenya / A. V. Vrazhnov, Yu. B. Anisimov, A. A. Ageev, L. P. SHatalina // APK Rossii. 2013. T. 63. S. 91–94.
15. Maksimov R. A. Effekt kombinirovannogo vliyaniya kolichestvennyh priznakov na urozhajnost' zerna yachmenya v usloviyah Srednego Urala // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2016. № 8. S. 56–58.

Maksimov Roman Aleksandrovich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of Barley Breeding Laboratory, FSBSI "Ural Scientific Research Institute of Agriculture".

E-mail: Roman_MRA77@mail.ru.

Minimization of soil cultivation in grain-grass rotation

P. A. Postnikov, O. V. Vasina, V. V. Popova

During the second grain-grass rotation either in the course of surface resource-saving treatments or with their complete absence, the compaction of the treated layer of gray forest soil to 0.07-0.13 g/cm³ compared to moldboard plowing has been revealed. The increase in density reduced the accumulation of productive moisture in the 0-50 cm layer by 4.2-9.3 mm. The greatest amount of nitrate nitrogen under the crops of grain-grass rotation before sowing was found out using the traditional plowing and combined treatments, when the plowing was carried out twice per rotation in combination with the use of a heavy TerraMix cultivator and a disc harrow. Against the background of a single plowing per rotation with the use of surface treatments or in the absence of them since autumn, the content of available nitrogen in the 0-20 cm layer was less by 2.0-3.6 mg compared to the control variant (14.6 mg/kg). In subsequent dates of soil sampling, the difference between treatment methods is leveled. Plowing down clover green mass for green manure allowed partially to neutralize the negative effect of the cultivation when there was no autumn tillage. There was a tendency to reduce grain harvest in the absence of autumn tillage in previous years, but the difference in yield was within the smallest significant difference. Under unfavorable dry conditions, the last crop of rotation (oat) in variants with combined treatment demonstrated a decrease in grain harvest by 0.31-0.40 t/ha in comparison with the traditional plowing.

Keywords: crop rotation, tillage, density, moisture, nitrate nitrogen, productivity.

References

1. Mingalev S. K. Resursoberegayushchie tekhnologii obrabotki pochvy v sistemah zemledeliya Srednego Urala : avtoref. dis. ... d-ra s.-h. nauk. Tyumen', 2004. 32 s.
2. Rukovodstvo po provedeniyu polevyh rabot v sel'skohozyajstvennyh predpriyatiyah Sverdlovskoj oblasti v 2013 godu / N. N. Zezin [i dr.]. Ekaterinburg, 2013. 78 s.



3. Na puti k bespluzhnomu zemledeliyu / S. D. Gilev [i dr.]. Kurgan : OOO «Kurtamyszhskaya tipografiya», 2015. 312 s.
4. Danilov A. N., Letuchij A. V., Shagiev B. Z. Vliyanie udobrenij i obrabotki pochvy na ehlementy ee plodorodiya i urozhajnost' yarovoj pshenicy na chernozemah Povolzh'ya // Niva Povolzh'ya. 2015. № 3 (36). S. 46–53.
5. Sineshchekov V. E., Slesarev V. N. Puti sovershenstvovaniya minimalizacii osnovnoj obrabotki chernozemov v lesostepi Zapadnoj Sibiri // Innovacii i prodovol'stvennaya bezopasnost'. 2016. № 1 (11). S. 71–80.
6. Vrazhnov A. V., Ageev A. A., Anisimov Yu. B. Minimizaciya pochvoobrabotki v sisteme sberegayushchego zemledeliya Yuzhnogo Urala // APK Rossii. 2016. T. 23. № 4. S. 778–782.
7. Perfil'ev N. V. Vliyanie osnovnoj obrabotki temno-seroj lesnoj pochvy v Srednem Zaural'e na sodержanie nitratnogo azota // Agrarnyj vestnik Urala. 2014. № 7 (125). S. 22–26.
8. Olenin O. A. Otricatel'nye ehkosistemnye izmeneniya v agrobiogeocenoazah yarovoj pshenicy pri biologizacii tekhnologii ee vozdeleyvaniya // Vestnik Kazanskogo GAU. 2015. № 4 (38). S. 84–90.
9. Pegova N. A. Vliyanie para, bioresursov i sistemy obrabotki pochvy na pokazateli plodorodiya pahotnogo sloya // Vestnik Izhevskoj GSKHA. 2015. № 4 (45). S. 64–70.
10. Vliyanie sposobov obrabotki pochvy na urozhajnost' zernovyh kul'tur i produktivnost' sevooborota / P. A. Postnikov, A. B. Ponomarev, V. V. Popova, O. V. Vasina // APK Rossii. 2016. T. 23. № 2. S. 315–320.
11. Zinchenko M. K. Dejstvie priemov osnovnoj obrabotki na mikrobnij potencial agrolandshaftov seroj lesnoj pochvy // Zemledelie. 2016. № 1. S. 16–19.
12. Mel'nikova N. A. Vliyanie minimalizacii obrabotki na sostoyanie plodorodiya tyazhelyh suglinistykh pochv v posevah yarovoj i ozimoj pshenicy // Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2016. Vyp. 2. S. 7–11.
13. Postnikov P. A., Vasina O. V. Vliyanie sposobov obrabotki pochvy na sodержanie mineral'nogo azota pod kul'turami sevooborota // Aktual'nye problemy gumanitarnyh i sel'skohozyajstvennyh nauk. 2016. № 10 (93). Ch. 1. S. 137–141.
14. Solodun V. I., Yakupov R. H. Izmenenie sodержaniya nitratnogo azota v vyshchelochennom chernozeme pri raznyh priemah ego osnovnoj obrabotki v polevyh sevooborotah lesostepi Irkutskoj oblasti // Vestnik Irkutskoj GSKHA. 2015. № 67. S. 29–33.

Postnikov Pavel Afanasievich, Candidate of Agricultural Sciences, a Leading Researcher at the Agriculture and Forage Production Department, FSBSI “Ural Scientific Research Institute of Agriculture”.
E-mail: postnikov.ural@mail.ru.

Vasina Olga Vladimirovna, Junior Researcher, Agriculture and Forage Production Department, FSBSI “Ural Scientific Research Institute of Agriculture”.
E-mail: vasina_ov@mail.ru.

Popova Vera Victorovna, Senior Researcher of the Analytical laboratory, FSBSI “Ural Scientific Research Institute of Agriculture”.
E-mail: vvpopova_77@mail.ru.

Texture and structure of Jerusalem artichoke tubers

V. I. Starovoytov, A. A. Manokhina

Currently, Jerusalem artichoke is becoming increasingly popular in the food industry and fodder production. Topinambur is cultivated in the Russian Federation in the areas of about 3 thousand hectares, mainly in Kabardino-Balkaria, Nizhny Novgorod, Lipetsk, Tver, Ryazan, Tula, Ulyanovsk, Kostroma, Volgograd, Omsk, Bryansk, Moscow, Saratov, Leningrad, Yaroslavl, Krasnodar and Stavropol regions and the Republic of Chuvashia. The strategic importance of scientific research in the field of production and processing of Jerusalem artichoke was defined in the Union State Program “Innovative development

of potato and Jerusalem artichoke” approved by the decision of the Council of Ministers of the Union State in October 29, 2013. As a breakthrough direction of biotechnology development, the Program proposes the intensification of industrial production of Jerusalem artichoke for subsequent processing it into industrial raw materials and ready-made food products for the population of the Russian Federation and the Republic of Belarus. The implementation of the Program will contribute to improving the life quality of the population and increasing labor productivity in the sectors of the economy in Russia and Belarus engaged in the production and processing potatoes and Jerusalem artichoke. The studies have shown that the texture of Jerusalem artichoke tuber is uneven on morphological parts according to dry substances, inulin and pectin and besides, it changes during its storage.

Keywords: tuber, Jerusalem artichoke, stolon, inulin, tuber texture, cell, dry substance, pectin.

References

1. Starovojtov V. I. Innovacionnoe razvitie proizvodstva kartofelya i topinambura na 2012–2015 gody // Innovacionnoe razvitie proizvodstva kartofelya i topinambura: VI forum proektov programm Soyuznogo gosudarstva. M. : Soyuznoe gosudarstvo, 2011. Spec. vyp. № 12 (58/1) dekabr'. S. 56–63.
2. Starovojtov V. I., Voronov N. V., Starovojtova O. A. Razvitie massovogo vozdeystviya topinambura – predposylki dlya uluchsheniya ehkologii // Materialy Mezhdunar. agroehkologicheskogo foruma. SPb. : GNU SZNIIMEHSKH, 2013. T. 2. S. 135–141.
3. Kartofel' i topinambur – produkty budushchego / V. I. Starovojtov [i dr.]. M. : FGNU «Rosinformagrotekh», 2007. 292 s.
4. Topinambur – kul'tura mnogocelevogo ispol'zovaniya / V. I. Starovojtov, O. A. Starovojtova, P. S. Zvyaginets, Yu. T. Lazunin // Pishchevaya promyshlennost'. 2013. № 4. S. 22–25.
5. Topinambur – unikal'noe rastitel'noe syr'e / V. I. Starovojtov [i dr.] // Pishchevaya promyshlennost'. 2015. № 8. S. 16–20.
6. Topinambur – innovacionnyj resurs v razvitii ehkonomiki Rossii / V. I. Starovojtov, O. A. Starovojtova, P. S. Zvyaginets, Yu. T. Lazunin // Pishchevye ingredienty. Syr'e i dobavki. 2013. № 2. S. 30–33.
7. Innovacii – klyuch k uskoreniyu razvitiya agrarnogo sektora ehkonomiki / V. I. Starovojtov [i dr.] // Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya. 2015. № 7. S. 5–11.
8. Starovojtov V. I., Starovojtova O. A., Manohina A. A. Osobennosti tekhnologii i mashiny dlya vozdeystviya topinambura // Sel'skij mekhanizator. 2015. № 11. S. 4–5.
9. Starovojtov V. I., Starovojtova O. A., Manohina A. A. Mekhanizatsiya vozdeystviya topinambura v organicheskom zemledelii // APK Rossii. 2016. T. 23. № 4. S. 841–844.
10. Manohina A. A., Starovojtov V. I., Starovojtova O. A. Innovatsionnaya tekhnologiya vozdeystviya topinambura // Osnovnye napravleniya razvitiya tekhniki i tekhnologij v APK : sb. mater. VII Vse-ros. nauch.-prakt. konf. (g. Knyaginino, 17 dekabrya 2015 g.). Knyaginino : NGIEHU. 2016. S. 277–279.
11. Kotova Z. P., Parfenova N. V. Ocenka kormovoj cennosti topinambura (HELIANTHUS TUBEROSUS L.) v usloviyah Karelii // Kormoproizvodstvo. 2015. S. 41–44.
12. Manohina A. A., Starovojtova O. A. Ispol'zovanie netraditsionnykh sel'skohozyajstvennykh kul'tur dlya povysheniya prodovol'stvennoj bezopasnosti // Sb. mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodykh uchyonnykh i specialistov (26–27 noyabrya). Voronezh : FGBOU VO Voronezhskij GAU, 2015. CH. 3. S. 233–237.
13. Starovojtova O. A. Unificirovannaya tekhnologiya vyrashchivaniya topinambura // Sb. tr. mezhhreg. nauch.-metod. konf. «Agrarnaya nauka v usloviyah modernizatsii i innovatsionnogo razvitiya APK Rossii», posv. 85-letiyu Ivanovskoj gosudarstvennoj Sel'skohozyajstvennoj akademii imeni D. K. Belyaeva / FGBOU VO Ivanovskaya GSKHA. 2015. S. 189–192.
14. Barloy J. Techniques of cultivation and production of the Jerusalem artichoke, in Topinambour (Jerusalem Artichoke), Report EUR 11855, Grassi, G. and Gosse, G., Eds., Commission of the European Communities (CEC), Luxembourg, 1988, pp. 45–57.
15. Barloy J. and Fernandez J. Synthesis on Jerusalem artichoke projects, in Topinambour (Jerusalem Artichoke). Report EUR 13405, Grassi, G. and Gosse, G., Eds., Commission of the European Communities, Luxembourg, 1991, pp. 3–14.
16. Mazza G. Distribution of sugars, dry matter and protein in Jerusalem artichoke tubers, Can. Inst. Food Sci. Technol. J., 18, 263–265, 1985.



17. Fowke L. and Setterfield G. Cytological responses in Jerusalem artichoke tuber slices during aging and subsequent auxin treatment, in *Biochemistry and Physiology of Plant Growth Substances*, Whitman, F. and Setterfield, G., Eds., Runge Press, Ottawa, 1968, pp. 581–602.

18. Kaeser W. Ultrastructure of storage cells in Jerusalem artichoke tubers (*Helianthus tuberosus* L.) vesicle formation during inulin synthesis, *Z. Pflanzenphysiol. Bd.*, 111, 253–260, 1983.

Starovoytov Viktor Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, FSBSI “All-Russian research institute of potato farming named after A. G. Lorkh”.

E-mail: agronir1@mail.ru.

Manokhina Alexandra Anatolievna, Candidate of Agricultural Sciences, FSBEI HE “Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy”.

E-mail: alexman80@list.ru.

Field studies of Jerusalem artichoke variety samples collection on sod-podzolic sandy-loam soil of the Central Federal District

V. I. Starovoytov, O. A. Starovoytova, A. A. Manokhina

Within the framework of the Union State program “Innovative development of potato and Jerusalem artichoke production for the period 2013-2016”, field testing of Jerusalem artichoke variety samples was carried out. The research was conducted on the test site “The research facilities “Korenevo” of All-Russian Research Institute of Potato Farming named after A.G. Lorkh” on sod-podzolic sandy-loam soil in 2014-2016. Due to the diversity of its utilization, Jerusalem artichoke is one of the most promising universal crops. The area of assimilative surface of the leaves in early September was 0.41 ... 2.31 m²/bush. Plants of Jerusalem artichoke depending on the variety reached a height of 155 ... 280 cm. Bacterial and viral diseases in the collection plantings of the Institute have not been detected. The average number of plants affected by fungal disease with downy mildew was 1.6% in July, 8.0% in September and 13.3% in October. The classification of Jerusalem artichoke varieties has been proposed. They were divided into two main groups: early – varieties of the early term of green mass withering, that is, in 150-170 days after planting (Vylgortskiy, Dietichekiy, Nadezhda, Nakhodka, Podmoskovnyi, Sireniki, Skorospelka, Blank Brekos); and late – varieties of the late term of green mass withering, that is, in 190 or more days after planting (Interest, Interest 21, Kaluzhskiy, Korenevskiy, Novost’ VIR, Tadzhijskiy, Shpindel’, Violet de Rense). The yield of green mass was up to 86.9 t/ha; the yield of tubers amounted to 51.1 t/ha; the dry matter content on average reached 23.9%; the total sugars were 17.2%; inulin was 13.8%; the nitrate content was 244.2 mg/kg.

Keywords: Jerusalem artichoke, variety sample, tuber, field testing.

References

1. Starovoytov V. I. «Innovacionnoe razvitie proizvodstva kartofelya i topinambura na 2012–2015 gody» // *Innovacionnoe razvitie proizvodstva kartofelya i topinambura : VI forum proektov programm Soyuznogo gosudarstva. M. : Soyuznoe gosudarstvo, 2011. Spec. vyp. № 12 (58/1) dekabr.* S. 56–63.
2. Starovoytov V. I., Voronov N. V., Starovoytova O. A. Razvitie massovogo vozdeleyvaniya topinambura – predposylki dlya uluchsheniya ehkologii // *Materialy mezhdunar. agroehkologicheskogo foruma. SPb. : GNU SZNIIMEHSKH, 2013. T. 2. S. 135–141.*
3. Starovoytov V. I., Starovoytova O. A., Manokhina A. A. Osobennosti tekhnologii i mashiny dlya vozdeleyvaniya topinambura // *Sel'skiy mekhanizator. 2015. № 11. S. 4–5.*
4. Starovoytov V. I., Starovoytova O. A., Manokhina A. A. Mekhanizatsiya vozdeleyvaniya topinambura v organicheskom zemledelii // *APK Rossii. 2016. T. 23. № 4. S. 841–844.*
5. Kuz'minova G. S., Ponomarev A. G. Novaya kul'tura dlya agrarnogo sektora Rossii trebuyet razrabotki novykh tekhnologiy // *Innovacionnoe razvitie APK Rossii na baze intellektual'nykh mashinnykh tekhnologiy : sb. nauch. dokladov mezhdunar. nauch.-tekhn. konferencii. 2014. S. 140–145.*

6. Kotova Z. P., Parfenova N. V. Ocenka kormovoj cennosti topinambura (*Helianthus tuberosus* L.) v usloviyah Karelii // Kormoproizvodstvo. 2015. № 6. S. 41–44.
7. Kartoffel' i topinambur – produkty budushchego / D. D. Korolyov [i dr.]. M. : FGNU «Rosinformagrotekh», 2007. 292 s.
8. Vukov K., Barta J. Manufacture of Jerusalem artichoke syrup and fructose in the Hosszuhegy agricultural combined unit. // Cukoripar. 1987. R. 40, 36–39.
9. Manohina A. A., Starovojtova O. A. Ispolzovanie netradicionnyh sel'skohozyajstvennyh kul'tur dlya povysheniya prodovol'stvennoj bezopasnosti // Innovacionnye tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya APK : sb. mater. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodyh uchenykh i specialistov. Voronezh : FGBOU VO Voronezhskij GAU, 2015. CH. III. S. 233–237.
10. Topinambur – innovacionnyj resurs v razvitii ehkonomiki Rossii / V. I. Starovojtov [i dr.] // Pishchevye ingredienty. syr'e i dobavki. 2013. № 2. S. 30–33.
11. Chubey B. B., Dorrell D. G. Jerusalem artichoke, a potential fructose crop for the prairies. Can. Inst. Food Sci. Technol. J., 7, 98–100, 1974a.
12. Starovojtova O. A., Starovojtov V. I., Manohina A. A. Tekhnologiya vyrashchivaniya topinambura v organicheskom zemledelii // Vestnik FGOU VPO MGAU imeni V. P. Goryachkina. 2016. Vyp. № 6 (76). S. 42–47.
13. Programma i metodika ocenki sortov topinambura v test – pitomnikah v ramkah realizacii programmy Soyuznogo gosudarstva «Innovacionnoe razvitie kartofelya i topinambura» na 2014–2016 gg. : broshyura / V.I. Starovojtov [i dr.]. M.: GNU VNIKH Rossel'hozakademii, 2014. 6 s.
14. Manohina A. A., Starovojtova O. A., Starovojtov V. I. Metodika vyrashchivaniya topinambura // Vklad molodyh uchenykh v innovacionnoe razvitie APK Rossii : sb. statej mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodyh uchenykh, posvyashch. 65-letiyu FGBOU VO Penzenskaya GSKHA / Penzenskaya GSKHA. Penza : RIO PGSKHA, 2016. T. II. S. 160–162.
15. Dunin M. S., Zayanchkovskaya M. S., Soboleva V. P. // Bolezni i vrediteli topinambura / pod obshch. red. M. S. Dunina ; Narodnyj komissariat zemledeliya SSSR // Sektor vneshnego i vnutrennego karantina : tr. Vsesoyuzn. nauch.-issled. instituta zernobobovykh kul'tur (Byvshij institut soi i spekul'tur). M., 1935. T. 6. Vyp. 1. 212 s.
16. Fitosanitarnaya diagnostika v integrirovannoj zashchite rastenij. M. : Kolos, 1995.

Starovoytov Viktor Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, FSBSI “All-Russian Research Institute of Potato Farming named after A. G. Lorkh”.

E-mail: agronir1@mail.ru.

Starovoytova Oksana Anatolievna, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, FSBSI “All-Russian Research Institute of Potato Farming named after A. G. Lorkh”.

E-mail: agronir2@mail.ru.

Manokhina Alexandra Anatolyevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, FSBEI HE “Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev”.

E-mail: alexman80@list.ru.

The elements of phytosanitary technology of technical hemp cultivation in the Kurgan region

I. A. Subbotin, I. N. Porsev, Yu. A. Ilyashenko

The research was aimed at working out the methods of cultivating technical hemp in the natural and climatic conditions of the Kurgan region. This work included studying the elements of phytosanitary technology of technical hemp cultivation and the possibility of obtaining high-quality seeds, oil with a low content of acid number and fiber. During the research process we used two varieties of dual use (seeds and fiber) Rigs and Diana, the breeding of Chuvash Research Institute. The plants of hemp varieties Rigs and Diana, the breeding of Chuvash Research Institute, do not contain narcotic substances, grow well in natural and climatic conditions of the Kurgan region and form a full-fledged crop of seeds. The



stems of cultivated and studied hemp varieties contain fiber (28-32%), cellulose (40-50%). The whole plant (excluding leaves and root) is used on the farm. Seeds contain oil (from 15 to 32%), which is used for food; it produces phytin, widely used in medicine; poor-quality oil is used for the preparation of linseed oil, paints, etc. Hemp cake contains protein (22-28%) and fat (9-11%). Besides, it is actively used for animal feeding. According to the international experts, the price of hemp is two times higher than that of plain cotton, and the demand for hemp fabrics is growing by 30% per year.

Keywords: variety, fusarium, technical hemp, oil, fiber, the productivity, technology.

References

1. Vavilov P. P. Rasteniyevodstvo / P. P. Vavilov [i dr.] ; pod red. P. P. Vavilova. M. : Agropromizdat, 1986. 512 s. : il.
2. Ispytanie sortov konopli v prirodno-klimaticheskikh usloviyakh Kurganskoj oblasti : analit. zapiska / filial FGBU «Rossel'skohoecentr» po Kurganskoj oblasti. 2014. 20 s.
3. Pis'mo Minpromtorga Rossii ot 28 noyabrya 2011 g. № 19-3215 «O zarubezhnom opyte ispol'zovaniya produkcii, poluchennoj iz konopli».
4. Pis'mo Minsel'hoza Rossii ot 13 dekabrya 2011 g. № OA-19-19/12382 «Ob ispol'zovanii produkcii iz konopli».
5. Porsev I. N Adaptivnye fitosanitarnye tekhnologii Vozdelyvaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur v usloviyakh Zaural'ya : monografiya. SHadrinsk, 2009. 320 s.
6. Lerman E. Vosstanovlenie konoplevodstva – moshchnyj stimul razvitiya rossijskoj ehkonomiki» / IA «RIA MODA». 2012. Rezhim dostupa : <http://www.riamoda.ru/article/news-78.html> (data obrashcheniya 22.12.2014 g.)
7. Orazbaev S. Vozmozhnosti ispol'zovaniya konopli v promyshlennosti i sel'skom hozyajstve Kazahstana. 2014. Rezhim dostupa : <http://www.zakon.kz/4672581-vozmozhnosti-ispolzovaniya-konopli-v.html> (data obrashcheniya 05.10.2015 g.)
8. Stepanov G. S., Romanova I. V., Trofimova N. A. Uluchshennaya tekhnologiya vozdelyvaniya konopli sorta Rigs uvelichivayushchaya koehfficient razmnozheniya semyan na 1,3–1,9 : ucheb.-metod. posob. / pod obshch. red. G. S. Stepanova. Cheboksary, 2012. S. 18.
9. Stepanovskih A. S., Nechaeva A. V., Panfilova A. N. Integrirovannaya zashchita sel'skohozyajstvennykh kul'tur ot vreditelej i boleznej pri intensivnoj tekhnologii vozdelyvaniya v Zaural'e : ucheb. posobie. Omsk, 1998. 68 s.
10. Toropova E. Yu. Ekologicheskie osnovy zashchity rastenij ot boleznej v Sibiri / pod red. V. A. Chulkinoy. Novosibirsk, 2005. 370 s.
11. Fitosanitarnaya optimizaciya rasteniyevodstva v Sibiri : ucheb. posobie / V. A. Chulkina [i dr.] / pod red. P. L. Goncharova. Novosibirsk, 2001. T. 3 : Tekhnicheskie kul'tury. 196 s.
12. Chulkin Yu. I. Normativnyj metod raschyota norm i doz mineral'nykh udobrenij. Novosibirsk, 1988. 260 s.
13. Chulkina V. A., Toropova E. YU., Stecov G. Ya. Integrirovannaya zashchita rastenij: Fitosanitarnye sistemy i tekhnologii / pod red. M. S. Sokolova, V. A. Chulkinoy. M. : Kolos, 2009. 670 s.
14. Integrirovannaya zashchita rastenij: fitosanitarnaya optimizaciya agroehkossistem (terminy i opredeleniya): ucheb. posob. s grifom MSKH RF / V. A. Chulkina [i dr.]. M.: Kolos, 2010. 482 s.
15. Osnovnye metody fitopatologicheskikh issledovanij / A. E. Chumakov [i dr.] // Nauch. tr. VASKHNIL. M. : Kolos, 1974. 189 s.

Subbotin Igor Afanasyevich, Candidate of Agricultural Sciences, the Head of FSBI “Russian Agricultural Center”, the branch in Kurgan region.

E-mail: igorsubbotin@rambler.ru.

Porsev Igor Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of Land Management, Agriculture, Agricultural Chemistry and Soil Science Department, FSBEI HE “Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev”.

E-mail: porsev_in66@mail.ru.

Ilayshenko Yuriy Alexeyevich, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of Management and Agribusiness Department, FSBEI HE "Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev".
E-mail: yurailayshenko@yandex.ru

The development of an artificial soil using an optimization model of black soil fertility

L. I. Yakobyuk, M. D. Eremin, D. V. Eremina

Modern motorways and urban areas development for landscaping requires the production of an artificial soil providing optimal fertility parameters for constant growing perennial grassy vegetation. Currently, peat-sand mixtures in various proportions are usually used for creating a fertile layer. They initially are not suitable for the long-term development of grasses. This leads to the grass covering on the slopes of roads, urban lawns for 2-3 years, dying out and replacing them naturally by weeds, which does not form a strong sod. The analysis of the granulometric composition of soils, where perennial grasses grow, has shown that clay containing silty particles (<0.001 mm) must be included as an obligatory component in the composition of an artificial soil. The developed optimization model has shown that under the necessary conditions it is possible to obtain an artificial soil with a medium loamy granulometric composition having the optimal physical and agrochemical properties, which are necessary for the long-term growth of perennial grassy vegetation. As for local ingredients, it is essential to use clay, fine sand, low peat in the ratios obtained during the optimization model calculation. The ratio between sand, peat and clay should be 1:2:7. To prevent the effect of acidification from peat and improve the agrochemical properties, it is necessary to add 0.5 kg of diammofoski and 0.2 kg of dolomitic flour per 100 kg of the mixture; it will provide plants with nutrients until its own microflora begins to work in the artificial soil.

Keywords: artificial soil, peat-sand mixture, geogrid, optimization model, clay, sapropel.

References

1. Hajrova L. N., Zolotareva E. V., Dubovickaya O. Yu. Derev'ya i kustarniki dlya ozeleneniya ob'ektov landshaftnoj arhitektury. SPb. : Prospekt nauki, 2015. 224 s.
2. Dobrov E.H. M., Fam D. T. Armirovanie otkosov dorozhnyh nasypej s uchetom ih napryazhen-nogo sostoyaniya // Nauka i tekhnika v dorozhnoj otrasli. 2016. № 3 (77). S. 6–8.
3. Lyshchik P. A., Naumenko A. I., Sinyak S. A. Konstrukcii lesnyh avtomobil'nyh dorog na osnove ar-maturnogo karkasa «GEORESHETKA-CEMENTNOGRUNT» // Trudy BGTU. 2016. № 2 (186). S. 79–82.
4. Gumusovoe sostoyanie obyknovennyh chernozemov estestvenno-antropogennogo landshafta Ka-mennoj Step'i / M. M. Kuzelev [i dr.] // Izvestiya TSKHA. 2007. № 3. S. 38–46.
5. Zaharova I. A., Yumashev H. S., Grekhova I. V. Izmenenie gumusnogo sostoyaniya chernozemnyh pochv v rezul'tate sel'skohozyajstvennogo ispol'zovaniya // APK Rossii. 2016. T. 23. № 4. S. 785–791.
6. Skoblina V. I. Evolyuciya i ehkologicheskoe sostoyanie vyshchelochennogo chernozema v agro-landshafte Srednerusskoj vozvyshennosti // Ekologicheskaya bezopasnost' v APK. 2004. № 2. 376 s.
7. Eremin D. I. Zalez' kak sredstvo vosstanovleniya sodержaniya i zapasov gumusa staropahatnyh chernozemov lesostepnoj zony Severnogo Zaural'ya // Plodorodie. 2014. № 1 (76). S. 24–26.
8. Sinyavskij I. V. Agrohimiicheskie i ekologicheskiye aspekty plodorodiya chernozemov lesostepi Zaural'ya. Avtoreferat dis. ... dokt. s.-h. nauk. Tjumen', 2002, 36 s.
9. Sinyavskij I. V. Zhiznesposobnost' travostoya gazonnoj rastitel'nosti megapolisa na primere g. Chelyabinska j // Agropredovol'stvennaya politika Rossii. 2015. № 6 (18). S. 2-8.
10. Iglovikov A. V. Biologicheskaya rekul'tivaciya kar'ero v usloviyah Krajnego Severa : dis. ... kand. s.-h. nauk. Barnaul : Altajskij GAU, 2012.
11. Lyashko V. F., Zabylov V. S., Dobrovol'skij I. P. Povyshenie plodorodiya pochv yuzhnoj lesostep-noj zony Chelyabinskoj oblasti // APK Rossii. 2015. № 72 (2). S. 141–148.
12. Iglovikov A. V., Denisov A. A. Dinamika razvitiya iskusstvennogo sozdannogo pokrova v uslovi-yah Krajnego Severa posle provedeniya biologicheskogo ehtapa rekul'tivacii // Vestnik gosudarstvennogo agrarnogo universiteta Severnogo Zaural'ya. 2014. № 3 (26). S. 57–61.
13. Iglovikov A. V. Izmenenie temperaturnogo rezhima zemel' Krajnego Severa pri tekhnogennom narushenii pochvenno-rastitel'nogo pokrova // Agrarnyj vestnik Urala. 2011. № 7. S. 52–55.



14. Eremin D. I. Agrogennaya transformaciya chernozema vyshchelochennogo Severnogo Zaural'ya : dis. ... d-ra biol. nauk. Tyumen', 2012. 452 s.
15. Eremin D. I. Izmenenie soderzhaniya i kachestva gumusa pri sel'skohozyajstvennom ispol'zovanii chernozema vyshchelochennogo lesostepnoj zony Zaural'ya // Pochvovedenie. 2016. № 5. S. 584–592. DOI: 10.7868/S0032180X1605004X.
16. Eremin D. I. Agrogennoe izmenenie granulometricheskogo sostava pri raspashke chernozema vyshchelochennogo v lesostepnoj zone Zaural'ya // Vestnik KrasGAU. 2014. № 8. S. 34–36.
17. Huzhahmetova G. YU., Habirov I. K. Perspektivy ispol'zovaniya ozernogo sapropelya // Sel'skohozyajstvennye nauki i agropromyshlennyy kompleks na rubezhe vekov. 2016. № 17. S. 27–32.
18. Skipin L. N., Petuhova V. S., Mitrofanov N. G. Vozmozhnosti uluchsheniya svojstv burovyyh shlamov dlya ih rekul'tivacii // Vestnik KrasGAU. 2012. № 1. S. 28–31.
19. Abramov N. V., Eremin D. I. Morfogeneticheskie osobennosti chernozemnykh pochv vostochnoj okrainy Zaural'skoj lesostepi // Agrarnyy vestnik Urala. 2008. № 2. S. 62–64.

Yakobyuk Lyubov' Il'ichna, Candidate of Pedagogical Sciences, the Head of Mathematics and Informatics Department, State Agrarian University of the Northern Trans-Urals.

E-mail: lyakobuk@yandex.ru.

Eremin Maxim Dmitrievich, a 1st year student, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering.

E-mail: Kasko7220@mail.ru.

Eremina Diana Vasilyevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of Mathematics and Informatics Department, State Agrarian University of the Northern Trans-Urals.

E-mail: diana-eremina@mail.ru.

VETERINARY SCIENCES

The influence of microclimate on safety and metabolism in replacement chickens

M. A. Derkho, T. I. Sereda

The article deals with the study of the effect of microclimate indicators in the poultry house on the biochemical parameters of the replacement chicken of ROSS 308 according to the age and safety level of poultry stock. It has been revealed that the microclimate parameters in the poultry house correspond to the hygienic and technological requirements (with the exception of humidity); but they change (increase/decrease) due to the age-related growth and the intensity of living processes and become less comfortable. This influences the level of poultry stock safety which is systematically reduced from 99.01 (45-day age) to 98.70% (108-day age). The safety exceeds the norm according to the passport of cross at 45 and 87-day age by 0.16-0.21%; and on the contrary, it decreases by 0.10% at 108-day age. The change in microclimate parameters and the safety is associated with the dynamics of protein and lipid metabolism indices in the blood of young replacement chickens. In the blood of 108-day-old chickens the concentration of globulins and triacylglycerides decreases in comparison with the 45-day-old chicken, respectively by 23.81 and 28.02%; the level of total lipids and total cholesterol increases by 46.27 and 63.86%, which initiates the shifts in organism reactivity, energy exchange and heat exchange processes with the environment.

Keywords: microclimate, safety, protein, lipid, blood, chicken.

References

1. Arhipov A. V. Lipidnoe pitanie, produktivnost' pticy i kachestvo produktov pticevodstva. M. : Agrobiznescentr, 2007. 440 s.
2. Galiev A. I. Vliyanie mikroklimata na belkovyy obmen zhivotnykh // Uchenye zapiski Kazanskaya GAVM im. N. EH. Bauman. 2011. T. 206. S. 46–51.

3. Gamidov M. G., Popova L. N. Vliyanie mikroklimata na morfologicheskie pokazateli u cyplyat // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. № 9. S. 139–141.
4. Zakipnyaya E. V. Vliyanie vozdushnoy sredy na produktivnye kachestva i fiziologicheskoe sostoyanie cyplyat-brojlerov v usloviyah Priamur'ya : avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk. Ufa : UGAU, 2005. 24 s.
5. Zakrzhevskaya K. S., Derho M. A., Sereda T. I. Vliyanie vozrasta na lipidnyj obmen i yajcenost' kur-nesushek v usloviyah ehkositemy pticefabriki // APK Rossii. 2016. T. 75. № 1. S. 25–29.
6. Kartush K. M. Lipidnyj obmen v organizme kur v vozrastnom aspekte i pri raznykh usloviyah soderzhaniya // Veterinarnoe i zootekhnicheskoe obsluzhivanie zhivotnovodstva v novykh usloviyah hozyajstvovaniya : mezhvuz. sb. nauch. trudov. Kazan', 2001. S. 136–138.
7. Kletikova L. Belkovyj i uglevodnyj obmen veshchestv u nesushek // Pticevodstvo. 2010. № 1. S. 55–56.
8. Kolesnik E. A., Derho M. A. Korrelyacionnaya vzaimosvyaz' sohrannosti i kliniko-biohimicheskikh parametrov u brojlerov krossa ISA15 // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2011. T. 3. № 31–1. S. 105–108.
9. Kolesnik E. A., Derho M. A. Sezonnaya dinamika fiziologicheskikh parametrov krovi i ih svyaz' s sohrannost'yu brojlerov // Vestnik Tomskego gosudarstvennogo universiteta. 2013. № 368. S. 186–188.
10. Kolesnik E. A., Derho M. A. O klasternoj sisteme fosfolipidov v ontogeneze brojlernykh cyplyat // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2015. T. 50. № 2. S. 217–224 (doi: 10.15389/agrobiology.2015.2.217rus, doi: 10.15389/agrobiology.2015.2.217eng.).
11. Ovsyannikov A. P., Domolazov S. M. Pokazateli mikroklimata v pticevodcheskom pomeshchenii dlya kur nesushek // Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N. E. H. Bauman. 2015. T. 221. № 1. S. 160–161.
12. Pisarev Yu., Tret'yakov A. Optimal'nyj mikroklimat v ptichnikah // Pticevodstvo. 2006. № 1. S. 37–38.
13. Severin E. S. Biohimiya. M. : GEHOTAR-MED, 2003. 779 s.
14. Sereda T. I., Razumovskaya L. M., Derho M. A. Harakteristika belkovykh frakcij syvorotki krovi kur krossa «Loman-belyj» i ih svyaz' s yaichnoj produktivnost'yu // Veterinarnyj vrach. 2009. № 6. S. 67–69.
15. Sincerovala A. M. Produktivnost' i sohrannost' cyplyat-brojlerov pri razlichnykh svetovykh rezhimakh s postoyannoj osveshchennost'yu // Uchenye zapiski Vitebskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny. 2013. T. 49. № 1–2. S. 172–174.
16. Tuzov I. N., Serous K. G. Vliyanie mikroklimata na molochnuyu produktivnost' korov // Sb. nauch. trudov Severo-Kavkazskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva. 2014. T. 2. № 3. S. 115–119.
17. Harlap S. Yu., Derho M. A., Loretc O. G. Rol' belkov krovi v realizacii stress-induciruyushchego vozdejstviya shuttelirovaniya v organizme cyplyat // Agrarnyj vestnik Urala. 2016. № 03 (145). S. 67–71.
18. Shahova Yu. Yu. Vpliv temperaturi ta vologosti u ptashniku na produktivnost' kurej bat'kivs'kogo stada yachnogo krossu Loman Braun lajt // Nauchno tekhnicheskij byuleten' IT NAAN. 2012. № 108. S. 158–162.
19. Kolesnik E. A., Derkho M. A. Clinical diagnostics of adaptive resources of the broiler chicks' organism // Indian Journal of Science and Technology. 2016. Vol. 9 (29). P. 1–7 (doi: 10.17485/ijst/2016/v9i29/89335).

Derkho Marina Arkadyevna, Doctor of Biological Sciences, Professor, the Head of the Organic, Biological and Physcolloid Chemistry Department, FSBEI HE “South Ural State Agrarian University”.
E-mail: derkho2010@yandex.ru.

Sereda Tatiana Igorevna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Organic, Biological and Physcolloid Chemistry Department, FSBEI HE “South Ural State Agrarian University”.
E-mail: derkho2010@yandex.ru.



Diet nutrients and energy consumption with fodder additive Vetosporin-Active by Simmental steer bull-calves

V. I. Kosilov, E. A. Nikonova, D. S. Vilver

The article provides the research results of the basic nutrients consumption and utilization in the diet when feeding Simmental steer bull-calves with the fodder additive Vetosporin-Active in the amount of 0.05 and 0.10 g per 1 kg of fodder. It has been revealed, that the utilization of probiotic fodder additive Vetosporin-Active in feeding steer bull-calves of experimental groups contributed to an increase in the nitrogen retention in their body. Thus, the youngest animals of group I (control) was inferior to the analogs of groups II and III of the experimental groups in terms of the nitrogen utilization coefficient by 0.94 % and 1.39 % from received additive, by 0.52 % and 0.88 % from digested additive. The leading position of the steer bull-calves of the III experimental group according to the nitrogen utilization coefficient has been revealed. At the same time, the young animals of the II experimental group were inferior to the analogues of the III experimental group according to the nitrogen utilization coefficient by 0.45 % from received additive, by 0.36 % from digested additive. The obtained data suggest that the utilization of probiotic fodder additive Vetosporin-Active in the diet of animals contributed to increasing the productivity of energy use. In terms of gross energy, the increase in the value of the studied indicator in the steer bull-calves of the second and third experimental groups compared with the analogues of the first (control) group was 0.89 % and 1.08 %, the exchange energy was 2.05 % and 2.07 %. Full, balanced feeding was organized during all process of growing Simmental steer bull-calves. In this case, the use of probiotic fodder additive Vetosporin-Active contributed to a greater consumption of all types of fodder, nutrients and energy by the young animals of the second and third experimental groups. Under these circumstances, the greatest effect was observed using the approved additive in a dose of 0.10 g per 1 kg of fodder.

Keywords: cattle breeding, Simmental breed, steer bull-calves, fodder additive Vetosporin-Active, nutrients consumption.

References

1. Mironenko S. I., Kosilov V. I. Myasnye kachestva cherno-pestrogo skota i ego pomesej // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2010. № 2. S. 68–69.
2. Vil'ver D. S., Fomina A. A. Vliyanie ehnergeticheskoy kormovoj dobavki na izmenchivost' pokazatelej molochnoj produktivnosti korov cherno-pestroj porody // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 1 (63). S. 140–142.
3. Litovchenko V. G. Gematologicheskie pokazateli simmental'skih bychkov raznyh genotipov v usloviyah Yuzhnogo Urala. 2013. № 2 (108). S. 18–21.
4. Kosilov V. I., Mironenko S. I. Formirovanie i realizaciya reproduktivnoj funkcii matok KRS krasnoj stepnoj porody i ee pomesej // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2010. № 3. S. 64–66.
5. Tagirov H. H., Shakirov R. R. Vosproizvoditel'nye kachestva tyolok chyorno-pyostroj porody na fone skarmlivaniya probioticheskoy kormovoj dobavki biogumitel' // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. № 3 (41). S. 129–132.
6. Potreblenie i ispol'zovanie pitatel'nyh veshchestv racionov bychkami simmental'skoj porody pri vkl'yuchenii v racion probioticheskoy dobavki Biogumitel' 2G / V. I. Kosilov [i dr.] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 1 (63). S. 204–206.
7. Vil'ver D. S., Fomina A. A. Vliyanie ehnergeticheskoy kormovoj dobavki na gematologicheskie pokazateli korov cherno-pestroj porody // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 2 (64). S. 100–102.
8. Kosilov V. I., Mironova I. V., Harlamov A. V. EHffektivnost' ispol'zovaniya pitatel'nyh veshchestv racionov bychkami chyorno-pyostroj porody i eyo dvuh-tryohporodnyh pomesej // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 2 (52). S. 125–128.
9. Vliyanie probioticheskoy kormovoj dobavki Biogumitel' 2G na rost i razvitie bychkov simmental'skoj porody / V. I. Kosilov, E. A. Nikonova, D. S. Vil'ver, N. M. Gubajdullin // APK Rossii. 2017. T. 24. № 1. S. 197–205.

10. Vil'ver M. S. Pokazateli faktorov estestvennoj rezistentnosti telok raznogo vozrasta i ih povtoryaemost' // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 5 (55). S. 140–143.
11. Tagirov H. H., Vagapov F. F. Osobennosti rosta i razvitiya bychkov chorno-pyostroj porody pri skarmlivanii probioticheskoy kormovoj dobavki biogumitel' // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. № 6 (38). S. 123–126.
12. Kosilov V. I., Mironova I. V. Potreblenie pitatel'nyh veshchestv i balans azota u korov chorno-pyostroj porody pri vvedenii v ih racion probioticheskogo preparata Vetosporin-aktiv // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 3 (53). S. 122–124.
13. Vil'ver D. S. Fiziko-himicheskie pokazateli moloka korov v zavisimosti ot vozrasta pervogo osemneniya telok // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2010. T. 4. № 28–1. S. 110–112.
14. Properties of morphogenesis of functional groups and particular skeletal muscles in red steppe young stock under southern urals conditions / V. I. Levakhin [et all.] // Russian Agricultural Sciences. 2015. T. 41. № 6. S. 481–484.
15. Vil'ver D. S. Vliyanie vozrasta pervogo osemneniya telok na molochnuyu produktivnost' korov cherno-pestroj porody raznogo vozrasta // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 6 (56). S. 140–142.
16. Litovchenko V. G., Tyulebaev S. D., Kadysheva M. D. Dinamika zhivoj massy i vozrast matok raznyh genotipov v period stanovleniya i realizacii reproduktivnoj funkcii skota // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2010. № 4 (28). S. 110–112.
17. Muratov A. A., Gorelik O. V., Vil'ver D. S. ehffektivnost' otkorma svinej raznyh genotipov // Kormlenie sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh i kormoproizvodstvo. 2010. № 10. S. 33–36.
18. Kosilov V. I. Nauchnye i prakticheskie osnovy uvelicheniya proizvodstva govyadiny pri sozdanii pomesnyh stad v myasnom skotovodstve : avtoref. dis. ... d-ra s.-h. nauk. Orenburg : Orenburgskij GAU, 1995. 48 s.
19. Osobennosti formirovaniya ehkster'era molodnyaka molochnogo, myasnogo i kombinirovannogo napravleniya produktivnosti / A. A. Salihov, V. I. Kosilov, N. M. Gubashev, T. S. Kubatbekov // Fylym zhane bilim. 2016. № 1 (42). S. 71–77.
20. Vil'ver D. S. Vliyanie paratipicheskikh faktorov na biohimicheskij i morfologicheskij sostav krovi korov cherno-pestroj porody // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 3 (53). S. 137–139.
21. Harlamov A. V., Irsultanov A. G., Zav'yalov O. A. Effektivnost' proizvodstva govyadiny pri razlichnoj tekhnologii vyrashchivaniya podsosnyh telyat na pastbishche i dal'nejshego ih otkorma na ploshchadke // Vestnik myasnogo skotovodstva. 2006. T. 1. № 59. S. 323–328.
22. Seltsov V. I., Sermyagin A. A. Assessment of persistence components of milk from Simmental cows-heifers of different origin // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2014. T. 36. № 12. C. 3–8.

Kosilov Vladimir Ivanovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of Production Technology and Livestock Products Processing Department, FSBEI HE “Orenburg State Agrarian University”.

E-mail: Kosilov_vi@bk.ru.

Nikonova Elena Anatolyevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Production Technology and Livestock Products Processing Department, FSBEI HE “Orenburg State Agrarian University”

E-mail: nikonovaea84@mail.ru

Vilver Dmitriy Sergeevich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Genetics and Farm Animals Breeding Department, FSBEI HE “South Ural State Agrarian University”.

E-mail: dmitriy.vilver@mail.ru.



The effect of stress sensitivity of pigs grown under different conditions of technology on the consumer and technological properties of salted pork fat

A. I. Kuznetsov

The purpose of the research was to study the effect of stress sensitivity on the physicochemical and technological properties of salted pork fat from stress-sensitive pigs grown under different conditions. The experimental part of the work was carried out in the conditions of the pig-breeding complex owned by LLC "Krasnogorskoye" (the Chelyabinsk region). Laboratory studies were conducted in the laboratories of the Veterinary Medicine Institute of the South Ural State Agrarian University and accredited by the testing laboratory of "Samotsvet" integrated plant of "Rosrezerv" system. Three groups, each consisting of 30 heads, were formed. Before group formation, the stress sensitivity in piglets was determined by A. I. Kuznetsov and F. A. Sunagatullin method (1990). The piglets were obtained from the sows of large white breed inseminated with sperm of Landrass boars. The first group was formed from a number of stress-resistant piglets; the second group consisted of stress-sensitive, without stress-resistant animals; the third group included stress-sensitive and stress-resistant piglets (15 heads in each group). Separate growing of stress-sensitive piglets allowed to reduce the competition degree for life among piglets, to provide hierarchical stability and to prevent psychophysiological stress. Animals were killed at the age of 222 days. Spinal pork fat was used as research material. The chemical composition and biological value of salted pork fat was estimated according to the content of moisture, protein, ash, saturated and unsaturated fatty acids, carotenoids, the melting point, iodine number. The studies have shown that the salted pork fat obtained from stress-resistant animals has higher quality, nutritional value and technological properties. Growing stress-sensitive animals under the conditions when there is no competition with stress-resistant piglets in the group allows to increase the content of fat, ash, phospholipids, saturated fatty acids, carotenoids, tocopherols, melting temperature, iodine index by 1.1 – 11.0%. Besides it allows to decrease the amount of water, protein, cholesterol, monounsaturated fatty acids, polyunsaturated acids by 4.1-66.7%. Such salted pork fat is similar to the salted pork fat obtained from stress-resistant pigs and can be used for making smoked products. Salted pork fat obtained from stress-sensitive pigs and grown under the competition conditions with stress-resistant animals is of the lowest quality. Such salted pork fat is more susceptible to hydrolytic and oxidative damage and quickly loses its taste qualities both during ordinary salting and smoking.

Keywords: stress sensitivity of piglet, consumer and technological properties of salted pork fat, various conditions of technology for growing piglets.

References

1. Harakteristika skorosti rosta, otkormochnykh i myasnykh kachestv porosyat, imeyushchih raznuyu stressovuyu chuvstvitel'nost' v raznykh usloviyakh vyrashchivaniya / A. I. Kuznecov, T. I. Bezharin', N. P. Smolyakova, A. N. Levickij // Materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Razrabotka i vnedrenie novykh tekhnologiy po pererabotke produktov zhivotnovodstva». Troick : UGAVM, 2014. S. 25–29.
2. Antistressovaya aktivnost' i ehffektivnost' primeneniya farmakologicheskogo kompleksa SPAO kuram roditel'skogo stada / V. I. Fisinin, A. V. Miftahutdinov, V. V. Ponomarenko, D. E. Anosov // Agrarnyj vestnik Urala. 2015. № 12. S. 54–58.
3. Zhuravel' N. A., Anosov D. E., Miftahutdinov A. V. Ekonomicheskaya ehffektivnost' farmakologicheskoy profilaktiki stressov pri vyrashchivanii remontnogo molodnyaka i sodержaniya roditel'skogo stada kur myasnogo napravleniya produktivnosti // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2017. № 1. S. 44–49.
4. Anosov D. E., Mitrohina A. S., Miftakhutdinov A. V. Efficiency the SM pharmacological complex at debeaking and fattening chickens // Advances in Agricultural and Biological Sciences. 2015. № 2. R. 11–17.
5. Kuznecov A. I., Bojko M. A. Izmeneniya kachestva shpika ubojnykh svinej, imeyushchih raznuyu stressovuyu chuvstvitel'nost', pri dlitel'nom ego hranenii // Materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Upravlenie kachestvom i konkurentosposobnost' potrebitel'skih tovarov. Ekonomika APK». Troick : UGAVM, 2012. S. 25–37.

6. Kuznecov A. I., Bojko M. A. Tovarovednaya harakteristika myasa svininy, poluchennoj ot zhivotnyh s raznoj stressovoj chuvstvitel'nost'yu, pri dlitel'nom hranenii // Materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Upravlenie kachestvom i konkurentosposobnost' potrebitel'skih tovarov. Ekonomika APK». Troick : UGAVM, 2012. S. 41–44.
7. Kuznecov A. I., Bojko M. A. Tovarovednaya harakteristika myasa-svininy, poluchennoj ot zhivotnyh s raznoj stressovoj chuvstvitel'nost'yu // Materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., «Razrabotka i vnedrenie novyh tekhnologij po pererabotke produktov zhivotnovodstva». Troick : UGAVM, 2014. S. 25–37.
8. Anosov D. E., Miftahutdinov A. V. Sravnitel'noe vozdejstvie litijsoderzhashchih farmakologicheskikh sredstv na sostoyanie prooksidantnoj i antioksidantnoj sistem organizma cyplyat pri debikirovanii // APK Rossii. 2015. T. 73. S. 145–150.
9. Fisinin V. I., Miftahutdinov A. V., Anosov D. E. Farmakologicheskaya profilaktika stressa u cyplyat pri debikirovanii // Doklady Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk. 2015. № 6. S. 50–53.
10. Kuznecov A. I. Vliyanie stressovoj chuvstvitel'nosti svinej na biologicheskuyu cennost' svininy // Materialy VI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Tamozhennyj soyuz i Evrazijskoe ehkonomicheskoe soobshchestvo». Dulatovskie chteniya. Kostanaj, 2014. S. 32–36.
11. Effektivnost' stimulyatora metabolizma SM-Complex pri otkorme cyplyat-brojlerov / A. V. Miftahutdinov [i dr.] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2014. № 12. S. 54–56.
12. Anosov D. E., Miftahutdinov A. V. Sopostavitel'nyj analiz farmakologicheskikh skhem profilaktiki stressa, razvivayushchegosya pri debikirovanii cyplyat // Problemy i puti razvitiya veterinarii vysokotekhnologichnogo zhivotnovodstva : mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 45-letiyu GNU VNIVIPFiT Rossel'hozokademii (1–2 oktyabrya 2015 g.). Voronezh : Istoki, 2015. S. 50–53.
13. Harakteristika otkormochnyh i myasnyh kachestv gibridnyh svinej v svyazi s ih stressovoj chuvstvitel'nost'yu / T. I. Bezharin, N. P. Smolyakova, A. N. Levickij // Materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Nauchnye i innovacionnye podhody v veterinarnoj medicine. Upravlenie kachestvom i konkurentosposobnost' potrebitel'skih tovarov». Troick : UGAVM, 2015. S. 25–30.
14. Kuznecov A. I., Sunagatullin F. A. Opredelenie stressovoj chuvstvitel'nosti svinej // Materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Aktual'nye problemy intensivizatsii zhivotnovodstva i podgotovki specialistov». Troick, 1990. S. 87.
15. Antipova L. V., Glotova I. A., Rogov I. A. Metody issledovaniya myasa i myasnyh produktov. M. : KolosS, 2001.

Kuznetsov Alexandr Ivanovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, FSBEI HE “South Ural State Agrarian University”.

E-mail: phiziology_ugavm@mail.ru.

The characteristics of growth and natural resistance indices in purebred and cross-breeding young animals of Hereford breed

T. T. Levitskaya, N. V. Fomina

The article presents the estimation results of growth, natural resistance and its heritability indices in purebred and cross-breeding young animals of Hereford breed. The investigations were carried out in purebred bulls and heifers of Hereford breed and crossed animals with various blood system according to black and motley breed. Young animals were grown by suckling till 6 months of age. To assess the height, the weighing was carried out first at the newborn age, then at the age 3, 6, 9, 12 and 15 months. The total protein, proteinogram, phagocytic activity of leukocytes and phagocytic index were studied for characterizing non-specific natural resistance. The article presents data on blood indices in the periods after the birth, weaning and physiological maturity. The digital material was processed by the methods of variation statistics and variance analysis; the reliability was determined according to the Student's table. When growing young animals of Hereford breed of different genotypes under the same feeding conditions and maintenance, the crossbred young bulls and heifers of the first-generation show their genetic potential at maximum due to the heterosis effect under reliable intergroup differences. Blood tests have revealed that



biochemical blood indices are indirectly related to the productivity, and the level of total protein increased with the growth of young animals of different genotypes. The high values of cellular chain of natural resistance were also observed in purebred young animals and in first-generation crossbred animals; it indicates a high natural resistance. This fact is determined by the share of mothers-cows effect on the studied blood parameters in offspring. The results obtained show that the use of the first-generation crossbred young animals (50% is the blood of the Hereford breed; 50% is the blood of the black-motley breed) for the beef production in the commercial herd is more justified as they have high live weight parameters in different periods of growing and natural resistance.

Keywords: Hereford breed, genotype, live weight, natural resistance, heritability.

References

1. Promyshlennoe skreshchivanie kak sposob povysheniya myasnoj produktivnosti krupnogo rogatogo skota v regione Nizhnego Povolzh'ya / O. B. Gelunova, L. F. Grigoryan, A. A. Kajdulina, V. I. Hramova // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2011. № 8 (82). S. 62–67.
2. Gudymenko V. V. Effektivnost' promyshlennogo skreshchivaniya pri proizvodstve govyadiny // Izvestiya Orenburgskogo agrarnogo universiteta. 2014. № 2. S. 119–121.
3. Zhdanova A. Luchshie ubojnye kachestva – u pomesej // Zhivotnovodstvo Rossii. 2011. № 6. S. 48–50.
4. Kosilov V. I., Krylov V. N., Andrienko D. A. Effektivnost' ispol'zovaniya promyshlennogo skreshchivaniya v myasnom skotovodstve // Izvestiya Orenburgskogo agrarnogo universiteta. 2013. № 1 (39). S. 87–91.
5. Muhamedyanov M. M. Vazhnye faktory uvelicheniya proizvodstva vysokokachestvennoj govyadiny // Zootekhniya. 2013. № 9. S. 23–24.
6. Kibkalo L., Goncharova N. Simmental'skij i cherno-pestryj skot – rezerv uvelicheniya govyadiny // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2010. № 1. S. 12–14.
7. Zheltikov A., Grigor'eva E. Produktivnost' korov raznyh linij // Zhivotnovodstvo Rossii. 2012. № 5. S. 51–52.
8. Shennon D. Genetika «Imm'yuniti +»: protivostoyanie zabolevaniyam // Zhivotnovodstvo Rossii. 2014. № 5. S. 38–39.
9. Kosilov V. I., Zhukov A. P., Zhajmysheva S. S. Effektivnost' skreshchivaniya kazahskogo belogolovogo i simmental'skogo skota na Yuzhnom Urale // APK Rossii. 2016. T. 23. № 3. S. 652–656.
10. Pokazateli nespecificheskogo gumoral'nogo immuniteta bychkov / M. D. Kadyшева, V. G. Litovchenko, L. Z. Mazurovskij, S. D. Tyulebaev // Materialy mezhreg. nauch.-prakt. konf. uchennyh i specialistov «Puti uvelicheniya proizvodstva i povysheniya kachestva sel'skohozyajstvennoj produkcii». Orenburg, 2002. S. 46–47.
11. Tarasov M. V., Litovchenko V. G. Gematologicheskie pokazateli i estestvennaya rezistentnost' krovi u bychkov raznyh porod // Vestnik myasnogo skotovodstva. 2013. № 3 (81). S. 24–28.
12. Vil'ver M. S., Fomina N. V. Estestvennaya rezistentnost' korov- materej i ih docherej v stade OOO «Demetra» Chelyabinskoy oblasti // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. № 1 (45). S. 96–97.
13. Metody veterinarnoj klinicheskoy laboratornoj diagnostiki : spravochnik / pod red. I. P. Kondrahina. M. : KolosS, 2004. 520 s.
14. Azaubaeva G. S. Kartina krovi u zhivotnyh i pticy. Kurgan : Zaural'e, 2004. 168 s.
15. Kobcev M. F. Nekotorye aspekty promyshlennogo skreshchivaniya v skotovodstve // Innovacii i prodovol'stvennaya bezopasnost'. 2014. № 4 (6). S. 63–72.
16. Prohorov I., Kalmykova O., Gubina A. Tekhnologii vyrashchivaniya bychkov na myaso // Zhivotnovodstvo Rossii. 2011. № 10. S. 57–58.
17. Baltabekova A. Zh., Derho M. A. Tireoidnyj profil' bykov-proizvoditelej kazahskoj belogolovoj porody v zavisimosti ot vozrasta // APK Rossii. 2016. T. 23. № 3. S. 646–651.
18. Bezhinar' T. I., Punina N. S. Obshchie pokazateli estestvennoj rezistentnosti krupnogo rogatogo skota // Molodezh' i nauka. 2014. № 4. S. 2–24.
19. Samohin V.T. Problemy povysheniya rezistentnosti organizma zhivotnyh // Sbornik nauch. trudov. Voronezh : VNII nezaraznyh boleznej zhivotnyh, 1983. S. 3–9.

20. Levickaya T. T. Sravnitel'naya harakteristika belkovogo faktora estestvennoj rezistentnosti molodnyaka gerefordskoj porody krupnogo rogatogo skota raznyh genotipov // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2014. № 2 (26). S. 48–51.

21. Sostoyanie obmennyyh processov i faktorov estestvennoj rezistentnosti u korov, bol'nyh nekrobakteriozom / A. A. Evglevskij, V. Yu. Tarasov, E. P. Evglevskaya, G. A. Manukyan // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2011. № 2. T. 2. S. 71–72.

22. Levickaya T. T. Harakteristika kletochnyh faktorov zashchity organizma molodnyaka gerefordskoj porody // Agrarnyj vestnik Urala. 2009. № 2 (56). S. 70–72.

23. Levickaya T. T., Fomina N. V. Nasleduemost' pokazatelej estestvennoj rezistentnosti u telochek gerefordskoj porody ot chistoporodnyh i pomestnyh korov-materej // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 5 (55). S. 144–145.

Levitskaya Tatyana Timofeevna, assistant of the Department of Non-communicable Diseases, FSBEI HE "South Ural State Agrarian University".

E-mail: tatyana-levitskaya@mail.ru.

Fomina Natalia Vasilyevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Genetics and Animals Breeding, FSBEI HE "South Ural State Agrarian University".

E-mail: vip.nataly.f@mail.ru.

Probiotic fodder additive Biodarin effect on the growth and development of Simmental heifers

V. G. Litovchenko, S. S. Zhaymysheva, V. I. Kosilov, D. S. Vilver, B. S. Nurzhanov

The article presents the results of studying the features of fodder, dry matter, raw and digestible protein consumption, exchanged energy, as well as the parameters of live weight, absolute and average daily growth rates, relative growth rate, the coefficient of live weight gain with age, linear growth parameters of Simmental heifers when using the protein-vitamin-mineral additive Biodarin. In this case, the heifers of the II and III experimental groups were superior to the peers of the I (control) group according to hay consumption by 244 kg (4.4%) and 41 kg (7.6%) during the growing period, haylage by 32 kg (3.8%) and 58 kg (6.8%), corn silage by 31 kg (1.7%) and 87 kg (4.8%), green mass by 41 kg (1.8%) and 68 kg (3.1%) with equal consumption of dairy and concentrated fodder. Unequal fodder consumption by heifers of different experimental groups caused intergroup differences in the consumption of nutrients and energy. Under this circumstances, the heifers of the I (control) group were inferior to those of the II and III experimental groups according to the consumption of dry matter, respectively, by 12.94 kg (0.5%) and 41.79 kg (1.6%); fodder units by 19.9 kg (0.8%) and 46.4 kg (2.0%); the EFU by 14.9 (0.6%) and 30.8 (1.2%); exchanged energy by 148.8 MJ and 308.0 MJ; digestible protein by 6.59 kg (1.7%) and 9.31 kg (2.4%). In this case, 1 energetic feed unit contained 101.2-101.8 g of digestible protein, and the concentration of exchanged energy in 1 kg of dry matter was within 9.90-9.96 MJ. It should be noted, that the heifers of the II and III experimental groups were superior to the peers of the I (control) group by the live weight at the age of one, respectively, by 3.3 kg (1.1%, $P < 0.05$) and 6.2 kg (2.0%, $P < 0.05$); in 15 months by 4.6 kg (1.3%, $P < 0.05$) and 8.8 kg (2.4%, $P < 0.05$); in 18 months by 6.1 kg (1.4%, $P < 0.05$) and 11.3 kg (2.7%, $P < 0.01$). It has been found that the greatest effect was observed when the additive Biodarin in a dose of 7.0 g per 1 kg of fodder was used. Consequently, the heifers of the III experimental group were superior to the peers of the II experimental group in live weight during all age periods. At 6 months of age this superiority was 1.3 kg (0.7%, $P > 0.05$); at 12 months of age it was 2.9 kg (0.9%, $P < 0.05$); at 15 months of age it was 4.2 kg (1.1%, $P < 0.05$); at 18 months of age it was 5.2 kg (1.2%, $P < 0.05$).

Keywords: cattle breeding, Simmental breed, heifer, probiotic additive Biodarin, fodder, nutrients, energy, fodder consumption, growth and development.

References

1. Vil'ver D. S., Fomina A. A. Vliyanie ehnergeticheskoy kormovoj dobavki na izmenchivost' poka-



- zatelej molochnoj produktivnosti korov cherno-pestroj porody // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 1 (63). S. 140–142.
2. Litovchenko V. G. Gematologicheskie pokazateli simmental'skih bychkov raznyh genotipov v usloviyah Yuzhnogo Urala. 2013. № 2 (108). S. 18–21.
3. Potreblenie i ispol'zovanie pitatel'nyh veshchestv racionov bychkami simmental'skoj porody pri vkl'yuchenii v racion probioticheskoy dobavki Biogumitel' 2G / V. I. Kosilov [i dr.] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 1 (63). S. 204–206.
4. Vil'ver D. S., Fomina A. A. Vliyanie ehnergeticheskoy kormovoy dobavki na gematologicheskie pokazateli korov cherno-pestroj porody // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 2 (64). S. 100–102.
5. Sovershenstvovanie bestuzhevskogo i cherno-pestrogo skota na YUzhnom Urale / A. M. Belousov, V. I. Kosilov, R. S. Yusupov, H. H. Tagirov. Orenburg, 2004. 300 s.
6. Vliyanie probioticheskoy kormovoy dobavki Biogumitel' 2G na rost i razvitie bychkov simmental'skoj porody / V. I. Kosilov, E. A. Nikonova, D. S. Vil'ver, N. M. Gubajdullin // APK Rossii. 2017. T. 24. № 1. S. 197–205.
7. Zhajmysheva S. S. Biotekhnologicheskie aspekty primeneniya probiotikov // Universitetskij kompleks kak regional'nyj centr obrazovaniya, nauki i kul'tury : mater. Vseros. nauch.-metod. konf. (sbornik, s mezhdunarodnym uchastiem). 2015. S. 920–923.
8. Vil'ver M. S. Pokazateli faktorov estestvennoj rezistentnosti telok raznogo vozrasta i ih povtoryaemost' // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 5 (55). S. 140–143.
9. Kosilov V. I., Gubashev N. M., Nasambaev E. G. Povyshenie myasnyh kachestv kazahskogo belogolovogo skota putem skreshchivaniya // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2007. № 1 (13). S. 91–93.
10. Vil'ver D. S. Fiziko-himicheskie pokazateli moloka korov v zavisimosti ot vozrasta pervogo osemneniya telok // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2010. T. 4. № 28–1. S. 110–112.
11. Zhajmysheva S. S., Nurzhanov B. S. Ispol'zovanie ehnergii racionov bychkami kazahskoj belogolovoj porody pri skarmlivanii probioticheskogo preparata na osnove sorbenta // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2011. № 2 (30). S. 111–113.
12. Properties of morphogenesis of functional groups and particular skeletal muscles in red steppe young stock under southern urals conditions / V. I. Levakhin [et all.] // Russian Agricultural Sciences. 2015. T. 41. № 6. S. 481–484.
13. Vil'ver D. S. Vliyanie vozrasta pervogo osemneniya telok na molochnuyu produktivnost' korov cherno-pestroj porody raznogo vozrasta // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 6 (56). S. 140–142.
14. Zhajmysheva S. S., Shvyndenkova V. A. Sozdanie na Yuzhnom Urale matochnykh myasnykh stad na osnove pomesej simmentalov s limuzinami // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2011. № 1 (29). S. 88–91.
15. Litovchenko V. G., Tyulebaev S. D., Kadysheva M. D. Dinamika zhivoj massy i vozrast matok raznyh genotipov v period stanovleniya i realizacii reproduktivnoj funkcii skota // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2010. № 4 (28). S. 110–112.
16. Muratov A. A., Gorelik O. V., Vil'ver D. S. ehffektivnost' otkorma svinej raznyh genotipov // Kormlenie sel'skokozyajstvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo. 2010. № 10. S. 33–36.
17. Kosilov V. I. Nauchnye i prakticheskie osnovy uvelicheniya proizvodstva govyadiny pri sozdanii pomesnykh stad v myasnom skotovodstve : avtoref. dis. ... d-ra s.-h. nauk. Orenburg : Orenburgskij GAU, 1995. 48 s.
18. Vil'ver D. S. Vliyanie paratipicheskikh faktorov na biohimicheskij i morfologicheskij sostav krovi korov cherno-pestroj porody // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 3 (53). S. 137–139.
19. Nurzhanov B. S., Zhajmysheva S. S. Ubojnye kachestva bychkov simmental'skoj porody pri razlichnoj tekhnologii vyrashchivaniya // Kombikorma. 2008. № 1. S. 150–154.
20. Seltsov V. I., Sermyagin A. A. Assessment of persistence components of milk from Simmental cows-heifers of different origin // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2014. T. 36. № 12. C. 3–8.

Litovchenko Viktor Grigoryevich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, FSBEI HE “South Ural State Agrarian University”.

E-mail: tvi_t@mail.ru.

Zhaimysheva Saule Serekpaevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Production Technology and Livestock Products Processing Department, FSBEI HE “Orenburg State Agrarian University”.

E-mail: saule-zhaimysheva@mail.ru.

Kosilov Vladimir Ivanovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of Production Technology and Livestock Products Processing Department, FSBEI HE “Orenburg State Agrarian University”.

E-mail: Kosilov_vi@bk.ru.

Vilver Dmitriy Sergeevich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Genetics and Farm Animals Breeding Department, FSBEI HE “South Ural State Agrarian University”.

E-mail: dmitriy.vilver@mail.ru.

Nurzhanov Baer Serekpaevich, Candidate of Agricultural Sciences, Researcher of Beef Cattle Feeding Department, FSBSI “All-Russia Research Institute of Meat Cattle Breeding”.

E-mail: baer.nurzhanov@mail.ru.

TECHNICAL SCIENCE

The evaluation of starting characteristics of diesel engines by 13/14 dimension with individual cylinder heads

V. N. Bondar

To evaluate the effectiveness of measures for improving the starting properties of engines such as CH13/14 and CHN13/14, D-442I and D-461I diesel engines with individual cylinder heads were tested in various versions of layout in a “climatic chamber” designed for starting tests of diesel engines and provided a minimum ambient temperature of minus 55°C, and the maximum thermal power diverted from the test object under the thermal balance conditions (130 kW). The result of the tests has revealed that gas turbine pressurization availability does not affect the starting qualities of the engines. It has been found that the use of electric flame heating of inlet air allows to reduce the minimum temperature of starting diesel engines with an electric starter using oil M-8G2K from minus 5°C to minus 10°C; it was decreased to minus 20°C when using oil M-4z/8B2; it was lowered to minus 15°C when using oil M-8G2K in starting engine P-350-1; it was dropped to minus 25°C when using oil M-4z/8B2. The application of starter fuel enrichment allows to reduce the minimum starting temperature of diesel engines by 5°C (to minus 10°C). The use of a two-speed reduction gearbox facilitates the operation of the starting engine in its preparation for full power output and reduces the total duration of its operation when diesel engine starts at low temperatures by 5...7 min. The application of the starting heater ensures the starting of diesel engines CH413/14 and CHN13/14 at temperatures up to minus 40°C. The results of the research were used by JSC “PA Altai Motor Plant” in the process of upgrading the products and designing new models of diesel engines.

Keywords: diesel, engine starting, minimum starting temperature, climatic chamber.

References

1. Bondar, V.N. Razrabotka tehnikeskikh trebovaniy, pred'yavlyayemykh k sovremennoy avtotraktorной технике dlya Severa / V.N. Bondar, E.I. Berdov // Materialy 43-y Mezhdunarodnoy nauch.-tehn. konf. Assotsiatsii avtomobilnykh inzhenerov. - Omsk, 2003. - S. 44-50.
2. Belyh, V.V. Matematicheskaya model' klimaticheskikh uslovij (na primere CHelyabinska) / V.V. Blednyh // Vestnik CHGAA. - 2015. - T. 71. - S. 15-18.



3. Nikolaev, L.A. Sistemy podogreva traktornykh dizelej pri puske / L.A. Nikolaev, A.P. Stashkevich, I.A. Zaharov. - M.: Mashinostroyeniye, 1977. - 191 s.
4. Shishkov, V.V. Uluchsheniye pokazatelej rabocheho tsikla dizelya pri puske podogrevom vpusknogo zaryada: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.04.02 / Shishkov Viktor Vladimirovich. - Chelyabinsk, 2000. - 158 s.
5. Bondar', V.N. Rezul'taty ehksperimental'noj ocenki vliyaniya razlichnykh metodov predpuskovoypodgotovki traktornogo dizelya na ego puskovyye kachestva / V.N. Bondar', M.N. Lavrov, D.V. Romanov // B'deshchite izsledvaniya - Tom 29 Tekhnologii: Materialy za IH mezhdunarodna nauchna praktichna konferenciya. - Sofiya «ByalGRAD-BG» OOD, 2013. - S. 44-49.
6. Mitchell, K. The cold performance of diesel engines / K. Mitchell // SAE, 1993. - Paper 932768. - R. 678-687.
7. Bondar', V.N. Rezul'taty ehksperimental'noj ocenki vliyaniya razlichnykh metodov predpuskovoypodgotovki traktornogo dizelya na ego puskovyye kachestva / V.N. Bondar', Lavrov M.N., Romanov D.V. // B'deshchite izsledvaniya -Tom 29 Tekhnologii: Materialy za IH mezhdunarodna nauchna praktichna konferenciya. - Sofiya «ByalGRAD-BG» OOD, 2013. - S. 44-49.
8. Kalimullin, R.F. Opredeleniye racional'nykh usloviy ispol'zovaniya sredstv predpuskovoypodgotovki avtomobil'nogo dvigatelya. / R.F. Kalimullin, A.V. Kazakov // Vestnik Orenburgskogo Gosudarstvennogo Universiteta. - 2014. - № 10 (171). - S. 77-83.
9. Bondar', V.N. Eksperimental'noe issledovanie vliyaniya svechej naka-livaniya na puskovyye harakteristiki dizelej tipa CHN13/15 / V.N. Bondar' // Vestnik Sibirskogo otdeleniya Akademii voennykh nauk. - 2016. - № 38. - S. 92-96.
10. Malozyomov, A.A. Uluchsheniye puskovykh harakteristik transportnykh dizelej ispol'zovaniem sistemy termostatirovaniya masla / A.A. Malozyomov, V.N. Bondar', A.A. Seledkin, A.V. SHavlov // Materialy Mezhdunarodnoy nauch.-tekhn. konf. Assoatsii avtomobil'nykh inzhenerov (AAI) «Avtomobile- i traktorostroyeniye v Rossii: priority razvitiya i podgotovka kadrov», posvyashchennoj 145-letiyu MGTU «MAMI». Kn. 2. - M: MGTU «MAMI», 2010. - S. 46-51.
11. Malozemov, A.A., Improvement of the Forced Diesel Engines Starting Characteristics Using Oil Temperature Control System / A.A. Malozemov, V.N. Bondar, S.I. Cherepanov / Procedia Engineering: International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2016). - V. 150. - P. 143-148.
12. Bondar', V.N. Sovershenstvovanie sistemy maslovpryska dizelya tipa CHN15/18 / V.N. Bondar' // Trudy Mezhdunarodnogo Forumaprobproblemam nauki, tekhniki i obrazovaniya (Moskva 1-4 dekabrya 2009). - M.: Akademiya nauk o zemle, 2011. - S. 197-199.
13. Malozemov, A.A. Improvement of the Forced Diesel Engines Cold Starting Characteristics Using Oil Injection into the Cylinder / A.A. Malozemov, V.N. Bondar, V.S. Kukis / Procedia Engineering: International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2016) - V. 150. - P. 1149-1145.
14. Kukis, V.S. Uluchsheniye puskovykh kachestv porshnevnykh DVS v usloviyakh nizkikh temperatur okruzhayushchego vozduha zaschet ispol'zovaniya teplovoj trubyy / V.S. Kukis, V.N. Bondar', A.A. Hilaj // Vestnik akademii voennykh nauk. - 2015. - № 4 (53) - S. 157-159.
15. Bondar', V.N. Osobennosti puska dizelej tipa CH13/14 i CHN13/14 v us-loviyakh nizkikh temperatur okruzhayushchego vozduha / V.N. Bondar' // Materialy XII miedzynarodowej naukow-i-praktycznej konferencji «Kluczowe aspekty naukowej dzialalnosci - 2016». - V. 8. - Przemysl: Nauka i studia. - P. 43-49.
16. Bondar', V.N. Opyt OAO «NII ATT» po dovodke puskovykh harakteristik dizelej v klimaticheskoy kamere / V.N. Bondar', A.A. Malozyomov, V.S. Kukis // Izvestiya Mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya. - Vyp. № 12. - Tom 2. - 2012. - S. 8-12.

Bondar' Vladimir Nikolaevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Director of NP "Certification Center for Automotive and Tractor Machinery".

E-mail: scatt_74@mail.ru.

Diagnosing engine systems according to pressure parameters

A. V. Gritsenko, S. S. Kukov, A. S. Balyasnikov, V. D. Shepelev, E. V. Shepeleva

At present, automotive electronics is developing at a huge pace. Once considered as laboratory and academic methods of diagnosis, now they are used in the practice of operation, maintenance and repairing cars.

Many scientific organizations have tried to apply these methods earlier but the significant cost of the diagnostic tools used, the laboriousness of preparing the device, measuring, storing and processing the diagnostic information received did not allow to spread these technologies. At present, the cost of equipment, particularly digital oscilloscopes, is in the range of 2000-80000 rubles, which is quite possible to purchase for any auto-service enterprise. At the same time, the technological set of techniques was considerably simplified when using oscillographic methods. However, the technological features of the design of engine systems, their modes and output parameters have changed significantly. In this connection, experimental work was required to identify new regularities and relationships between the diagnostic parameters and the technical state of the engine systems. The article deals with the methodology of oscillographic diagnostic methods application. The carried out researches have allowed to expand essentially the possibilities of measurement methods of pressure pulsations in an inlet collector and pressure measurement in the combustion chamber in a scrolling mode by a starter. When implementing technological practice of methods using in comparison with analogs, the diagnosing time reduced by 10-30%; the reliability of the analysis is not less than 0.95; the sensitivity of the diagnostic parameters used allows to estimate the relative wear of 0.02 mm. The results obtained are recommended to be used at auto-servicing and auto-repairing enterprises.

Keywords: diagnosing, engine, intake system, gas distribution mechanism, pressure pulsation, amplitude, phase.

References

1. Zyryanov A. P., Shepelyov V. D. Ocenka ehkspluatatsionnyh pokazatelej gruzovogo transporta v rossijskoj federacii // *Ekologiya i nauchno-tekhnicheskij progress. Urbanistika*. 2014. № 1. S. 292–297.
2. Zyryanov A. P. Perspektiva razvitiya mashinno-traktornogo parka v rastenievodstve // *APK Rossii*. 2013. T. 63. S. 47–50.
3. Sosnin D. A., Yakovlev V. F. Novejshie avtomobil'nye ehlektronnye sistemy. M. : SOLON-Press, 2005. 240 s.
4. Goncharov A. A. Sovershenstvovanie tekhnologii diagnostirovaniya ehlektronnyh sistem upravleniya avtomobil'nyh dvigatelej : dis. ... kand. tekhn. nauk. Orenburg, 2004. 96 s.
5. Sosnin D. A. Avtotronika. Elektrooborudovanie i sistemy bortovoj avtomatiki sovremennyh legkovykh avtomobilej : ucheb. posobie. M. : SOLON-R, 2001. 272 s.
6. D'yachenko V. G. Teoriya dvigatelej vnutrennego sgoraniya : uchebnik / per. s ukr. yazyka. Har'kov : HNADU, 2009. 340 s.
7. Konstruirovaniye vpusknyh i vypusknyh kanalov dvigatelej vnutrennego sgoraniya / B. H. Draganov, M. G. Kruglov, V. S. Obuhova. Kiev : Vishcha shk., 1987. 175 s.
8. Rukovodstvo po ehkspluatatsii USB Autoscope III, rukovodstvo po rabote s programmoj USB oscillograf). Rezhim dostupa : http://www.autoscaners.ru/catalogue/files/689/program_usb_oscilloscope.pdf.
9. Obozov A. A., Tarichko V. I. Matematicheskoe imitacionnoe modelirovaniye rabocheho procesa avtomobil'nogo DVS v celyah izucheniya diagnosticheskoy informacii // *Dvigatelsestroenie*. 2013. № 2 (252). S. 21–26.
10. Kolchin A. I., Demidov V. P. Raschet avtomobil'nyh i traktornyh dvigatelej : ucheb. posob. dlya vuzov. 2-e izd., pererab i dop. M. : Vyssh. shk., 1980. 400 s.
11. Sazonov K. A. Diagnostirovaniye cilindro-porshnevoj gruppy dvigatelej vnutrennego sgoraniya pnevmaticheskim sposobom pri nizkikh rabochoih davleniyah : avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Chelyabinsk, 1997. 22 s.
12. Ivanov R. V. Diagnostirovaniye DVS po parametru moshchnosti mekhanicheskikh poter' : avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Volgograd, 2010. 40 s.
13. Ponizovskij A. Yu. Ocenka tekhnicheskogo sostoyaniya cilindroporshnevoj gruppy avtotraktornyh dizelej po raznosti raskhodov vozduha na vpuske i vypuske v puskovom rezhime : avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Novosibirsk, 2010. 111 s.
14. Baboshin A. A., Kosarev A. S., Malyshev V. S. Ocenka tekhnicheskogo sostoyaniya dvigatelej vnutrennego sgoraniya po davleniyu vo vpusknom i vypusknom kollektorah // *Vestnik MGTU*. 2013. T. 16. № 1. S. 23–32.
15. Grebennikov S. A., Petrov M. G., Grebennikov A. S. Sposob diagnostirovaniya ehlementov mekhanizma gazoraspredeleniya avtotraktornyh dvigatelej // *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2011. T. 8. № 3. S. 24–27.



16. Kuznecov V. N., Belyaev V. I., Mel'nikov F. P. Vliyanie faz gazoraspredeleniya na izmenenie davleniya vo vpusknom truboprovode mnogocilindrovogo dvigatelya // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. № 12. S. 137–141.
17. Kuznecov V. N., Belyaev V. I., Mel'nikov F. P. Raschet davleniya vo vpusknom truboprovode mnogocilindrovogo dvigatelya // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 3. S. 122–126.
18. Lagerev A. V. Metod differencial'nogo diagnostirovaniya gazoraspredelitel'nogo mekhanizma dvigatelej vnutrennego sgoraniya avtotransportnyh sredstv sel'skohozyajstvennogo naznacheniya : avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Ulan-Udeh, 2009. 20 s.
19. Proektirovanie gazovozdushnogo trakta porshnevnyh mashin. Kiev ; Doneck : Vishcha shk., 1977. 124 s.
20. Fedorov A. L. Metod diagnostirovaniya gazoraspredelitel'nogo mekhanizma avtomobil'nyh DVS po parametram izmeneniya davleniya vo vpusknom truboprovode : avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Irkutsk, 2011. 24 s.
21. Fedotov A. I., Fedorov A. L. Modelirovanie pul'sacij davleniya vo vpusknom kollektore avtomobil'nogo DVS pri izmenenii nastrojki GRM // Vestnik IrGTU. 2011. № 9 (56). S. 116–124.
22. Zyryanov A. P. Issledovanie vzaimosvyazi ehnergeticheskikh i tekhniko-ehkonomicheskikh pokazatelej raboty tyagovo-privodnyh agregatov // APK Rossii. 2015. T. 72. № 1. S. 36–39.
23. Kuznecov N. A., Pyataev M. V., Zelenin A. V. Rezul'taty proizvodstvennyh opytov po ustanovleniyu tyagovogo soprotivleniya pricepa // APK Rossii. 2015. T. 72. № 2. S. 68–73.
24. Plaksin A. M., Kachurin V. V. Vzaimosvyaz' processov ispol'zovaniya i vosstanovleniya rabotosposobnosti mashinno-traktornyh agregatov v rastenievodstve // APK Rossii. 2013. T. 63. S. 74–77.
25. Plaksin A. M., Kachurin V. V. Metodika obosnovaniya parametrov processa vosstanovleniya rabotosposobnosti mekhanizirovannyh kompleksov v rastenievodstve // APK Rossii. 2013. T. 65. S. 29–40.
26. Kachurin V. V., Plaksin A. M. Vosstanovlenie rabotosposobnosti mashinno-traktornyh agregatov mobil'nymi zven'yami // APK Rossii. 2011. T. 58. S. 134–136.

Gritsenko Alexandr Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Operation of Machine and Tractor Fleet Department, FSBEI HE “South Ural State Agrarian University”.
E-mail: alexgrits13@mail.ru.

Kukov Stanislav Semenovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Operation of Machine and Tractor Fleet Department, FSBEI HE “South Ural State Agrarian University”.
E-mail: kukov24@mail.ru.

Balyasnikov Alexey Sergeevich, post-graduate student of the Operation of Machine and Tractor Fleet Department, FSBEI HE “South Ural State Agrarian University”.
E-mail: btgr123@mail.ru.

Shepelev Vladimir Dmitrievich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Automobile Transport Department, FSAEI HE “South Ural State University (NRU)”.
E-mail: shepelev1978@mail.ru.

Shepeleva Elena Vitalyevna, postgraduate student of the Automobile Transport Department, FSAEI HE “South Ural State University (NRU)”.
E-mail: shepelev1978@mail.ru.

The investigation of stressed state of the restored teeth in splined shafts

A. G. Ignatiev, N. K. Smagin, A. S. Shirokov

The integrated technology is promising for restoring worn out teeth (splines) of splined shafts. The technological residual stresses during the reconstruction of the splines result in reducing the durability

of the restored shafts. The calculation results and experimental studies of residual stresses in the restored splines are presented in the article. The calculation of residual stresses is performed by the method of initial deformations. The rod with a rectangular cross-section clamped along the entire length into the shaft housing was accepted as a calculation model of the spline. A part of the rod thickness is welded to a given thickness along the entire lateral surface. The obtained calculation expressions describe the distribution of residual stresses in the welded spline. Based on the calculation results, the diagrams of residual stresses in the restored spline have been drawn. Experimental measurements of residual stresses have been performed by the method based on the indenter indentation into the surface of a part and the electron optical recording of the part reaction to the action. The fundamental principles of the method and technological aspects of its application are given. It is shown that the measurement data quite sufficiently correspond to the calculation results. It has been revealed that the largest residual stresses are localized in the root part of the spline in the fusion zone of the main and welded metals. In this zone, the residual stresses reach 400 MPa or 0.35 ... 0.4 of the yield point of the welded metal. On the surface of the welded zone, the tensile residual stresses do not exceed 100 MPa. In the most susceptible zone of the welded surface in the upper part of the spline, the residual stresses are compressive and reach 100 MPa. The calculation data and experimental studies have shown that stressed state of the spline restored in accordance with the combined technology is quite favorable from the point of view of wear resistance and fatigue strength.

Keywords: agricultural machinery, splined shaft, restoration, durability, welding, plastic deformation, residual stresses.

References

1. Avdeyev M.V., Volovik Ye.I., Ul'man I.Ye. Tekhnologiya remonta mashin i oborudovaniya. M. : Agropromizdat, 1986. 248 p.
2. Volovik Ye.L. Spravochnik po vosstanovleniyu detaley. M. : Kolos, 1981. 351 p.
3. Molodyk N.V., Zenkin A.S. Vosstanovleniye detaley mashin : spravochnik. M. : Mashinostroyeniye, 1989. 480 p.
4. Vosstanovleniye detaley mashin / F.I. Panteleyev, V.P. Lyalyakin, V.P. Ivanov, V.M. Konstantinov; red. V.P. Ivanova. M. : Mashinostroyeniye, 2003. 672 p.
5. Chernoiyanov V.I. Vosstanovleniye detaley sel'skokhozyaystvennykh mashin. M. : Kolos, 1983. 220 p.
6. Vosstanovleniye shlitsevykh valov naplavkoy v srede uglekislogo gaza s posleduyushchey nitrosegmentatsiyey / V.V. Bedin [i dr.] // Vestnik Kurskoy GSKHA 2 (2013): 67-69.
7. Godunov N.B. Obespecheniye rabotosposobnosti i resursosberezheniya pri vosstanovlenii i uprochnenii slozhnoprofil'nykh shlitsevykh detaley nakatkoj : diss. ... dokt. tekhn. nauk. Saratov, 2010. 261 p.
8. Sinichkin V.P. Tekhnologiya vosstanovleniya poluosey zadnikh mostov avtomobiley davleniyem : diss. ... kand. tekhn. nauk. Saratov, 2000. 202 p.
9. Magomedov R.YA. Sovershenstvovaniye tekhnologii vosstanovleniya ne-ravnomerno iznoshennykh po dline shlitsevykh vtulok kardannykh peredach osadkoj s prodol'nym profilirovaniyem shlitsev : avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. Saratov, 2012. 19 p.
10. Rudik F.YA., Godunov N.B. Puti povyshenii prochnostnykh pokazateley shlitsevykh detaley kardannykh peredach pri ikh vosstanovlenii // Vestnik SGAU 1 (2008): 53-56.
11. Sposob vosstanovleniya iznoshennykh bokovykh poverkhnostey shlitsev : pat. 2530924 Ros. Federatsiya. № 2013104481/02 ; opubl. 20.10.14, Byul. № 29.
12. Beloglazov N.S., Torbeye I.G., Shirokov A.S. Sovmeshchennaya tekhnologiya vosstanovleniya pryamobochnykh shlitsevykh valov / Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu : mat-ly XLIV mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Chelyabinsk : ChGAU, 2005. Ch. 4. P. 159-161.
13. Beloglazov N.S., Torbeye I.G., Shirokov A.S. Opredeleniye ploshchadi kontakta rolka s naplavlennym metallom pri vosstanovlenii zub'yev shlitsevykh valov / Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu : mat-ly XLIX mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Chelyabinsk : ChGAA, 2010. Ch. 4. P. 237-240.
14. Beloglazov N.S., Torbeye I.G., Shirokov A.S. Opredeleniye ploshchadi kontakta formoobrazuyushchego rolka s naplavlennym metallom pri vosstanovlenii pryamobochnykh shlitsev valov // APK Rossii 46 (2005): 217-220.



15. Vishnyakov YA.D., Piskarev V.D. Upravleniye ostatochnymi napryazheniyami v metallakh i splavakh. M. : Metallurgiya, 1989. 254 p.
16. Pronikov A.S. Nadezhnost mashin. M. : Mashinostroyeniye, 1978. 592 p.
17. Burumkulov F.KH., Lezin P.P. Rabotosposobnost i dolgovechnost vosstanovlennykh detaley i sborochnykh yedinit mashin. Saransk : Izd-vo Mordovskogo un-ta, 1993. 121 p.
18. Ignatiev A.G., Lisitsina Ye.V. Prognozirovaniye dolgovechnosti vosstanovlennykh detaley s uchetom ostatochnykh napryazheniy // APK Rossii 62 (2012): 50-53.
19. Ostatochnyye napryazheniya poverkhnostnogo sloya kak kriteriy soprotivleniya ustalosti detaley / V.F. Pavlov [i dr.]. // Vestnik Samarskogo gos. tekhn. un-ta. Seriya Fiz.-mat. Nauki 26 (2004): 115-121.
20. Kirpichev V.A. Razrabotka nauchnykh metodov prognozirovaniya soprotivleniya ustalosti uprochnennykh detaley s kontsentratorami napryazheniy: avtoref. diss. ... d-ra tekhn. nauk. Samara, 2009. 34 p.
21. Birger I.A. Ostatochnyye napryazheniya. M. : Mashgiz, 1963. 233 p.
22. Feodos'yev V.I. Soprotivleniye materialov : uchebnik. M. : MGTU im. N.E. Baumana, 1999. 592 p.
23. Vinokurov V.A., Grigor'yants A.G. Teoriya svarochnykh deformatsiy i napryazheniy. M. : Mashinostroyeniye, 1984. 280 p.
24. Ignatiev A.G. Metod izmereniya ostatochnykh napryazheniy na osnove uprugoplasticheskogo kontaktnogo vzaimodeystviya // APK Rossii 50 (2007): 51-59.
25. Mashrabov N., Ignatiev A.G., Suchilin V.I. Svoystva i kharakteristiki poverkhnostnogo sloya pri vosstanovlenii detaley vysokoskorostnoy argono-dugovoy naplavykoy // APK Rossii 57 (2010): 115-121.
26. Ignatiev A.G., Erofeev V.V., Tretyakov A.A. Residual Stress Measurements Using Elasto-plastic Indentation and ESPI // Materials Science Forum 843 (2016): 161-166.
27. Ignatiev A.G., Tretyakov A.A., Erofeev V.V. Izmereniye ostatochnykh napryazheniy v vosstanovlennykh i uprochnennykh detalyakh // Trudy GOSNITI 122 (2016): 167-171.
28. Ignatiev A.G., Tretyakov A.A. Eksperimental'naya optiko-elektronnaya ustanovka dlya izmereniya ostatochnykh napryazheniy v vosstanovlennykh detalyakh // Agropredovol'stvennaya politika Rossii 6(18) (2015): 24-28.
29. Marochnik staley i splavov / pod red. A.S. Zubchenko. M. : Mashinostroyeniye, 2003. 784 p.

Ignatiev Andrey Gennadyevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, the Department of Applied Mechanics, FSBEI HE "South Ural State Agrarian University".

E-mail: ignat74@bk.ru.

Smagin Nikolay Kuzmich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, the Department of Applied Mechanics, FSBEI HE "South Ural State Agrarian University".

E-mail: nikolay_smagin@mail.ru.

Shirokov Anatoliy Semenovich, assistant, the Department of Technology and mechanization of Livestock Farming and Engineering Graphics, FSBEI HE "South Ural State Agrarian University".

E-mail: shirokov3108@mail.ru.

Determination of the characteristics of a stationary random process in the reactor of a biogas unit using one implementation

Yu. P. Il'in, A. V. Belov, I. S. Stabulit, N. Yu. Kuz'mina, N. V. Rudnykh

The article deals with the problem of optimal control of raw materials heating in a horizontal reactor of a biogas plant with a heat-insulated lateral surface. The optimum control in this task is understood as the setting of such a boundary regime at the reactor ends, which will provide the temperature distribution in the reactor at the final instant of time, the closest (in the sense of a certain metric) to the desired temperature distribution. One of the spheres of the Russian energy industry is the use of non-traditional energy sources. This determines the increase in the contribution of biomass to the energy balance, for the purpose of anaerobic production of biogas. In this case, one of the problems is the optimal control of thermal conductivity processes in the reactors of biogas plants. The development and complication of the

production structure of raw materials processing into biogas and other components leads to the need for minimizing the costs of raw materials, temporary and human resources, at the same time for improving the quality of products, in the sense of its proximity to established standards. Besides, it is necessary to use all equipment capabilities to improve the productivity. Due to the influence of various factors, the quality of the products is reduced, and the amount of unprocessed raw materials is increased. It causes the necessity for developing management methods that would ensure the better development of the processes under study. Formally, the research deals with complex systems; and their state is characterized by one or more parameters distributed in space and time. Due to the complexity of technological production processes and the peculiarities of the physical processes of heat distribution occurring in the course of production, the boundary value problems of mathematical physics are used for mathematical modeling; and the control is determined by a functional of special type. Its structure depends on the control purposes. In some cases, the controlled system is considered as one-dimensional one. The theory of optimal control allows to select parameters that will provide the optimal functioning of the process under study. Thus, the development of new methods for the optimal control of thermal conductivity processes and the improvement of existing ones is an urgent scientific task.

Keywords: biogas plant, thermal conductivity equation, homogeneous medium, predetermined temperature regime on the end walls of the reactor, optimization, temperature regime control, control functions, Fourier series, cubic spline, initial-boundary problem for temperature, analytical solution, control effect approximation.

References

1. Antonov Yu. M. Osnovnye aspekty ehnergosberezheniya v sel'skom hozyajstve // Energoberezhenie v sel'skom hozyajstve. M., 1998. CH. 1. S. 44–46.
2. Dmitriev S. V. Razrabotka gibridnyh geneticheskikh algoritmov dlya resheniya zadach optimal'nogo upravleniya dinamicheskimi sistemami : avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Izhevsk, 2007. 125 s.
3. Svalova M. V. Matematicheskaya model' processa polucheniya biogaza iz othodov produkcii pticevodstva // Vestnik Izhevskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2008. № 3. S. 145–146.
4. Eder B., Shul'c H. Biogazovye ustanovki. Prakticheskoe posobie // Sajt kompanii «Zorg». 2008. Rezhim dostupa : http://zorgbiogas.ru/upload/pdf/Biogas_plants_Practics.pdf (data obrashcheniya 10.04.2017).
5. Abdullahi I., Isma'il A., Galadima A. Effect of Kinetic Parameters on Biogas Production from Local Substrate using a Batch Feeding Digester // European Journal of Scientific Research. 2011. Vol. 57. № 4. P. 626–634. Rezhim dostupa : http://www.eurojournals.com/EJSR_57_4_13.pdf (data obrashcheniya 21.03.2017).
6. Budiyo I. N., Widiya S. J. Increasing Biogas Production Rate from Cattle Manure Using Rumen Fluid as Inoculums // International Journal of Basic & Applied Sciences IJBAS-IJENS. 2010. Vol. 10. № 1. P. 68–74. Rezhim dostupa : <http://www.ijens.org/101501-8282%20IJBAS-IJENS.pdf> (data obrashcheniya 21.03.2017).
7. Gerber M. An Analysis of Available Mathematical for Anaerobic Digestion of Organic Substances for Production of Biogas // Ruhr-Universitat Bochum. 2008. Rezhim dostupa : http://www.ruhr-uni-bochum.de/thermo/Forschung/pdf/IGRC_Full_Paper_Paris.pdf (data obrashcheniya 09.04.2017).
8. Ntengwe F. W., Njovu L., Kasali G. Biogas production in cone-closed floatingdome batch digester under tropical conditions // International Journal of ChemTech Research. 2010. Vol. 2. № 1. P. 483–492. Rezhim dostupa : [http://sphinxai.com/sphinxaiVol_2No.1/ChemTech_Vol_2No1/ChemTech_Vol_2No1PDF/CT=78%20\(483-492\).pdf](http://sphinxai.com/sphinxaiVol_2No.1/ChemTech_Vol_2No1/ChemTech_Vol_2No1PDF/CT=78%20(483-492).pdf) (data obrashcheniya 21.02.2017).
9. CHmil' A. I. Matematicheskoe modelirovanie i optimizaciya processov metanovogo sbrazhivaniya zhivotnovodcheskikh othodov // EHkotekhnologii i resursoberezhenie. 1996. № 2. S. 20–24.
10. Varfolomeev S. D., Gurevich K. G. Biokinetika: Prakticheskij kurs. M. : FAIR-PRESS, 1999. 720 s.
11. Butkovskij A. G. Teoriya optimal'nogo upravleniya sistemami s raspredelennymi parametrami. M. : Nauka, 1965. 474 s.
12. Butyrin B. I., Ful'shtinskij L. A. Optimal'noe upravlenie temperaturnym polem v sterzhne pri programmnom izmenenii zony upravleniya // Prikladnaya mekhanika. 1976. T. 12. № 8. S. 115–118.



13. Vabishevich P. N. Vychislitel'nye metody matematicheskoy fiziki. Obratnye zadachi i zadachi upravleniya. M. : Vuzovskaya kniga, 2009. 268 s.
14. Vasil'ev F. P. Metody optimizatsii : v 2-h kn. Mn. : MNCNMO, 2011. CH. II. 434 s.
15. Lions ZH. L. Optimal'noe upravlenie sistemami, opisyyvaemyi uravneniyami s chastnymi proizvodnymi. M. : Mir, 1972. 416 s.
16. Liskovec O. A. Variatsionnye metody resheniya neustojchivyykh zadach. M. : Nauka i tekhnika, 1981. 344 s.
17. Martinson L. K., Malov YU. I. Differentsial'nye uravneniya matematicheskoy fiziki. 2-e izd. M. : Izd-vo MGTU im. N. EH. Bauman. 2002. 368 s.
18. Camarckij A. A., Vabishchevich P. N. Vychislitel'naya teploperedacha. M. : Editorial URSS, 2003. 784 s.
19. Cveshnikov A. G., Bogolyubov A. N., Kpavcov V. V. Lekcii po matematicheskoy fizike. M. : Hauka, 2004. 416 s.
20. Tihonov A. N., Samarskij A. A. Uravneniya matematicheskoy fiziki. M. : Hauka, 2004. 798 s.
21. Fursikov A. V. Optimal'noe upravlenie raspredelennymi sistemami. Teoriya i prilozheniya. Novosibirsk : Nauchnaya kniga, 1999. 352 s.
22. Utochnenie matematicheskoy modeli vliyaniya temperatury na ustojchivost' rezhima pererabotki substrata v BGU / Yu. P. Il'in [i dr.] // APK Rossii. 2016. T. 23. № 3. S. 567–574.

Il'in Yuriy Petrovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Energy Supply and Automation of Technological Processes", FSBEI HE "South Ural State Agrarian University".

E-mail: U-ilyin@mail.ru.

Belov Alexandr Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Energy Supply and Automation of Technological Processes", FSBEI HE "South Ural State Agrarian University".

E-mail: U-ilyin@mail.ru.

Kuz'mina Natalia Yuryevna, competitor of the Department "Energy Supply and Automation of Technological Processes", FSBEI HE "South Ural State Agrarian University".

E-mail: U-ilyin@mail.ru.

Stabulit Irina Stanislavovna, Senior Lecturer, the Department of Mathematics, FSBEI HE "South Ural State Agrarian University".

E-mail: U-ilyin@mail.ru.

Rudnykh Natalia Viktorovna, assistant of the Department "Energy Supply and Automation of Technological Processes", FSBEI HE "South Ural State Agrarian University".

E-mail: U-ilyin@mail.ru.

Numerical characteristics analysis of binormal distribution of teat cup liner movements in milking machines

A. N. Kozlov, B. Sh. Barpybaev, U. N. Nurdan

The reliable estimates of numerical characteristics of the teat cup liner movements in milking machines, and the functions and spectral density parameters have been obtained. The analysis of random variables of displacing the opposite walls of the teat cup liner by Ultraliner DL000U in the milking machine sleeve has been given. It has been carried out by comparing the numerical characteristics of the binomial distribution using the random variables of the teat cup liner movements from the first to the twelfth month of operation. According to the tabular data showing the distribution parameters of the teat

cup liner displacements, the following results has been revealed: the density of random variables of teat cup liner from the 1st to the 9th months of operation is in the range of 6 ... 9 mm; and from the 10th month it sharply increases to 12.5; from the 11th month it is 13.4 and to the 12th month it reaches 15 mm. The graphical interpretation of the tabular data of random variables density is described by the polynomial function $y = 0.1138x^2 - 0.8567x + 8.5308$ with the regression coefficient $R^2 = 0.723$. The curve describing this dependence till the seventh month practically does not change and its increase begins from the ninth month. Together with the tabular data analysis, it testifies to the duration of the teat cup liner operation according to the density of random variables for 9 months. The accuracy of the true result from the 1st to the 9th months varies from 32 ... 92 with a difference according to the months from 30 ... 40 it increases from the 10th month to the 157th; from the 11th month to the 180th and from the 12th to the 226th. The graphical interpretation of the tabular accuracy data of the true result is described by a polynomial function $y = 2.7109x^2 - 22.207x + 89.233$ with the regression coefficient $R^2 = 0.7923$. The curve describing this dependence till 6 ... 7 months does not change. It increases from the ninth month. Together with the tabular data analysis, it proves the duration of the teat cup liner operation according to the accuracy of the true result of random variables within 9 months.

Keywords: continuous random variable, polynomial dependence, teat cup liner of milking machine, density and accuracy of true result.

References

1. Zvinyakovskij V. G. Novoe v mashinnom doenii korov. M. : Rossel'hozizdat, 1983. 60 s.
2. Fenenko A. I. O dissimuliruyushchem faktore doil'nogo apparata // Tekhnika v sel'skom hozyajstve. 2011. № 2. S. 16–18.
3. Dorovskih V. I., Dorovskih D. V., Hohlov I. N. Povyshenie kachestva doeniya regulirovaniem davleniya soskovoj reziny na sosok // Tekhnika v sel'skom hozyajstve. 2006. № 8. S. 12–13.
4. Kozlov A. N. Metodika diagnostirovaniya soskovoj reziny doil'nogo apparata // Vestnik CHGAA. 2015. T. 71. S. 57–60.
5. Kozlov A. N., Popov V. S., Timirbaeva A. I. Obosnovanie sposoba ocenochnoj deformacii soskovoj reziny doil'nyh apparatov // Evolyuciya nauchnoj mysli : sb. stat. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (21 fevralya 2014 g.) Ufa : RIC BashGU, 2014. CH. 1. S. 40–46.
6. Andrianov E. A., Andrianov A. A. Sposob ispytaniya soskovoj reziny s razdel'noj molochnoj trubkoj // Mekhanizaciya i ehlektrifikaciya sel'skogo hozyajstva. 2006. № 12. S. 14–15.
7. Shchukin S. I., Legeza V. N. Rezul'taty issledovaniy doil'nogo apparata s nezavisimym vakuumom // Mekhanizaciya i ehlektrifikaciya sel'skogo hozyajstva. 2015. № 1. S. 10–12.
8. Ispol'zovanie faktornogo analiza pri razrabotke doil'noj tekhniki / L. P. Kartashov, P. I. Ogorodnikov, Z. V. Makarovskaya, V. I. Chepasov // Tekhnika v sel'skom hozyajstve. 2000. № 2. S. 9–11.
9. Obosnovanie davleniya soskovoj reziny stimuliruyushchego apparata nepreryvnogo davleniya na sosok vymeni zhivotnogo / E. A. Andrianov, V. P. Shackij, A. A. Andrianov, D. I. Yalovoj // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2015. № 9. S. 30–32.
10. Kozlov N. A., Timirbaeva A. I. Povyshenie tochnosti i dostovernoj ocenki zhestkosti soskovoj reziny doil'nyh apparatov // Vestnik CHGAA. 2014. T. 68. S. 98–104.
11. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya i ehkspluatacionnoj nadezhnosti doil'nyh apparatov / V. A. Shahov [i dr.] // Vestnik CHGAA. 2014. T. 67/1. S. 60–64.
12. Kozlov A. N., Timirbaeva A. I. Issledovanie soskovoj reziny doil'nyh apparatov v dinamicheskom rezhime // Vestnik KrasGAU. 2014. T. 1. S. 136–140.
13. Obosnovanie prodolzhitel'nosti ehkspluatacii soskovoj reziny doil'nyh apparatov / S. A. Solov'ev, A. N. Kozlov, A. I. Timirbaeva, A. K. Ol'hovackij // Trudy GOSNITI. M., 2013. T. 113. S. 26–32.
14. Kozlov A. N., Shatrakov V. I., Timirbaeva A. I. Deformaciya soskovoj reziny doil'nyh apparatov pri razlichnyh temperaturah ee nagreva // Vestnik CHGAA. 2012. T. 62. S. 54–57.
15. Kozlov A. N. Povyshenie tekhnologicheskoy nadezhnosti doil'noj ustanovki // Vestnik CHGAA. 2013. T. 66. S. 42–47.
16. Solov'ev S. A., Kartashov L. P. Ispolnitel'nye mekhanizmy sistemy «Chelovek – mashina – zhivotnoe». Ekaterinburg, 2001. 178 s.



17. Boroznin V. A., Boroznin A. V. Opredelenie operativnogo resursa saskovoj reziny // MEHSKH. 2007. № 4. S. 15–16.

18. Pustyl'nik E. I. Statisticheskie metody analiza i obrabotki nablyudenij. M. : Nauka, 1968. 288 s.

Kozlov Aleksandr Nikolaevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, FSBEI HE “South Ural State Agrarian University”.

E-mail: ankozlov2016@yandex.ru.

Barpybaev Bayaman Shayybekovich, bachelor student, FSBEI HE “South Ural State Agrarian University”.

E-mail: alkoz2@yandex.ru.

Nurdan Uulu Nurkeldi, bachelor student, FSBEI HE “South Ural State Agrarian University”.

E-mail: ankozlov2016@yandex.ru.

The theoretical study results of seed grains distribution process by vertical distributor when machine is operating on slopes

M. V. Pyataev

One of the reasons for uneven seeds distribution by machines with pneumatic centralized sowing systems is the operation on steep sloped fields. The article presents the theoretical studies of the process of seed grains movement in the supply pipeline of the vertical distributor during the sowing machine operation on a slope. To obtain a mathematical model of the process, the distributor design has been analyzed, a calculation scheme has been developed, assumptions and limitations have been adopted. Based on theoretical mechanics fundamentals, differential equations of seed grain particles motion in ascending airflow while moving along the vertical section of the distributor supply pipeline have been derived. The solution of the equations made it possible to obtain dependences for determining the kinematic characteristics of seed grain particles movement and constructing their trajectories. The obtained trajectories of motion in the first approximation described the nature of the seed grains flow through the vertical pipeline of the distributor when the machine was operating on a slope. They reveal the regularities of seed grains movement through the vertical pipeline of the distributor during the sowing machine operation on a slope. On the basis of theoretical studies, a hypothesis has been put forward that a seed can be unilaterally fed into the manifold of the distribution head under significant angles of the slope. The displacement of grain seeds to the center of vertical pipeline can be achieved by selecting the operational modes of the sowing system operation and the design parameters of the distribution working body. In particular, the possibility of improving the uniformity of seeds distribution due to the airflow velocity increase has been theoretically proved. It can be achieved by selecting rational operating modes of the sowing system fan. It has also been theoretically proved that it is possible to reduce the unevenness of seed distribution by increasing the initial velocities of the seed grain particles entering the vertical distributor pipeline. The latter, in its turn, can be a consequence of either the increase of the airflow velocity or the use of a distributor with a tap of special design. In addition, a positive effect on the uniformity of seed distribution has been revealed by reducing the vertical pipeline height of the distributor.

Keywords: pneumatic centralized sowing system, trajectory of seed movement, differential equation, steep sloped field, uneven distribution of seeds.

References

1. Sinyonkov D. V., Dyomin S. B. Matematicheskoe modelirovanie proizvoditel'nosti raspredelitel'no-transportiruyushchej sistemy posevnogo agregata // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2016. T. 20. № 11 (118). S. 110–118.

2. Shevchenko A. P., Korobkin I. O. Issledovanie gorizonta'nogo pnevmaticheskogo raspredelitel'ya semyan // Tekhnika v sel'skom hozyajstve. 2013. № 5. S. 30–31.

3. Mudarisov S. G., Badretdinov I. D., Sharafutdinov A. V. Modelirovanie pnevmaticheskoy sistemy zernovoy seyalki // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo hozyajstva. 2010. № 2. S. 10–12.
4. Pyataev M. V. Metodika rascheta pereraskhoda semyan pri ih neravnomernom raspredelenii po shirine zahvata // APK Rossii. 2015. T. 72/1. S. 45–48.
5. Saitov V. E., Gataullin R. G. Pricepnoj shirokozahvatnyj kombinirovannyj posevnoj kompleks «AGRAER-850H» // Traktory i sel'hozmashiny. 2015. № 1. S. 12–14.
6. Saitov V. E., Gataullin R. G. Issledovanie pnevmotransportnoj sistemy posevnogo kompleksa «AGRAER-850H» // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2016. № 1 (50). S. 76–80.
7. Popov A. Yu. Raspredelenie vozdušnogo potoka v zone sbrasyvaniya lishnih semyan vysevoy apparata izbytochnogo davleniya // Traktory i sel'hozmashiny. 2016. № 2. S. 31–34.
8. Konstantinov M. M., Fyodorov A. N., Nuralin B. N. Eksperimental'noe izuchenie pokazatelej raboty posevnogo agregata dlya optimizatsii ehkspluatatsionnyh parametrov // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2010. T. 4. № 28–1. S. 58–61.
9. Obosnovanie parametrov pnevmaticheskoy sistemy transportirovaniya semyan i udobrenij pochvoobrabatyvayushchego posevnogo agregata / Z. S. Rahimov [i dr.] // APK Rossii. 2017. T. 24. № 1. S. 91–104.
10. Mudarisov S. G., Rahimov Z. S., Utyashev I. T. Povyshenie ravnomernosti vyseva semyan po soshnikam pri poseve pnevmaticheskimi seyalkami na sklonah // Agrarnaya nauka v innovacionnom razvitanii APK: mater. mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 85-letiyu Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, v ramkah XXV mezhdunar. spec. vystavki «Agrokompleks-2015». Bashkirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. 2015. S. 295–301.
11. Rahimov R. S., Hlyzov N. T. Obosnovanie konstruktivnoj skhemy i parametrov pochvoobrabatyvayushchih posevnyh mashin na osnove obobshchennoj matematicheskoy modeli // APK Rossii. 2013. T. 65. S. 104–113.
12. Zuev F. G. Pnevmaticheskoe transportirovanie na zernopererabatyvayushchih predpriyatiyah. M. : Kolos, 1976. 344 s.
13. Praktikum po sel'skohozyajstvennym mashinam / A. I. Lyubimov [i dr.]. M. : Kolos, 1997. 191 s.
14. Pyataev M. V., Zyryanov A. P., Kuznecov N. A. K voprosu o modelirovanii processa raspredeleniya semyan raspredelitelem pnevmaticheskoy zernovoy seyalki // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. № 9. S. 177–182.
15. Pyataev M. V. Izuchenie processa dvizheniya chastic posevnogo materiala po napravitelju v raspredelitele pnevmaticheskoy zernovoy seyalki // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2011. № 1. S. 152–157.
16. Pyataev M. V. Effektivnyj raspredelitel' semyan seyalki // Sel'skij mekhanizator. 2014. № 11. S. 10–11.
17. Pyataev M. V. Teoreticheskie issledovaniya processa dvizheniya i raspredeleniya semyan v pnevmaticheskikh raspredelitel'nykh zernovykh seyalkah // APK Rossii. 2011. T. 58. S. 78–83.

Pyataev Maxim Vyacheslavovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Operation of Machine and Tractor Fleet Department, FSBEI HE “South Ural State Agrarian University”.

E-mail: 555maxim@mail.ru.

The structural complexity of technological system of a compound feed mill

I. Ya. Fedorenko, V. V. Sadov

A compound feed mill is a complex technological system which includes some technological and transport equipment and bins as well. The assembling and a number of these elements can be different, so it causes the structural complexity of the system. The issue of this complexity assessment is not easy. The existing methodologies for assessing the structural complexity are either rather complex or do not allow to take into consideration a full set of relationships. In the article, the proposed methodology for assessing the complexity of a technological system is correlated with the mode of its operation. It has been considered that the equipment can be in a state of technological downtime, loading, processing the



components and unloading. In addition, the article describes the effect of time fraction spent for processing the components on the complexity in relation to the cycle time during which all unlike modes occur. This value changes greatly and automatic control system should be available in the periodic mode; the additional equipment such as gates, gate valves, etc. should be also installed. The proposed mathematical model makes it possible to determine the dimensionless complexity value of the technological system of the compound feed mill. This complexity model can have two extreme states: an ideal system, including only technological machines and a critically complex system, when each technological machine has its own transport machine and a bin. Other options of the technological system are possible, when its complexity is above the critical one, i.e. when there is more than one unit of transport equipment and/or a bin, on the average, per one technological machine. The mathematical model for determining the complexity of the technological system allows to compare various schemes of compound feed mills and to make right decision according to this parameter.

Keywords: technological system, technological line, structural complexity, compound feed mill.

References

1. Levashkin S.P., Aleksandrov V. V. K – slozhnost' v kontekste novejshih informacionnyh tekhnologij // Informacionno-upravlyayushchij sistemy. 2012. T. 10. № 5. S. 10–14.
2. Fomin V. V. Ocenka slozhnosti informacionnyh sistem s uchetom chelovecheskogo faktora // Rossijskij gosudarstvennyj pedagogicheskij universitet im. A. I. Gercena. 2007. № 4. S. 35–36.
3. Knyazeva E. N. Innovacionnaya slozhnost' // Filosofiya nauki i tekhniki. 2015. T. 20. № 2. S. 50–69.
4. Metodika optimizacii struktury slozhnyh tekhnicheskikh sistem v usloviyah riska / V. V. Safronov [i dr.] // Informacionno- upravlyayushchie sistemy. 2007. № 1. S. 40–45.
5. Metody prinyatiya reshenij v zadachah ocenki kachestva i tekhnicheskogo urovnya slozhnyh tekhnicheskikh sistem / S. S. Semenov [i dr.]. M. : OOO «LENAND», 2015. 520 s.
6. Budejkin M. V., Vasil'ev S. N., Oskorbin N. M. Obosnovanie tekhnologicheskoy skhemy kormoprigotovleniya i metodiki vybora oborudovaniya v usloviyah hozyajstv Altajskogo kraja // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2008. № 11. S. 45–49.
7. Burmaga A. V. Kriterij i uslovie optimizacii mekhanizirovannoj sistemy kormleniya zhivotnyh // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2012. № 1.
8. Povyshenie ehffektivnosti proizvodstva kombikormov / A. A. Shevcov [i dr.]. M. : DeLiPrint, 2005. 243 s.
9. Syrovatka V. I. Mashinnye tekhnologii prigotovleniya kombikormov v hozyajstvah. M. : GNU VNIIMZH, 2010. 248 s.
10. Panfilov V. A. Teoriya tekhnologicheskogo potoka. 2-e izd. M. : KolosS, 2007. 319 s.
11. Leontovich A. M. Vvedenie v termodinamiku. Statisticheskaya fizika. M. : Nauka, 1983. 416 s.
12. Buslenko N. P., Kalashnikov V. V., Kovalenko I. N. Lekcii po teorii slozhnyh sistem. M. : Sovetskoe radio, 1973. 440 s.
13. Kohanovskij V. A., Sergeeva M. H., Komahidze M. G. Ocenka slozhnosti sistemy // Vestnik DGTU. 2012. № 4 (65). S. 22–26.
14. Afanas'ev V. A. Rukovodstvo po tekhnologii kombikormov, belkovo-vitaminno-mineral'nyh koncentratov i premiksov : V 2-h tomah. Voronezh : VNIKP, 2008. T. 1. 121 s. ; T. 2. 149 s.
15. RD-APK 1.10.17.01-15. Metodicheskie rekomendacii po tekhnologicheskomu proektirovaniyu predpriyatij po proizvodstvu kombikormov : utv. M-vom sel'skogo hozyajstva Ros. Federacii 30.07.15 ; vvod v d. s 30.07.2015 : vzamen NTP-APK 1.10.16.002-03 : data vved. 01.01.04. M., 2015. 104 s.

Fedorenko Ivan Yaroslavovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, the Head of Mechanization of Production and Agricultural Products Processing Department, FSBEI HE “Altai State Agrarian University”.

E-mail: ijfedorenko@mail.ru.

Sadov Viktor Viktorovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Mechanization of Production and Agricultural Products Processing Department, FSBEI HE “Altai State Agrarian University”.

E-mail: sadov.80@mail.ru.

STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

Evaluation results of safety and functionality of dry bioproduct “Narinar” and its practical application

I. V. Zakharov, V. V. Chaplinskiy, E. I. Stolbovaya

Milk is a unique food material that allows to create a range of products with functional properties, especially it refers to sour-milk products of new generation. The use of probiotics in the production of sour-milk products in combination with prebiotics and natural ingredients of vegetable origin are of great interest now. A dry bio-product “Narinar” was developed in the Center for Bioinnovational Technologies “Magistr” (Chelyabinsk city) and found its application in the production of bio-sausage products (JSC “Romkor”, Emanzhelinsk city) and confectionery dessert “Merendinka” (JSC Chelyabinsk Confectionery Factory “Yuzhuralkonditer”). The purpose of the work is to test the new sour-milk dry bioproduct “Narinar” for its safety and functionality. Quantitative determination of the kefiran (exopolysaccharide) content in sour-milk products was carried out by the photometric method: extraction of the polysaccharide from the sample, dissolution, decomposition to simple monosaccharides, staining the solution and the optical density determination by a photoelectric colorimeter. Physical-chemical and microbiological analysis have shown that the content of polysaccharide in the dry bioproduct “Narinar” is twice higher (by 50%) than in kefir; the amount of sour-milk bacteria in 1g (cm³) of the product is not less than 10⁷; CGB (coliforms) and pathogenic microorganisms, including salmonella are absent; the mass fraction of moisture is not more than 4%. At the end of 2016, the clinical studies of the biological product “Narinar” were conducted in the clinic of the South Ural State Medical University (Chelyabinsk city). As a result, high efficiency of the dry bioproduct “Narinar” has been revealed. The daily intake of 1 g of the product with any liquid drink allowed to restore the intestinal microflora in patients with dysbiosis of various origins in a short time, including against the background of taking an antibiotic. Inulin fructans, being typical prebiotics, contribute to an increase in the number of bifidobacteria in the large intestine. In this regard, it can be considered quite justified to add the powder obtained from the tubers of Jerusalem artichoke into the sour-milk bioproduct “Narinar”. Thus, the conducted studies have confirmed that the use of dry sour-milk bioproduct “Narinar” in the production of food products is a promising and actual sphere in the food industry.

Keywords: functional sour-milk bioproduct, probiotics, prebiotics, Jerusalem artichoke, exopolysaccharide, kefiran, bio-sausage.

References

1. Perspektivnye napravleniya sozdaniya produktov funktsional'nogo naznacheniya na osnove zhi-votnogo syr'ya : nauch. anal. obzor. M. : FGBNU «Rosinformagrotekh», 2013. 172 s.
2. Pilat T. L., Belyh O. A., Volkova L. Yu. Funktsional'nye produkty pitaniya: svoevremennaya ne-obhodimost' ili obshchee zabluzhdenie? // Pishchevaya promyshlennost'. 2013. № 2. S. 71–73.
3. Rybalova T., Ivovich E. Organicheskie molochnye produkty – novyj segment na molochnom rynke // Otrazlevye vedomosti: pererabotka moloka. 2004. № 10. S. 24–25.
4. Smirnova E. A., Kochetkova A. A. Rynok funktsional'nyh molochnyh produktov // Molochnaya promyshlennost'. 2011. № 2. S. 63–66.
5. Gorbatova K. K. Himiya i fizika moloka : uchebnik dlya vuzov. SPb. : GIOR, 2003. 288 s.
6. Tihomirova N. A. Tekhnologiya produktov lechebno-profilakticheskogo naznacheniya na moloch-noj osnove : ucheb. posobie. SPb. : Troickij most, 2010. 448 s. : il.
7. Pohalenko V. D., Perelygin V. D. Probiotiki na osnove sporoobrazuyushchih bakterij i ih bezo-pasnost' // Himicheskaya i biologicheskaya bezopasnost'. 2007. № 2–3. S. 20–41. Rezhim dostupa : http://www.cbsafety.ru/rus/saf_32_2f.pdf.
8. Stepanova L. I. Spravochnik tekhnologa molochnogo proizvodstva. Tekhnologiya i receptury : v 3-h tomah. T. 1 : Cel'nomolochnye produkty. SPb. : GIOR, 1999. 384 s.
9. Spravochnik po molochnomu delu / pod red. A. I. Chebotareva. Kolos, 1968. 335 s. : il.
10. Gorbatova K. K. Himiya i fizika moloka : uchebnik dlya vuzov. SPb. : GIOR, 2003. 288 s.



11. Rezul'taty ocenki kachestva kefirnoj produkcii po sodержaniyu bakterial'nyh polisaharidov / V. I. Bajbakov [i dr.] // Tekhnologiya i tovarovedenie innovacionnyh pishchevyh produktov. 2014. № 6 (29). S. 28–34.
12. Safronova A. I., Kon' I. Ya., Georgieva O. V. Obogashchenie produktov detskogo pitaniya prebiotikami: dostizheniya i problemy // Voprosy sovremennoj pediatrii. 2013. T. 12. № 1. S. 87–92. Rezhim dostupa : http://semper-info.ru/pdf/safronova_vsp_1_2013_blok.pdf.
13. TU 10.51.36-001-86925285-2016. Bioprodukt kislomolochnyj suhoj «Narinar». Tekhnicheskie usloviya.
14. Kalinina L. V., Ganina V. I., Dunchenko N. I. Tekhnologiya cel'nomolochnyh produktov : ucheb. posobie. SPb. : GIOR D, 2008. 248 s.
15. GOST 26809-86. Moloko i molochnye produkty. Pravila priemki, metody otbora i podgotovka prob k analizu.
16. GOST 13928-84. Moloko i slivki zagotovlyaemye. Pravila priemki, metody otbora i podgotovka ih k analizu.
17. Pat. 2437092 RF. Sposob kolichestvennogo analiza polisaharida, proizvodimogo molochnokislymi bakteriyami / R. R. Enikeev [i dr.] ; zayavitel' i patentoobladatel' GOU VPO SGTU. № 201011111/15 ; zayavl. 23.03.2010 ; opubl. 20.12.2011.

Zakharov Igor Vladimirovich, General Director, LLC Center for Bioinnovational Technologies “Magistr”.

E-mail: mikhaj-viktori@yandex.ru.

Chaplinskiy Vyacheslav Valentinovich, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of Agricultural Products Processing and Life Safety Department, FSBEI HE “South Ural State Agrarian University”.

E-mail: pererabotkashp@mail.ru.

Stolbovaya Elena Ivanovna, Senior Laboratory Assistant, Agricultural Products Processing and Life Safety Department, FSBEI HE “South Ural State Agrarian University”.

E-mail: lena_stolbovaya@mail.ru.

Development and quality evaluation of jelly from microcloned strawberry enriched with micronutrients

N. V. Moskovento, S. L. Tikhonov, N.V. Tikhonova

The research focuses on the development and evaluation of jelly quality from strawberry enriched with vitamin-mineral premix. The score evaluation and comparative analysis of the quality of berries grown in vivo and in vitro conditions indicate, that the microcloned berries are large, sweet, with good preservation capacity, with bright saturated color, the size of the cross-sectional diameter of microcloned berries is more by 18.5%; the number of mechanically damaged berries grown in microcloning conditions is less by 0.9%. In the strawberry in vitro of “Corona” variety in comparison with in vivo, the content of organic acids is higher by 5%, pectin by 1.4%, vitamins: B1 - 8.0%, B2 - 7.0%, B5 - 9.7%, B6 - by 3.8%, B9 - 17.5%, C - by 3.2%, RR - 3.7%, iron - by 1.1%, iodine - by 18.4%, potassium - by 3.0%, magnesium - 6.3%, calcium - 3.2%. In the production of enriched berry semi-finished products, in particular strawberry jelly, it is advisable to use strawberries grown in microclonal conditions. The technology of berry semi-finished product jelly from microcloned berry raw materials enriched with vitamin-mineral premix has been developed. Jelly consumption (100 g) satisfies the daily recommended need of an adult in pyridoxine by 101%, thiamine by 68%, vitamin PP by 86.8%, folic acid by 35%, riboflavin by 28%, calcium and iron by 30.4% and 48.1%, respectively, which indicates the functional orientation of jelly.

Keywords: chemical composition, strawberry, microcloning, enrichment, jelly, vitamin-mineral premix.

References

1. Evdokimova O. V., Sedov Yu. A. Fiziologicheski funkcional'nye ingredienty ehkstraktov rastitel'nogo syr'ya // Tekhnologiya i tovarovedenie innovacionnyh pishchevyh produktov. 2012. № 1. S. 42–47.
2. Evdokimova O. V., Fuks S. G. Biologicheskie aktivnye veshchestva iz shrota plodov shipovnika // Tovaroved prodovol'stvennyh tovarov. 2011. № 3. S. 54–56.
3. Egorova E. Yu. Kompleksnaya pererabotka plodovo-yagodnogo syr'ya: metodicheskie podhody // Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya. 2012. № 5. S. 12–15.
4. Bakin I. A., Mustafina A. S., Lunin P. N. Vliyanie kompleksnyh tekhnologicheskikh priemov obrabotki na ehkstragirovanie yagodnogo syr'ya // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Pishcheyaya tekhnologiya. 2016. № 5–6. S. 24–26.
5. Bakin I. A., Mustafina A. S., Lunin P. N. Sovershenstvovanie tekhnologii ehkstragirovaniya yagodnogo syr'ya s ispol'zovaniem ul'trazvukovoy ustanovki // Vestnik Krasnoyarskogo agrarnogo universiteta. 2015. № 12. S. 91–95.
6. Bakin I. A., Mustafina A. S., Lunin P. N. Izuchenie himicheskogo sostava yagod chernoy smorodiny v processe pererabotki // Vestnik Krasnoyarskogo agrarnogo universiteta. 2015. № 6. S. 159–162.
7. Popova D. G., Titorenko E. YU., Poznyakovskij V. M. Razrabotka i issledovanie potrebitel'skih svoystv bal'zama na osnove mestnogo syr'ya // Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv. 2015. № 1. S. 70–73.
8. Naturnye issledovaniya ehffektivnosti biologicheski aktivnoj dobavki s napravlennymi funkcional'nymi svoystvami / A. A. Vekovcev, G. A. Podzorova, A. Yu. Kaz'mina, V. M. Poznyakovskij // Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv. 2015. T. 37. № 2. S. 67–73.
9. Pleshkova N. A., Sychugova A. O., Poznyakovskij V. M. Razrabotka receptury i tekhnologii proizvodstva specializirovannogo produkta – BAD «Gepaton-2» // Tekhnologiya i tovarovedenie innovacionnyh pishchevyh produktov. 2015. № 5 (34). S. 42–47.
10. Tovarovednaya harakteristika i funkcional'naya napravlennost' novogo specializirovannogo produkta / E. Yu. Lobach, O. O. Galikaeva, Yu. G. Gur'yanov, V. M. Poznyakovskij // Tovaroved prodovol'stvennyh tovarov. 2015. № 1 (30). S. 71–75.

Moskovenko Nadezhda Vladimirovna, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of Food Engineering Department, FSBEI HE “Ural State University of Economics”.

E-mail: mik_ml@mail.ru.

Tikhonov Sergey Leonidovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, the Head of Food Engineering Department, FSBEI HE “Ural State University of Economics”.

E-mail: tihonov75@bk.ru.

Tikhonova Nataliya Valeryevna, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of Food Engineering Department, FSBEI HE “Ural State University of Economics”.

E-mail: tihonov75@bk.ru

The examination of chilled fish treated with ionizing radiation

R. T. Timakova, A. S. Romanova, S. L. Tikhonov, N. V. Tikhonova

To reduce food losses at all stages of the food chain, effective storage technologies for food products including the radiation technologies are required. Since 2017 our country has joined the countries applying these technologies. Despite the fact that the guidance on fish and fish products irradiation is currently in the project, it is necessary to carry out primary studies to approve the methodologies and methods for identifying radiation-treated fish. The conducted research has revealed that with increasing the irradiation dose of fish flesh samples from 3 kGy to 12 kGy, the parameters of the EPR spectra increase with a high degree of reliability: the amplitude (by 1.6 times), the area under the signal line (by 1.9 times), the width of the peak (by 14.3 % ($p \leq 0.05$)). The correlation coefficient between the radiation dose and the EPR



signal parameters (amplitude, area) indicates a high degree of statistical coupling strength (0.89 and 0.97, respectively). In addition, a high correlation between the radiation dose and the absorbed dose (0.83) has been revealed. Taking into account the obtained results and based on the prospects of using radiation technologies for increasing expiration date, it is recommended to conduct further research by EPR method to accumulate experimental data on the radiation sensitivity of fish depending on its species and belonging to a particular fish family, and also to study the effect of radiation doses on its expiration date change.

Keywords: food losses, fish, irradiation, spectrum, amplitude, dose, EPR method.

References

1. FAO, MFSR i VPP. Monitoring prodovol'stvennoj bezopasnosti i pitaniya v podderzhku osushchestvleniya Povestki dnya v oblasti ustojchivogo razvitiya na period do 2030 goda: podvedenie itogov i plany na budushchee. Rim : FAO, 2016. 24 s.
2. Prodovol'stvennye poteri i pishchevye othody v kontekste ustojchivyh prodovol'stvennyh sistem // Doklad GEHVU. Rim, 2014. 13 s.
3. Polozhenie del v oblasti prodovol'stviya i sel'skogo hozyajstva. Izmenenie klimata, sel'skoe hozyajstvo i prodovol'stvennaya bezopasnost'. Rim : FAO, 2016. 210 s.
4. Importance of food-demand management for climate mitigation / B. Bajželj, K.S. Richards, J.M. Allwood, P. Smith, J.S. Dennis, E. Curmi, C.A. Gilligan // Nature Climate Change. 2014. № 4. R. 924–929.
5. Primenenie metoda ehlektronnogo paramagnitnogo rezonansa dlya issledovaniya ryby / L. S. Kudryashov, R. T. Timakova, S. L. Tihonov, A. S. Romanova // Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya. 2017. № 1. C. 9–12.
6. Normy estestvennoj ubyli prodovol'stvennyh tovarov v sfere trgovli i obshchestvennogo pitaniya (utv. Prikazom Ministerstva promyshlennosti i trgovli RF ot 1.03.2013 g. № 252). Rezhim dostupa : <http://base.garant.ru> (data obrashcheniya 16.02.2017).
7. Buyanov O. N., Gorohov A. A., Neverov E. N. Issledovanie raboty generatora – dozatora snegoobraznogo dioksida ugleroda // Vestnik Mezhdunarodnoj akademii holoda. 2005. № 4. S. 20–21.
8. Kiseleva T. F., Neverov E. N., Mozzherina I. V. Izmenenie kachestva ohlazhdennoj ryby v processe hraneniya // Polzunovskij vestnik. 2011. № 3/2. S. 197–201.
9. Tihonov A. V., Anashkin R. S., Kryukov A. E. Ispol'zovanie radiacionnyh tekhnologij v sel'skohozyajstvennom proizvodstve // Sbornik nauchnyh trudov GNU SNIIZHK. 2013. № 6. S. 330–333.
10. Erkan N., Günlü A., Genç I. Y. Alternative seafood preservation technologies: ionizing radiation and high pressure processing // Journal of FisheriesSciences.com. 2014. № 8 (3). R. 238–251.
11. Genç İ. Y., Diler A. Elimination of food borne pathogens in sea foods by irradiation: Effects on quality and shelf-life // Journal of Food Science and Engineering. 2013. № 3. R. 99–106.
12. The stability and shelf life of seafood / F. Toldrá, M. Reig, D. Kilcast, P. Subramaniam // Food and Beverage Stability and Shelf Life. Elsevier Science. 2011. P. 779–792.
13. Natural and induced radioactivity in food. IAEA-TECDOC-1287. Vienna: IAEA, 2002. 136 p.
14. Dosimetry for food irradiation. Vienna: International Atomic Energy Agency. Technical report series, ISSN 0074–1914. 2002. № 409. 161 p.

Timakova Roza Temeryanovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department “Tourism Business and Hospitality”, FSBEI HE “Ural State University of Economics”.

E-mail: trt64@mail.ru.

Romanova Alisa Sergeevna, postgraduate student of Food Engineering Department, FSBEI HE “Ural State University of Economics”.

E-mail: alisic_kolotova@mail.ru.

Tikhonov Sergey Leonidovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, the Head of Food Engineering Department, FSBEI HE “Ural State University of Economics”.

E-mail: tihonov75@bk.ru.

Tikhonova Nataliya Valeryevna, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of Food Engineering Department, FSBEI HE "Ural State University of Economics".

E-mail: tihonov75@bk.ru

Development and definition of regulatory quality indicators of specialized product BAA "Energia"

B. Tokhirien, A. A. Chelnakov, V. M. Poznyakovskiy

A new formula for a biologically active additive (BAA) has been developed for the complex support of metabolic processes in the body. The pharmacological characteristics of the formulation ingredients and their synergistic properties with respect to the prolonged antioxidant defense of the organism are given. Innovative technology of BAA pelletized form allows to release active substances from the frame tablet through certain programs in a certain order. Organoleptic, physical-chemical, sanitary-microbiological and sanitary-toxicological studies were carried out in the process of production and storage. It allowed to reveal regulated quality indicators, terms and modes of storage. The use of a specialized product, 1 tablet 2 times a day, ensures the consumption of essential nutrients (vitamins) in accordance with the specified functional properties, % of the recommended daily intake (RDI): B1 - 67, B3 - 50, B5 - 100, B6 - 100, B9 - 100, B12 - 33, tocopherol acetate - 133, beta carotene - 140, vitamin C - 111, coenzyme Q10 - 17. The BAA efficacy and functional orientation have been confirmed in clinical trials by including it in the diet of volunteers of strenuous professions (doctors, teachers, middle managers, directors), regularly subjected to high psycho-physiological stress or working the night shift.

Keywords: BAA, formulation composition, technology, quality, safety, efficacy, functional orientation.

References

1. Avstrieviskih A. N., Vekovcev A. A., Poznyakovskiy V. M. Produkty zdorovogo pitaniya: novye tekhnologii, obespechenie kachestva, ehffektivnost' primeneniya. Novosibirsk : Sib. univ. izd-vo, 2005. 416 s.
2. Gerasimenko N. F., Poznyakovskiy V. M., Chelnakova N. G. Zdorovoe pitanie i ego rol' v obespechenie kachestva zhizni // Tekhnologii pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya. 2016. № 4 (12). S. 52–57.
3. Poznyakovskiy V. M., Chugunova O. V., Tamova M. Yu. Pishchevye ingredienty i biologicheski aktivnye dobavki. M. : INFRA-M, 2017. 143 s.
4. Politika zdorovogo pitaniya. Federal'nyj i regional'nyj urovni / V. I. Pokrovskij [i dr.]. Novosibirsk : Sib. univ. izd-vo, 2002. 344 s.
5. RAND (2006) The Global Technology Revolution 2020, Yn-depth Analyses (Bio/Nano/Materials/Ynformation Trends, Drivers, Barriers, and Social Ymplications). Santa Monica, CA: RAND Corporation.
6. Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 25.10.10 goda № 559-r «Osnovy gosudarstvennoj politiki Rossijskoj Federacii v oblasti zdorovogo pitaniya naseleniya na period do 2020 goda».
7. Ukaz Prezidenta RF ot 01.12.2016 g., № 642 «O strategii nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii».
8. Omega-3 fatty acids and cardiovascular events after myocardial infarction / D. Kromhout [et al.] // N. Engl. J. Med. 2010. Vol. 363 (21). R. 2015–2026.
9. Lazarus S., Garg M. Tomato extract inhibits human platelet aggregation in vitro without increasing basal cAMP levels // Int. J. Food Sci. Nutr. 2004. Vol. 55. R. 249–256.
10. Omega-3 fatty acids for cardioprotection / J. H. Lee [et al.] // Mayo Clin. Proc. 2008. Vol. 83. R. 324–332.
11. Singh R. B., Neki N. S. Effect of coenzyme Q10 on risk of atherosclerosis in patients with recent myocardial infarction // Mol. Cll. Biochem. 2003. Vol. 264 (1–2). R. 75–82.
12. Tomatoes have natural antithrombotic effects / J. Yamamoto [et al.] // Br. J. Nutr. 2003. Vol. 90. R. 1031–1038.
13. RAND (2006) The Global Technology Revolution 2020, Yn-depth Analyses (Bio/Nano/Materials/Ynformation Trends, Drivers, Barriers, and Social Ymplications). Santa Monica, CA: RAND Corporation.



14. Tekhnologicheskij reglament TS 027/2012 «O bezopasnosti ot del'nyh vidov specializirovannoj pishchevoj produkcii, v tom chisle dieticheskogo, lechebnogo i dieticheskogo profilakticheskogo pitaniya».

15. Chereshev V. A., Poznyakovskij V. M. Problemy Prodovol'stvennoj bezopasnosti: nacional'nye i mezhdunarodnye aspekty // Industriya pitaniya. 2016. № 1 (1). S. 6–14.

Tokhirien Boisdzhoni, Candidate of Agricultural Sciences, Doctoral Candidate of the Department “Commodity Science and Goods Expertise”, FSBEI HE “Ural State University of Economics”.

E-mail: pvm1947@bk.ru.

Chelnakov Alexandr Alexandrovich, post-graduate student of the Department “Technology and Organization of Public Catering”, FSAEI HE “South Ural State University (National Research University)”.

E-mail: pvm1947@bk.ru.

Poznyakovskiy Valeriy Mikhailovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, the Head of the Scientific Center for Healthy Nutrition and Innovative Technologies, FSAEI HE “South Ural State University (National Research University)”.

E-mail: pvm1947@bk.ru.

Defining quality and effectiveness indicators of a new formula for BAA with directed functional properties

M. M. Shamova, A. N. Avstrieviskikh, V. M. Poznyakovskiy

The research task included the development of a new innovative food product, the biologically active additive (BAA) “Oleopren Cardio” on the basis of local plant raw materials, namely polyphenols, extracted from pine needles, fir, spruce and other coniferous trees. Traditional and modern instrumental methods for assessing the quality and functional properties of the developed product have been used. The BAA prescription formula, which along with polyphenols includes lycopene, L-carnitine, coenzyme Q, tocopherol acetate, possessing synergistic properties in relation to the cardiovascular system, has been scientifically substantiated. On the basis of organoleptic, physical-chemical, sanitary-hygienic and sanitary-toxicological studies, the regulatory quality indicators of a specialized product, terms and modes of storage have been determined. The evidence of the efficacy and functional orientation of the developed product is presented by including it in the diet of patients with dyslipidemia, hypertensive disease of 1-2 stages and studying the indicators of psychosomatic complaints, quality of life (elegicity, pain, emotional state, physical activity), lowering cholesterol, triglycerides and an atherogenicity index. The obtained results prove the effectiveness of the BAA “Oleopren Cardio” application in recovery of patients with cardiovascular system diseases. The industrial approbation of the developed product has been carried out at the enterprises of the company “ArtLife” certified within the requirements of international standards and GMP rules; this ensures the stability of its quality characteristics and the demand in the consumer market.

Keywords: BAA, quality, safety, effectiveness, functional orientation.

References

1. Avstrieviskikh A. N., Vekovcev A. A., Poznyakovskiy V. M. Produkty zdorovogo pitaniya: novye tekhnologii, obespechenie kachestva, effektivnost' primeneniya. Novosibirsk : Sib. univ. izd-vo, 2005. 416 s.
2. Gerasimenko N. F., Poznyakovskiy V. M., Chelnakova N. G. Zdorovoe pitanie i ego rol' v obespechenie kachestva zhizni // Tekhnologii pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya. 2016. № 4 (12). S. 52–57.
3. Politika zdorovogo pitaniya. Federal'nyj i regional'nyj urovni / V. I. Pokrovskij [i dr.]. Novosibirsk : Sib. univ. izd-vo, 2002. 344 s.
4. Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 25.10.10 goda № 559-r «Osnovy gosudarstvennoj politiki Rossijskoj Federacii v oblasti zdorovogo pitaniya naseleniya na period do 2020 goda».

5. Ukaz Prezidenta RF ot 01.12.2016 g. № 642 «O strategii nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii».
6. CHereshnev V. A., Poznyakovskij V. M. Problemy Prodoval'stvennoj bezopasnosti: nacional'nye i mezhdunarodnye aspekty // *Industriya pitaniya*. 2016. № 1 (1). S. 6–14.
7. Demograficheskij ezhegodnik Rossii. 2015. Statisticheskij sbornik. M. : Rosstat, 2015. 727 s.
8. Zdorov'e Rossii : atlas / pod red. L. A. Bokeriya. 8-e izd. M. : NCSSKH im. A. N. Bakuleva RAMN, 2012. 408 s.
9. Teoreticheskie i prakticheskie aspekty razrabotki specializirovannyh pishchevyh produktov dlya dietoterapii pri serdechnosudistyh zabolevaniyah / A. A. Kochetkova [i dr.] // *Pishchevaya promyshlennost'*. 2016. № 8. S. 8–12.
10. Pogozheva A. V., Bogdanov A. R., Derbeneva S. A. Dietoterapiya serdechnosudistyh zabolevanij. Obshchie principy // *Prakticheskaya dietologiya*. 2015. № 4 (16). S. 36–40.
11. Poznyakovskij V. M., Chugunova O. V., Tamova M. YU. Pishchevye ingredienty i biologicheski aktivnye dobavki. M. : INFRA-M, 2017. 143 s.
12. Tutel'yan V. A., Pogozheva A. V., Baturin A. K. Biologicheski-aktivnye komponenty pitaniya kardiologicheskikh bol'nyh. M. : SvR-ARGUS, 2012. 380 s.
13. Shevchenko V. P. Klinicheskaya dietologiya. M. : GEHOTAR-Media, 2014. 256 s.
14. Omega-3 fatty acids and cardiovascular events after myocardial infarction / D. Kromhout [et al.] // *N. Engl. J. Med.* 2010. Vol. 363 (21). R. 2015–2026.
15. Lazarus S., Garg M. Tomato extract inhibits human platelet aggregation in vitro without increasing basal cAMP levels // *Int. J. Food Sci. Nutr.* 2004. Vol. 55. R. 249–256.
16. Omega-3 fatty acids for cardioprotection / J. H. Lee [et al.] // *Mayo Clin. Proc.* 2008. Vol. 83. R. 324–332.
17. Singh R. B., Neki N. S. Effect of coenzyme Q10 on risk of atherosclerosis in patients with recent myocardial infarction // *Mol. Cll. Biochem.* 2003. Vol. 264 (1–2). R. 75–82.
18. Tomatoes have natural antithrombotic effects / J. Yamamoto [et al.] // *Br. J. Nutr.* 2003. Vol. 90. R. 1031–1038.
19. Tekhnologicheskij reglament TS 027/2012 «O bezopasnosti otidel'nyh vidov specializirovannoj pishchevoj produkcii, v tom chisle dieticheskogo, lechebnogo i dieticheskogo profilakticheskogo pitaniya».

Shamova Mariya Mikhailovna, Candidate of Technical Sciences, the Head of Food Production Department, SPA “ArtLife”.

E-mail: pvm1947@bk.ru.

Avstrieviskikh Alexander Nikolaevich, Doctor of Technical Sciences, the General Director of the scientific production association “ArtLife”.

E-mail: pvm1947@bk.ru.

Poznyakovskiy Valeriy Mikhailovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, the Head of the Scientific Center for Healthy Nutrition and Innovative Technologies, FSAEI HE “South Ural State University (National Research University)”.

E-mail: pvm1947@bk.ru.

ECONOMIC SCIENCES

Development of indicative plans for the competitiveness of agricultural enterprises

V. F. Balabaykin, S. A. Baryshnikov, S. A. Ivanov, K. V. Elkin

The purpose of this work is to increase the competitiveness of agricultural products through the possibility of reducing overall costs, while maintaining the quality of the finished products. To achieve the goal, the algorithm for developing optimal indicative plans for improving the sustainable strategies



for Kazakhstan agricultural enterprises is considered. This paper provides a systematic approach, which involves the use of an indicative plan including the characteristics of all main elements affecting the final result of agricultural enterprises. Indicative planning serves as a tool for providing the guidance involving the enterprise future development and allows to follow the process of achieving these reference points. Each enterprise develops its own indicative plans focusing on the plans of the most significant enterprises in this market. Therefore, the indicative plan of a meaningful enterprise should be interpreted as a system of orienting indicators for enterprises working in this market. Based on the calculated optimal values of indicative indices, as well as the optimal values of fixed assets and labor, the maximum profit for enterprises has been determined. The study has shown that the use of indicative planning allows agricultural enterprises to further increase the value of profit from 6 % to 9 %. The profitability in this case rises from 1 % to 2 %.

Keywords: indicative plans, competitiveness, agricultural products, costs structure, regression analysis, nonlinear programming, optimization.

References

1. Indikativnoe planirovanie kak osnova strategicheskogo razvitiya promyshlennogo predpriyatiya / S. A. Agapcov [i dr.]. M. : Vyssh. shk., 2002.
2. Ansoff I. Strategicheskoe upravlenie. M. : Ekonomika, 1989.
3. Indikativnoe planirovanie i provedenie regional'noj politiki / pod obshch. red. A. B. Levintalya, F. F. Pashchenko. M. : Finansy i statistika, 2007.
4. Balabajkin V. F., Kozhevnikova T. P. Razrabotka strategij razvitiya molokopererabatyvayushchih predpriyatij na osnove indikativnyh planov // Agrarnyj vestnik Urala. 2011. № 9.
5. Intriligator M. Matematicheskie metody optimizacii i ehkonomicheskaya teoriya // M. Intriligator. M. : Nauka, Sib.otd., 1976.
6. Klejner G. B. Proizvodstvennye funkicii: teoriya, metody, primenenie. M. : Finansy i statistika, 1989.
7. Balabajkin V. F., Ivanov S. A. Razrabotka strategij ustojchivogo razvitiya predpriyatij APK Chelyabinskoy oblasti // Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. 2015. № 23.
8. Ivanov S. A. Modelirovanie uslovij maksimizacii rentabel'nosti proizvodstva zernovykh kul'tur na predpriyatiyah CHelyabinskoy oblasti, (yuzhnaya lesostep') // Agrarnyj vestnik Urala. 2012. № 4. S. 12–1 A.
9. Kopchenov A. A. Analiz tendencij izmeneniya gosudarstvennoj podderzhki sel'skogo hozyajstva // Ekonomika i obshchestvo: problemy i perspektivy razvitiya v usloviyah neopredelennosti : sb. st. i tez. dokl. XX mezhdunar. nauch.-prakt. konferencii. 2016. S. 189–193
10. Rubaeva O. D., Pankratova D. Yu. Finansovaya stabilizaciya v APK na osnove razvitiya sel'skohozyajstvennykh kreditnykh potrebitel'skih kooperativov. // Modernizaciya Rossijskoj ehkonomiki. prognozy i real'nost' : sb. nauch. tr. II mezhdunar. nauch.-prakt. konferencii / Sankt-Peterburgskij akademicheskij universitet ; Institut ehkonomiki, menedzhmenta i informacionnykh tekhnologij. 2016. S. 357–362.
11. Altuhov A. I., Vermel' D. P. Prodovol'stvennaya samoobespechennost' strany: sostoyanie i perspektivy // APK : ehkonomika, upravlenie. 1997. № 11. S. 12.
12. Perchatkina I. N., Rubaeva O. D. Ocenka ehffektivnosti organizacionno-ehkonomicheskogo mekhanizma ustojchivogo razvitiya pticevodcheskogo holdinga «Pticefabrika «Chelyabinskaya» // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2008. T. 1. № 17–1. S. 123–124.
13. Zhivul'ko U. V. Ocenka svyazi innovacij kormoproizvodstva s povysheniem ehffektivnosti pticevodcheskogo kompleksa // Agrarnyj vestnik Urala 2012. № 9 (101) S. 72–73.
14. Balykov V. Sistema pokazatelej ehkonomicheskoy ehffektivnosti // APK: ehkonomika, upravlenie. 2000. № 7. S. 19–22.
15. Altuhov A. I. Formirovanie regional'noj agrarnoj politiki // APK: ehkonomika, upravlenie. 2005. № 11. S. 28–35.

Balabaykin Vladimir Fedorovich, Doctor of Economic Sciences, Professor, FSBEI HE “South Ural State Agrarian University”.

E-mail: vfb@csaa.ru.

Baryshnikov Sergey Aleksandrovich, Candidate of Technical Sciences, the Dean of the Faculty “Technical Service the AIC”, FSBEI HE “South Ural State Agrarian University”.

E-mail: vfb@csaa.ru.

Ivanov Sergey Anatolyevich, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, FSBEI HE “South Ural State Agrarian University”.

E-mail: vfb@csaa.ru.

Elkin Konstantin Vladislavovich, Senior Lecturer, PI “Kostanay Engineering and Economic University named after M. Dulatov”.

E-mail: vfb@csaa.ru.

Work experience of agricultural consumer cooperative «Soglasie» in the Promyshlennovskiy District of the Kemerovo Region

A. V. Vidyakin

The article deals the social and economic significance of economic activity in agricultural consumer cooperation. This work presents the peculiarities of agricultural production in the Kemerovo region and the role of private subsidiary farms, which produce more than 50 % of total production. Despite the existing potential, there is a decrease in the number of farms of this category and production output. Dairy cattle breeding is of special concern. The existing experience shows that the solution of many problems in agrarian enterprises of small forms lies in the development of cooperation. In the Kemerovo region, there is a development, first of all, agricultural consumer cooperation engaged in collecting milk, its processing and marketing. In 2015, the region collected more than 15 thousand tons of milk from the population, and the growth tendency continues. The experience of the largest agricultural consumer cooperative “Soglasie” is of particular interest. For a decade of its operation, the cooperative has demonstrated sustainable growth rates and proved its high efficiency. The annual growth in the number of the cooperative shareholders purchased milk from the households of the population demonstrates that the work is organized at a high level and is carried out in the interests of the shareholders. The activities carried out by the cooperative have an impact on the level of social and economic development of rural areas, increase employment and ensure the growth of incomes. Studying this enterprise experience allows to understand the reasons for success and to use it for the further development of the cooperative movement in our country. The article focuses on the necessity for further development of cooperative movement in the countryside and the ways of its support.

Keywords: milk production, agricultural consumer cooperation, private subsidiary farms of the population, milk processing.

References

1. Rossijskaya Federaciya. Zakony. O sel'skohozyajstvennoj kooperacii: [feder. zakon: prinyat gos. Dumoj 15 noyabrya 1995 g.]; odobren Sovetom Federacii 28 noyabrya 1995 g. // *EHkonomika sel'skohozyajstvennyh i pererabatyvayushchih predpriyatij*. 1996. № 3–4.
2. Avarskij N., Gasanova H., Gadzhieva A. Kooperaciya kak forma razvitiya sistemy tovarodvizheniya na mirovom rynke moloka i molochnoj produkcii // *Ekonomika sel'skogo hozyajstva Rossii*. 2014. № 9. S. 74–80.
3. Bodrova E. G., Pankratova D. YU. Osobennosti opredeleniya effektivnosti raboty molokopererabatyvayushchego predpriyatiya // *APK Rossii*. 2016. № 2. T. 23. S. 497–502.
4. Buzdalov I. N. Nauchnye osnovy kooperacii i ee osobennosti v sel'skom hozyajstve // *Sel'skohozyajstvennaya kooperaciya*. M. : Nauka, 1997.
5. Vidyakin A. V., Dronin E. B., Oskirko A. V. Potrebitel'skie kooperativy grazhdan kak faktor social'no-ehkonomicheskogo razvitiya sel'skih territorij (na primere Kemerovskoj oblasti) // *Prirodobustrojstvo*. 2010. № 2. S. 101–106.



6. Vidyakin A. V., Latkov N. Yu. Razvitie proizvodstva moloka i molochnoj produkcii na osnove agropromyshlennoj integracii v Kemerovskoj oblasti // *Ekonomika i predprinimatel'stvo*. 2016. № 10. CH. 1. S. 663–667.
7. Volodin N., Svetlov A. Ocenka ehffektivnosti deyatel'nosti sel'skohozyajstvennyh potrebitel'skih kooperativov // *Agrobiznes: ehkonomika, oborudovanie, tekhnologii*. 2011. № 5. S. 40–45.
8. Gricenko G., Ryabuhina T. Sel'skohozyajstvennaya potrebitel'skaya kooperaciya Sibiri // *APK: ehkonomika, upravlenie*. 2014. № 10. S. 74–80.
9. Gusakov V., Shpak A. Perspektivy razvitiya kooperativno-integracionnyh processov v APK Respubliki Belarus' // *APK: ehkonomika, upravlenie*. 2014. № 8. S. 35–45.
10. Donnik I. M., Voronin B. A. Sistema sel'skoj kooperacii v sovremennoj Rossii // *Agrarnyj vestnik Urala*. 2013. № 5. S. 58–60.
11. Islamgaleev R. R. Organizacionno-ehkonomicheskie osnovy razvitiya sel'skohozyajstvennoj kooperacii v APK regiona // *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2012. № 7. S. 106–109.
12. Kopylova E. V. Sovershenstvovanie organizacionnogo mekhanizma razvitiya regional'noj sel'skohozyajstvennoj potrebitel'skoj kooperacii // *Rossijskoe predprinimatel'stvo*. 2012. № 15. S. 41–45.
13. Kopach K. V. LPH sel'skogo naseleniya i ego integraciya s predpriyatiyami APK. 2-e izd., pererab. i dop. M. : FGNU «Rosinformagrotekh». 2002. 312 s.
14. Krylov V. S., Chernikov A. P. Sostoyanie i napravlenie razvitiya sel'skohozyajstvennoj kooperacii // *Ekonomika sel'skohozyajstvennyh i pererabatyvayushchih predpriyatij*. 2013. № 1. S. 36–39.
15. Miloserdov V.V., Miloserdov K. V. Etapy razvitiya rossijskoj kooperacii: vzlety i padeniya // *Ekonomika sel'skohozyajstvennyh i pererabatyvayushchih predpriyatij*. 2012. № 4. S. 10–12.
16. Oficial'nyj sajt Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki RF po Kemerovskoj oblasti. Rezhim dostupa : http://kemerovostat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/kemerovostat/ru/statistics/enterprises/agriculture (data obrashcheniya 17.10.2016).
17. Rubaeva O. D., Pankratova D. Yu. Determinanty razvitiya sel'skohozyajstvennyh potrebitel'skih kooperativov // *APK Rossii*. 2015. T. 74. S. 178–182.
18. Tkach A. V. Nauchnaya shkola: teoriya i praktika kooperativnogo dvizheniya. Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya kooperativnogo sektora ehkonomiki // *Nauchno-teoreticheskij zhurnal*. 2011. № 3. S. 13–15.

Vidyakin Alexandr Vladimirovich, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Management and Agribusiness Department, FSBEI HE “Kemerovo State Agricultural Institute”.

E-mail: vav.kemerovo@rambler.ru.

THE HEADING «VECTOR OF YOUTH SCIENCE»

Static method for monitoring the engine speed characteristics

E. V. Vatolina, A. V. Gritsenko

The paper examines static loading of the engine by completely and partially cutting out its cylinders and additional loading of the remaining cylinders. A designed and manufactured instrument DBD-3, implementing the technique of full and partial cutting out the cylinders is presented in the methodical part of this study. In the hardware of the instrument DBD-3, the principle of operation is based on the disconnection of electromagnetic injectors and high-voltage circuits of the ignition system. In addition, a computer program and a working interface for the device functioning have been developed. The speed characteristics and experimental data have been obtained during experimental studies. Thus, the loading regimes have been experimentally developed: 16% of cycles are disconnected in one cylinder that is left in operation, then 25% and 33% of the cylinder cycles are disconnected and the engine rotational frequency is read. In total, not less than 6 ... 8 points are obtained, quantitatively sufficient for constructing the necessary characteristics. Usually, the speed regimes are set to a multiple of 100-200 min⁻¹. Thus,

the implemented methodology for reading the speed and load characteristics of the engines makes it possible to exclude costly load-bearing stands (500,000 rubles or more) and use a new instrument costing 20,000-50,000 rubles, depending on the engine lineup. The workload of obtaining data is reduced by 1.5-3 times. The accuracy of the load modes is not inferior to the existing stands. The results of the research can be widely used by machine-building and auto-servicing enterprises. In the future, the diagnostic instrument developed can be used as a built-in diagnostic tool and for completely and partially cutting out the cylinders while the vehicle is moving to save fuel and reduce toxicity.

Keywords: engine, loading, testing, cylinder cutting out, torque, moment of inertia, fuel consumption, crankshaft rotational frequency.

References

1. Berdov E. I., Fedoseev S. Yu. Otklyuchenie chasti cilindrov dvigatelya kak sposob uluchsheniya toplivno-ehkonomicheskikh pokazatelej traktorno-transportnogo agregata // *APK Rossii*. 2015. T. 72. № 2. S. 20–24.
2. Zyryanov A. P., Shepelyov V. D. Ocenka ehkspluatatsionnykh pokazatelej gruzovogo transporta v Rossijskoj Federacii // *Ekologiya i nauchno-tekhnicheskij progress. Urbanistika*. 2014. № 1. S. 292–297.
3. Grebennikov A. S. Diagnostirovanie avtotraktornykh dvigatelej po vnutriciklovym izmeneniyam uglovoj skorosti kolenchatogo vala : dis. ... d-ra tekhn. nauk. Saratov, 2002. 292 s.
4. Regulirovanie dizelya metodom otklyucheniya-vklyucheniya cilindrov ili ciklov / N. N. Patrahala'cev, S. V. Strashnov, B. A. Kornev, I. S. Mel'nik // *Dvigatelsestroenie*. 2011. № 3. S. 7–12.
5. Himchenko A. V., Mishin D. G., Buzov A. V. Snizhenie neravnomernosti krutyashchego momenta dvigatelya s otklyucheniem cilindrov na rezhimakh chastichnogo nagruzheniya // *Dvigateli vnutrennego sgoraniya*. 2013. № 1. S. 46–51.
6. Otklyuchenie cilindrov kak sposob uluchsheniya toplivnoj ehkonomichnosti benzinovykh dvigatelej / V. A. Markov, S. N. Devyanin, Eh. A. Savastenko, A. A. Savastenko // *Avtomobil'naya promyshlennost'*. 2014. № 1. S. 5–8.
7. Zhuravlev S. S., Zubarev K. V. Aprobatsiya sposoba upravleniya moshchnosti DVS otklyucheniem cilindrov // *Tekhnika i tekhnologii stroitel'stva*. 2015. № 3 (3). S. 14–20.
8. Zelenin V. A., Belov S. A., Suhanov S. A. Metodika ocenki ehffektivnosti sredstv diagnostirovaniya pri tekhnicheskome servise avtomobilej // *Nauchnyj vestnik GAOU VPO «Nevinnomysskij gosudarstvennyj humanitarno-tekhnicheskij institut»*. 2016. T. 4. S. 37–39.
9. Kalimullin R. F. Koncepciya povysheniya dolgovechnosti avtomobil'nykh dvigatelej pri ehkspluatatsii. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2015. № 9 (184). S. 144–152.
10. Vlasov D. B. Tekhnologii diagnostirovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya ehlektricheskikh benzonasosov avtomobilej s mikroprocessornoj sistemoy upravleniya. *APK Rossii*. 2015. T. 72. № 1. S. 26–28.
11. Vlasov D. B. Povyshenie ehffektivnosti processa diagnostirovaniya sistem pitaniya na osnove realizatsii novykh metodov i sredstv testovogo diagnostirovaniya // *APK Rossii*. 2015. T. 74. S. 30–35.
12. Ismagilov R. Ya., Kukov S. S. Diagnostirovanie cilindroporshnevoj gruppy DVS // *APK Rossii*. 2015. T. 74. S. 71–75.
13. Koshelev N. E. Kontrol' soprotivleniya vypusknogo trakta DVS // *APK Rossii*. 2015. T. 74. S. 90–96.
14. Shepelyov S. D., Cherkasov Yu. B. Obosnovanie differencirovannoj nadezhnosti zernouborochnykh kombajnov s uchedom ih sezonnoj nagruzki / *APK Rossii*. 2015. T. 72. № 1. S. 54–56.
15. Boronin O. S. Innovatsii v oblasti diagnosticheskogo obespecheniya avtotransportnykh sredstv // *ITportal*. 2014. № 1 (1). S. 1.
16. Kostyuchenkov N. V., Mukasheva N. A. Obosnovanie nomenklatury, formirovanie grupp i opredelenie mestopolozheniya uchastka po vosstanovleniyu detalej // *APK Rossii*. 2013. T. 65. S. 96–103.
17. Surkin V. I., Petelin A. A., Fedoseev S. Yu. Opredelenie dymnosti otrabotavshih gazov dizelya pri otklyuchenii chasti ego cilindrov // *Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. 2012. № 3. S. 50–55.
18. Kozlovskij V. N. Obespechenie kachestva i nadezhnosti sistemy ehlektrooborudovaniya avtomobilej : avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk. Tol'yatti, 2010. 41 s.
19. Denisov A. S., Kulakov A. T. Obespechenie nadezhnosti avtotraktornykh dvigatelej / *Sarat. gos. tekhn. un-t. Saratov*, 2007. 307 s.



20. Rukovodstvo po ehkspluatacii USB AutoscopeIII: rukovodstvo po rabote s programmoj USB-oscillograf. Rezhim dostupa : http://www.autoscaners.ru/catalogue/files/689/program_usb_oscilloscope.pdf.
21. Shepelyov S. D., Cherkasov Yu. B. Obosnovanie racional'nogo urovnya nadezhnosti tekhnologicheskikh mashin v zernouborochnom processe // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 5. S. 58–63.
22. Shepelyov V. D., Shepelyov S. D., Aleksandrova T. A. Ocenka ehffektivnosti ispol'zovaniya podvizhnogo sostava na mezhdugorodnih perevozkah // Aktual'nye napravleniya nauchnyh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika. 2015. T. 3. № 4–1 (15–1). S. 437–439.
23. Shepelyov S. D., Okunev G. A., Cherkasov Yu. B. Vliyanie sroka sluzhby zernouborochnykh kombajnov na strukturu tekhnologicheskikh liniy // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. № 1. S. 43–46.
24. Zyryanov A. P. Perspektiva razvitiya mashinno-traktornogo parka v rastenievodstve // APK Rossii. 2013. T. 63. S. 47–50.
25. Zyryanov A. P. Issledovanie vzaimosvyazi ehnergeticheskikh i tekhniko-ehkonomicheskikh pokazatelej raboty tyagovo-privodnykh agregatov // APK Rossii. 2015. T. 72. № 1. S. 36–39.
26. Kuznecov N. A., Pyataev M. V., Zelenin A. V. Rezul'taty proizvodstvennykh opytov po ustanovleniyu tyagovogo soprotivleniya pricepa // APK Rossii. 2015. T. 72. № 2. S. 68–73.
27. Ivanov R. V. Diagnostirovanie DVS po parametru moshchnosti mekhanicheskikh poter' : avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Volgograd, 2010. 40 s.
28. Obozov A. A., Tarichko V. I. Matematicheskoe imitacionnoe modelirovanie rabocheho processa avtomobil'nogo DVS v celyakh izucheniya diagnosticheskoy informacii // Dvigatelistroenie. 2013. № 2 (252). S. 21–26.
29. Pichugin A. I. Povyshenie ehffektivnosti diagnostirovaniya cilindroporshnevoj gruppy avtomobil'nykh dvigatelej putem sovershenstvovaniya metodov i sredstv raspoznavaniya ee sostoyanij : avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Saratov : Saratovskij GAU im. N. I. Vavilova, 2011. 23 s.
30. Ponizovskij A. Yu. Ocenka tekhnicheskogo sostoyaniya cilindroporshnevoj gruppy avtotraktornykh dizelej po raznosti raskhodov vozduha na vpuske i vypuske v puskovom rezhime : avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Novosibirsk, 2010. 111 s.

Vatolina Evgeniya Vladimirovna, master student, the Department “Machine and Tractor Fleet Operation”, FSBEI HE “South Ural State Agrarian University”.

E-mail: vatolinazhenya@gmail.com.

Gritsenko Alexandr Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department “Machine and Tractor Fleet Operation”, FSBEI HE “South Ural State Agrarian University”.

E-mail: alexgrits13@mail.ru.

The investigation of wind power stations efficiency

D. S. Kuznetsov

One of the most developing and promising sources of renewable energy is wind energy. Wind power plants are constantly improved in their technical characteristics. The use of wind power units in wind power plants requires the parameters optimization. Optimal choice of parameters of a wind power plant increases its indicators. The main indicator of optimization is efficiency. The issues of power supply efficiency from wind power plants, interconnection of power supply indicators and technical indicators of wind power plants and installations, reliability indicators of wind power plants have not been sufficiently studied. For a comprehensive assessment of efficiency, a criterion for the reliability of wind power plants determined by the adapted regulatory indicators is defined. The study of the efficiency of wind power plants with various parameters was carried out using the example of a project wind power plant in the Chelyabinsk region. Objective: to determine the interrelation of reliability indicators of wind power plant and efficiency indicators. It has been revealed that the projected increase in the number of wind power

units in wind power plants by 25-40% makes it possible to increase their profitability by 1.5-2 times, and foresee a significant economic damage. The conducted researches have allowed to define the optimum parameters of wind units (the quantity of wind units (BWC) is 3). The coefficient of reliability is 1.4. For supplying the required energy of 365,000 MJ per year in the second wind energy zone of the Chelyabinsk region (the Bredinskiy district), a wind power plant consisting of 19 wind units is effective; it pays for itself for 9.47 years at a electricity cost of 2.52 rub/kWh.

Keywords: wind power plant, wind power unit, efficiency of wind power plant, efficiency of energy supply, reliability of energy supply.

References

1. Kuznecov D., Mennen H. Analiz klyuchevykh faktorov razvitiya vozobnovlyаемoj ehnergetiki v Rossii // APK Rossii. 2016. T. 23. № 2. S. 368–378.
2. Kuznecov D. S. Issledovanie parametrov vetroehlektricheskoy stancii na osnove pokazatelya nadezhnosti elektrosnabzheniya // Idei molodykh – agropromyshlennomu kompleksu. Chelyabinsk : CHGAA, 2015. S. 33–39.
3. Sher'yazov S. K., Shelubaev M. V., Kuznecov D. S. Vozmozhnosti ispol'zovaniya ehnergii vetra v usloviyah Yuzhnogo Urala // Sbornik dokl. nauch.-prakt. konf. «Solnechnyj gorod: ehnergoehffektivnost', ehnergobezopasnost', nadezhnost', ehkologichnost'». 2016.
4. Shelubaev M. V. Obosnovanie parametrov vetroehlektricheskoy stancii na baze vetroehnergeticheskikh ustanovok maloj moshchnosti dlya ehlektrosnabzheniya sel'skohozyajstvennykh potrebitelej : dis. ... kand. tekhn. nauk. Chelyabinsk, 2015. 156 s.
5. Okupaemost' vetroehnergeticheskikh ustanovok v usloviyah srednej polosy // Termodinamika. Alternativnaya ehnergetika. Klimaticheskie sistemy. M., 2015. Rezhim dostupa : <http://www.termocool.ru/products/okupaemost-vetroehnergeticheskikh-ustanovok> (data obrashcheniya 10.09.2016).
6. Sher'yazov S. K. Vozobnovlyаемye istochniki v sisteme ehnergosnabzheniya sel'skohozyajstvennykh potrebitelej : monografiya. Chelyabinsk : CHGAU, 2008. 300 s.
7. Sher'yazov S. K., Shelubaev M. V. Razrabotka metoda opredeleniya parametrov vetroparka // Vestnik KrasGAU. 2014. Vyp. 10. S. 182–187.
8. Averin A. A. Povyshenie ehffektivnosti ehnergosnabzheniya sel'skohozyajstvennykh potrebitelej s ispol'zovaniem vetrodizel'noj ustanovki : dis. ... kand. tekhn. nauk. Chelyabinsk, 2009. 139 s.
9. Otchet o funkcionirovanii EEHS Rossii v 2015: Sistemnyj operator Edinoj Energeticheskoy Sistemy. Rossiya, 2016. Rezhim dostupa : http://so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2016/ups_rep2015.pdf (data obrashcheniya: 15.03.2017).
10. Ocenka kachestva funkcionirovaniya vetroehnergeticheskikh ustanovok (VEHU) v usloviyah ehkspluatatsii / V. A. Butorin, V. N. Kutepov, I. B. Carev, I. V. Zajcev // Sbornik nauch. st. «Metody i sredstva tekhnicheskoy diagnostiki» / Mar. gos. un-t. Jashkar-Ola, 2006. Vyp. XXIII. S. 222–226.
11. Kutepov V. N., Rukavishnikova M. Yu. Ekonomicheskaya ehffektivnost' optimizatsii vremeni vosstanovleniya vetroehnergeticheskikh ustanovok // Materialy XLVI mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. «Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu». Chelyabinsk, 2007. CH. 2. S. 192–197.
12. Shemetov A. N. Nadezhnost' ehlektrosnabzheniya : ucheb. posobie. Magnitogorsk : GOU VPO «MGU im. G. I. Nosova», 2006. 141 s.
13. Sher'yazov S. K., Shelubaev M. V. Razrabotka metoda opredeleniya parametrov vetroparka // Vestnik KrasGAU. 2014. Vyp. 10. S. 182–187.
14. Sher'yazov S. K., Ptashkina-Girina O. S. Ispol'zovanie vozobnovlyаемykh istochnikov ehnergii v sel'skom hozyajstve. Chelyabinsk : CHGAA, 2013. 222 s.
15. Amerhanov R. A. Optimizatsiya sel'skohozyajstvennykh ehnergeticheskikh ustanovok s ispol'zovaniem vozobnovlyаемykh vidov ehnergii. M. : Kolos-Press, 2003. 532 s.
16. Nikolaev V. G. Modeli tekhnicheskoy gotovnosti vetroehlektricheskikh stancij // Malaya ehnergetika. 2010. S. 34–44.
17. Windenergie und Dänemarks Energiepolitik / Andersen Danleemann, Jemming Jorgen // Windkraft J. und Natur. Energien (Windkraft J.). 1998. № 2. S. 22–23.
18. Robert Gasch, Jochen Tewe (Hrsg.). Windkraftanlagen. Grundlagen, Entwurf, Planung und Betrieb. 9. aktualisierte Auflage. Wiesbaden : Springer, 2016. 570 s.



19. Erich Hau. Windkraftanlagen – Grundlagen, Technik, Einsatz, Wirtschaftlichkeit. 5. Auflage. Berlin – Heidelberg : Springer, 2014. 969 s.
20. Siegfried Heier: Nutzung der Windenergie. 7. Auflage. Stuttgart : Fraunhofer IRB Verlag, 2016.
21. Siegfried Heier: Windkraftanlagen: Systemauslegung, Netzintegration und Regelung. 5. Auflage. Wiesbaden : Vieweg/Teubner, 2009. 466 s.
22. Siegfried Heier, Grid integration of wind energy conversion systems. John Wiley & Sons, 3rd edition, 2014.
23. Nicole Hesse: Windwerkerei. Praktiken der Windenergienutzung in der frühen deutschen Umweltbewegung. In: Technikgeschichte, 83 (2016) H. 2, s. 125–150.
24. Elke Bruns, Dörte Ohlhorst, Bernd Wenzel, Johann Köppel. Erneuerbare Energien in Deutschland. Eine Biographie des Innovationsgeschehens. Berlin : Universitätsverlag der TU Berlin, 2010. 554 s.
25. Volker Quaschning. Regenerative Energiesysteme. Technologie - Berechnung - Simulation. 8. aktualisierte Auflage. München : Carl Hanser Verlag, 2013. 424 s.

Kuznetsov Dmitry Stanislavovich, post-graduate student, the Department “Power Supply and Automation of Technological Processes”, FSBEI HE “South Ural State Agrarian University”
E-mail: dmitrii.kuznetsov9@gmail.com.

On the question of measuring moisture content in material thin layers using a reflective super-high frequency method

S. Yu. Panferov

The article proposes to use a reflective super-high frequency method for measuring the moisture content of thin layers in agricultural raw materials in infrared conveyor-cascade dryers. The studies of the reflecting SHF method, as well as the optimization and improvement of the measuring apparatus design, entail a high complexity of theoretical calculations, and the multiple rework of the SHF circuit components require considerable costs. This paper suggests to use the methods of three-dimensional computer simulation of electrodynamic systems that allow creating and exploring virtual designs of moisture meters and their characteristics, as well as simulating the moisture meters operation with different materials. This approach will simplify the process of developing SHF devices and optimizing their design and technological parameters by replacing intermediate experiments by computer calculations. The aim of the work was to determine the possibility of using CAD systems for designing and optimizing the SHF circuit parameters by simulating the laboratory unit operation. In the course of work on the basis of classical theoretical calculations, an approximate three-dimensional model of a laboratory unit was created, which was used in the natural experiment including a horn combined antenna and a layer of grain. With the help of a built-in CAD optimizer, the optimization of antenna design parameters to the SWR level equal to 1.2 has been carried out in the operating frequency band. The dielectric grain parameters ϵ' and ϵ'' for the moisture content $W = 10, 15, 20$ and 25% were calculated using the generalized Nelson-Kraszewski model. The antenna operation simulating for a grain layer thickness of 35 mm for all humidity was carried out. The obtained results of computer simulation have a high convergence with the results of the laboratory experiment ($R = 0.982$).

Keywords: moisture meter, electromagnetic wave, super-high frequency, reflection coefficient, computer modeling, computer simulation.

References

1. Vasil'ev A. A., Polevik N. D., Gordeev O. V. Vliyanie predposadochnoj obrabotki klubnej ehlektromagnitnym polem na urozhajnost' kartofelya // Vestnik Buryatskoj GSKHA im. V. R. Filippova. Ulan-Udeh : BGSKHA, 2014. № 2. S. 29–35.
2. Vasil'ev A. A., Polevik N. D., Gordeev O. V. Effektivnost' predposadochnoj obrabotki kartofelya ehlektromagnitnym polem // Prodovol'stvennaya politika Rossii. 2015. № 4 (16). S. 39–43.
3. Polevik N. D., Popov V. M., Bidyanov V. A. Vliyanie predposevnoj obrabotki semyan golozyornyh sortov yachmenya na ih produktivnost' // Vestnik KrasGAU. 2011. № 8. S. 223–226.

4. Polevik N. D. Snizhenie intensivnosti pobochnogo izlucheniya ustrojstva vvoda SVCH-ehnergii v pochvu // Mekhanizatsiya i Elektrifikatsiya sel'skogo hozyajstva. 2011. № 9. S. 16–17.
5. Polevik N. D. Mobil'na polevaya SVCH-ustanovka dlya obrabotki pochvy // Mekhanizatsiya i ehlektrifikatsiya sel'skogo hozyajstva. 2011. № 10. S. 16–17.
6. Povyshenie ehffektivnosti predposevnoj SVCH-obrabotki semyan / N. D. Polevik [i dr.] // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo hozyajstva. 2012. № 5. S. 23–24.
7. Polevik N. D. Vliyanie polarizatsii ehlektromagnitnogo izlucheniya decimetrovogo diapazona na prorastanie semyan // Biofizika. 2013. T. 58. Vyp. 4. S. 697–703.
8. Polevik N. D., Panferov S. Yu. Problemy izmereniya vlazhnosti zerna v potoke // Materialy LV mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. «Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu» / pod red. prof., d-ra s.-h. nauk M. F. Yudina. Chelyabinsk : FGBOU VO Yuzhno-Ural'skij GAU, 2016. CH. III. 292 s.
9. Panferov S. Yu. Integral'nyj SVCH-metod izmereniya vlazhnosti zerna v potoke // Idei molodyh – agropromyshlennomu kompleksu : mater. LXVII studench. nauch. konferencii / pod red. prof., d-ra s.-h. nauk M. F. Yudina. Chelyabinsk : FGBOU VO YUzhno-Ural'skij GAU, 2016. CH. 1. S. 139–142.
10. Polevik N. D., Panferov S. Yu. Potochnyj otrazhatel'nyj vlagomer // APK Rossii. 2017. T. 24. № 1. S. 86–90.
11. Shirman Ya. D. Radiovolnovody i ob'emnye rezonatory. M. : Svyaz'izdat, 1959.
12. Kraszewski A., Nelson S. O. Composite model of the complex permittivity of cereal grain // J. Agric. Eng. Res. 1989. V. 43. P. 211–219.
13. Polevik N. D. Metody i sredstva bor'by s sornoj rastitel'nost'yu s ispol'zovaniem impul'snyh SVCH-izlucheniij : dis. ... kand. tekhn. nauk. Chelyabinsk : CHGAU, 2007. 218 s.

Panferov Sergey Yuryevich, master student, the Department “Power Supply and Automation of Technological Processes”, FSBEI HE “South Ural State Agrarian University”.

E-mail: s.y.panferov@yandex.ru.

Theoretical justification of infrared equipment design parameters for vegetable seeds drying to save energy

V. M. Popov, V. A. Afonkina, A. I. Baranova

The article examines various methods of vegetable seeds drying, their comparing and choosing the most rational one. Seed production in the Russian Federation is of great importance, and its main purpose is to maintain the features totality and the best economic and biological indicators of the variety. The success and the level of agriculture directly depend on the state of this industry. A great percentage of seeds is delivered from abroad and entails significant overpayments for transportation, packaging, costs for conducting the auctions. Poor funding results in searching for the ways of reducing the costs including energy and preserving seeds quality and quantity. Energy costs reduction is possible by improving the technological parameters of the equipment used for various stages of seed treatment. Seed growing is one of the most important branches of agricultural production; its main function is the mass reproduction of varietal seeds while preserving biological and yielding qualities. To preserve these qualities, the seeds are subjected to certain processing stages. One of these important stages is drying. During this process, the biochemical transformations of simple chemical substances into complex ones take place, proteins and carbohydrates are accumulated, physical parameters and quality indicators are changed. Consequently, proper drying leads to a stable state of seeds storage, yield and quality of the finished product. It is also one of the most energy-consuming stages in the process of seed treatment. It takes up to 90 % of the energy spent for seeds processing. Therefore, one of the most important tasks in designing a drying equipment is to reduce energy costs in combination with obtaining high quality and quantity indicators of final raw material.

Keywords: vegetable seed, energy saving, drying, drying regime, electric film heater.

References

1. Sposoby sushki semyan. Rezhim dostupa: <http://www.agrodialog.com.ua>.
2. Tipy infrakrasnyh izluchatelej. Rezhim dostupa: <http://www.promnagrev.ru/infrakranye-nagrevateli>.



3. Lebedev P. D. Raschet i proektirovanie sushil'nyh ustanovo. M. ; L. : Gosehnergoizdat, 1962. 320 s.
4. Machkashi A., Banhidi L. Luchistoe otoplenie. M. : Strojizdat, 1985. 464 s.
5. Pat. 100353 RU H05B 3/36. Plenochnyj ehlektronagrevatel' / B. G. Polevoj, V. M. Popov. № 2010115793 ; zayavl. 20.04.2010 ; opubl. 10.12.2010, Byul. № 34.
6. Popov V. M., Afon'kina V. A. Ispol'zovanie plenochnyh ehlektronagrevatelej (PLEHN) v tekhnologicheskom processe sushki rastitel'nogo i dikorastushchego syr'ya // Vestnik KrasGAU. 2011. № 12. S. 216–218.
7. Pat. 102771 RU F26B 3/30. Sushil'naya ustanovka / V. M. Popov, V. A. Afon'kina, A. A. Kechkin. № 2010140666 ; zayavl. 04.10.2010 ; opubl. 10.03.2011, Byul. № 7.
8. Popov V. M., Afon'kina V. A., Shukshina E. I. Primenenie infrakrasnyh plenochnyh ehlektronagrevatelej v konstrukcii sushil'nyh ustanovok kaskadnogo tipa // Izvestiya SPbGAU. 2012. № 26. S. 387–391.

Popov Vitaliy Matveevich, Doctor of Technical Sciences, the Head of the Department “Energy Supplying and Automation of Technological Processes”, FSBEI HE “South Ural State Agrarian University”.
E-mail: ntc-es@mail.ru.

Afonkina Valentina Aleksandrovna, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department “Energy Supplying and Automation of Technological Processes”, FSBEI HE “South Ural State Agrarian University”.
E-mail: ntc-es@mail.ru.

Baranova Anastasiya Igoryevna, postgraduate student of the Department “Energy Supplying and Automation of Technological Processes”, FSBEI HE “South Ural State Agrarian University”.
E-mail: BAI1208@mail.ru.

Improving the quality of livestock wastes processing for fertilizer production

Zh. B. Telubayev

The article deals with the problems of livestock wastes utilization. The problem of cleaning and decontamination of manure drains refers to the most topical issues in the field of science and technology. The work examines the existing technologies of animal manure processing. The analysis of methods and technological schemes of manure drains decontamination is given; their advantages and disadvantages are shown. Three main methods of processing and disinfection of manure sewage are presented: biological, chemical and physical. The most promising technology of manure utilization is its anaerobic processing with biogas generating. However, during manure anaerobic processing in the mesophilic regime, disinfection of the effluent is not complete. It has been shown that utilization of biomass is the most important task in agriculture, when a large amount of energy is required for various technological needs, and the need for high-quality fertilizers is constantly growing with simultaneous production of biogas consisting of methane (about 70%), carbon dioxide and impurities. During fermentation, microflora develops in manure; this microflora decomposes organic substances into acids, and then, under the influence of bacteria they turn into gaseous products. Also, the promising direction of the technology development is disinfection of water, treatment of natural and waste water by energy fields. Using the energy of the hydrodynamic field allows to carry out the destruction of microorganisms without chemical reagents; and the generation of energy fields can be implemented by simple technical solutions. This paper suggests using the physical method of disinfection of the effluent by a cavitation field (disinfected, deodorized organic fertilizer obtained from methane-generation of manure). The results of the laboratory study of manure disinfection in a cavitation field show its efficiency. The main factors influencing the power consumption by the electric motor have been determined.

Keywords: cattle, effluent, biogas unit, mesophilic regime, disinfection, cavitation.

References

1. Sher'yazov S. K., Ptashkina-Girina O. S. Osobennosti ispol'zovaniya vozobnovlyаемoj ehnergii v sel'skom hozyajstve // Vestnik CHGAA. 2013. Vyp. 66. S. 95–101.
2. Gyunter L. I., Gol'dfarb L. L. Metantenki. M. : Strojizdat, 1991. 128 s.
3. Biogass. Handbook. 2009. Rezhim dostupa : <http://www.lemvigbiogas.com/BiogasHandbook.pdf>.
4. Biogass – green energy. Process. Design. Energy supply. Environment. 2009. Rezhim dostupa : <http://www.lemvigbiogas.com/BiogasPJuk.pdf>.
5. Sher'yazov S. K., Telyubaev Zh. B. Analiz sposobov pererabotki navoza zhivotnyh dlya polucheniya biogaza // Materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. «Energ- i resursoberezhenie. Energoobespechenie. Netradicionnye i vozobnovlyaemye istochniki ehnergii». Ekaterinburg : UrFU, 2016. S. 667–670.
6. Cuglenok N. V., Sher'yazov S. K., Bastron A. V. Racional'noe sochetanie tradicionnyh i vozobnovlyaemyh istochnikov ehnergosnabzheniya sel'skohozyajstvennyh potrebitelej : monografiya. Krasnoyarsk : Izd-vo KrasGAU, 2012. 322 s.
7. Sher'yazov S. K., Vasenev V. V., Telyubaev Zh. B. Metody povysheniya ehffektivnosti pererabotki biomassy v biogazovoj ustanovke // Materialy LV mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. «Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu». Chelyabinsk : FGBOU VO Yuzhno-Ural'skij GAU, 2016. S. 230–236.
8. Pirsol I. Kavitiya. M. : Mir, 1975. 96 s.
9. RD-APK 1.10.15.02-08. Sistema rekomendatel'nyh dokumentov agropromyshlennogo kompleksa ministerstva sel'skogo hozyajstva Rossijskoj Federacii Rekomendatel'nye dokumenty : metod. rek. po tekhnologicheskomu proektirovaniyu sistem udaleniya i podgotovki k ispol'zovaniyu navoza i pometa / Ministerstvo sel'skogo hozyajstva Rossijskoj Federacii. M., 2008. S. 21–23.
10. GOST 26074-84 (ST SEHV 2705-80). Navoz zhidkij. Veterinarno-sanitarnye trebovaniya k obrabotke, transportirovaniyu i ispol'zovaniyu. Vved. 1984-07-01.
11. GOST 33380-2015. MEZHGHOSUDARSTVENNYJ STANDART. Udobreniya organicheskie. EHFFLYUENT. Tekhnicheskie usloviya. M. : Standartiiform, 2016. 15 s.
12. GOST R 52808-2007. Federal'noe agentstvo po tekhnicheskemu regulirovaniyu i metrologii. Nacional'nyj standart Rossijskoj federacii. Netradicionnye tekhnologii. EHNERGETIKA BIOOTHODOV. Terminy i opredeleniya. M. : Standartiiform, 2008. 15 s.
13. Strauch D. Survival of pathogenic microorganisms and parasites in excreta, manure and sewage sludge // Journal of Civil & Environmental Engineering. 1991. 34 p.
14. Rosen Barry H. Waterborne Pathogens in Agricultural Watersheds. WSSI, School of Natural Resources, University of Vermont, Burlington, 2000. 64 p.
15. Sher'yazov S. K. Vozobnovlyaemye istochniki v sisteme ehnergosnabzheniya sel'skohozyajstvennyh potrebitelej : monografiya. Chelyabinsk, 2008. S. 169–172.
16. Sher'yazov S. K., Ptashkina-Girina O. S. Ispol'zovanie vozobnovlyaemyh istochnikov ehnergii v sel'skom hozyajstve : ucheb. posob. dlya vuzov. Chelyabinsk : CHGAA, 2013. 280 s.
17. Ptashkina-Girina O. S., Shchiryj V. D. O vozmozhnosti obezzarazhivaniya stochnyh vod zhivotnovodcheskih kompleksov v kavitacionnom pole // Materialy LI mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu». Chelyabinsk : CHGAA, 2012. S. 135–138.

Telyubaev Zhaslan Barlykovich, post-graduate student, the Department “Power Supply and Automation of Technological Processes”, FSBEI HE “South Ural State Agrarian University”.

E-mail: telyubaev@yandex.ru



Правила предоставления рукописей статей в научно-практический журнал «АПК России»

Представленная в электронном и (желательно) печатном вариантах статья должна соответствовать профилю и научному уровню журнала. Материалы, представленные аспирантами, магистрантами, должны быть заверены научным руководителем.

Объем текста статьи не должен превышать 20 стр. для доктора наук, для остальных авторов объем статьи составляет от 8 до 15 стр. Все данные должны иметь сноски на источник их получения. Ответственность за использование данных, не предназначенных для открытых публикаций, несут, в соответствии с законодательством Российской Федерации, авторы статей.

Статья должна содержать метатекст: аннотацию, ключевые слова, сведения об авторах (фамилия, имя, отчество авторов полностью; место работы, занимаемая должность; ученая степень, звание; адрес для переписки, e-mail и телефоны для связи), список литературы.

Метатекст (название статьи, аннотация, ключевые слова, ФИО авторов полностью, сведения об авторах, список литературы) должен быть представлен на русском и английском языках.

Рекомендуемый объем аннотации – 200–250 слов, не более 2000 символов. Не следует начинать аннотацию с повторения названия статьи! В аннотации необходимо осветить цель исследования, методы, результаты (желательно с приведением количественных данных), четко сформулировать выводы. В аннотации не допускается разбивка на абзацы и использование вводных слов и выражений, элементы сложного форматирования (индексы, символы и т.п.).

Статья должна отражать следующие разделы:

1. Актуальность темы.
2. Цель исследований.
3. Материалы и методы.
4. Результаты исследований.
5. Выводы.
6. Рекомендации.
7. Список литературы (ГОСТ Р 7.0.5–2008)

Статья должна содержать элементы научной новизны и практическую ценность. Новизна может быть не общенаучной, а отраслевой. Статья не должна иметь фактических ошибок, выводы и заключения не должны противоречить известным законам природы и общенаучным истинам.

Материалы подписываются автором (авторами). Автор (авторы) заполняют анкету при представлении в редакцию рукописи статьи.

Невыполнение указанных выше требований в полном объеме является поводом для отказа в приеме материала.

Статьи, соответствующие указанным требованиям, регистрируются.

Решение о публикации статьи принимается по результатам рецензирования и обсуждения на редколлегии.

Информацию о прохождении статьи авторы могут уточнить по тел. редакции: +7 (351) 266-65-39, а также по электронной почте: medvedevasa@list.ru.

Представляя свои материалы для опубликования автор тем самым дает согласие на размещение на безвозмездной основе электронной версии своей статьи, опубликованной в журнале «АПК России», на сайте и в научной библиотеке вуза и на сайте электронной научной библиотеки e-library в открытом доступе в полнотекстовой версии.

Все статьи рецензируются, отклоненные статьи авторам не возвращаются, о причинах отклонения автор уведомляется на основании заключения рецензента.

Гонорар за публикации не предусматривается.

Автор обязан приобрести номер журнала, в котором опубликованы представленные им к печати материалы, в редакции или оформить подписку на издание.

Правила оформления статьи

Указать тематическую рубрику (код УДК) в верхнем левом углу статьи.

Наименование статьи должно отражать ее содержание и состоять не более чем из 12 слов. Сокращения в наименовании статьи не допускаются.

ФИО авторов полностью, место работы, занимаемая должность; ученая степень, звание, телефон и e-mail (каждого автора).

Аннотация на русском языке.

Ключевые слова на русском языке.

Все поля – 2 см. Шрифт текста – TimesNewRoman. Размер шрифта – 14 пт, интервал – 1,5.

Буквы латинского алфавита – курсивного начертания, буквы греческого и русского алфавитов, индексы и показатели степени, математические символы $\lim$, $\lg$, $\cos$, $\sin$, $\max$, $\min$ и др. – прямого начертания.

Набор формул в стандартных редакторах формул MathType либо Equation, шрифт Times New Roman. Нумеровать только те формулы, на которые есть ссылки в тексте. Номер формулы ставить с правой стороны в конце формулы с выравниванием по правой границе страницы. Обозначения в формулах: прямо – русские буквы, греческие символы, функции, цифры; курсив – латинские буквы.

Таблицы и рисунки помещать за первой ссылкой на них в тексте после окончания абзаца. Графики и диаграммы должны быть активны и сохранены в отдельной папке с обозначением каждого рисунка, согласно тексту статьи. Рисунки выполнять, используя программные продукты, и представлять в виде отдельного файла: в растровом формате Tiff, JPG, BMP (300 dpi); в векторных форматах CDR, EPS, wmf; рисунки Word – в формате DOC.

Фотографии выполнять с разрешением не менее 600 dpi.

Обозначения, термины и иллюстративный материал привести в соответствие с действующими государственными стандартами.

Список литературы должен быть оформлен в соответствии с последовательностью ссылок в тексте согласно ГОСТ 7.0.5-2008.

Все аббревиатуры необходимо расшифровать.

Метатекст (название статьи, аннотация, ключевые слова, ФИО авторов полностью, сведения об авторах) на английском языке; список литературы – транслитерация.

*С уважением,
редакция журнала*

Анкета автора*
представленной в редакцию рукописи статьи:

(название статьи)

ФИО (полностью)	
Ученая степень	
Ученое звание	
Должность	
Место работы, учебы (полное наименование организации)	
Адрес места работы, учебы (с указанием индекса)	
Контактный телефон (с указанием кода города)	
Адрес электронной почты	
SPIN-КОД автора в базе РИНЦ (на сайте http://elibrary.ru)	
Адрес, на который следует выслать авторский экземпляр журнала (с указанием индекса)	
Иные сведения	

Подписывая данную анкету, я, _____,
(Фамилия Имя Отчество)

выражаю согласие на то, что представление рукописи статьи в адрес редакции журнала «АПК России» является конклюдентным действием, направленным на передачу редакции исключительных прав на произведение: права на воспроизведение и права на распространение, а также на размещение статьи в электронной версии журнала в открытом доступе в сети Интернет и в наукометрических электронных базах данных.

Также предоставляю редакции свои персональные данные (фамилия, имя, отчество; сведения об образовании; сведения о месте работы и занимаемой должности) без ограничения срока для их хранения и обработки в различных базах данных и информационных системах, включения в аналитические и статистические отчеты, создания обоснованных взаимосвязей объектов произведений науки, литературы и искусства с персональными данными и т.п. Редакция имеет право передать указанные данные для обработки и хранения третьим лицам.

«__» _____ 20__ г.

_____/_____/_____
Подпись Фамилия И.О.

* – В случае подготовки статьи в соавторстве сведения предоставляются каждым из авторов.

Вниманию читателей!
Подписку на журнал можно оформить в почтовых
отделениях ФГУП «Почта России».
Издание включено в объединенный
и электронный каталог «Пресса России».

Требования к статьям, представляемым
к публикации, размещены на сайте журнала
<http://www.rusapk.ru>

Полнотекстовая версия журнала «АПК России»
размещена на сайте электронной научной
библиотеки: <http://www.elibrary.ru>,
сайте журнала: <http://www.rusapk.ru>,
сайте Университетской библиотеки онлайн:
www.biblioclub.ru.

Dear Readers, attention, please!
Subscription to the journal can be obtained at post
offices «Russian Post».
The journal is included in the combined
and the electronic catalog «Press of Russia.»

Requirements for articles submitted for publication,
available on the website:
<http://www.rusapk.ru>

The full-text version of the journal
«Agro-Industrial Complex of Russia» is available
online on the e-Science Library website:
<http://www.elibrary.ru>,
on the journal website: <http://www.rusapk.ru>,
on the University Library website: www.biblioclub.ru.



Ответственный секретарь
С. А. Медведева
E-mail: medvedevasa@list.ru
Тел.: +79514823578

Верстка
М. В. Шингареева

Корректор
М. В. Вербина

Перевод на англ. язык
О. И. Халупо

Подписано в печать 15.06.2017.
Формат 60×84/8. Гарнитура Times.
Усл. печ. л. 34,3. Тираж 300 экз.
Заказ № 108.

Адрес редакции: 454080, г. Челябинск,
пр. им. В. И. Ленина, 75. Тел.: 8(351) 266-65-39

Адрес издателя: Южно-Уральский
государственный аграрный университет
457100, г. Троицк, ул. Гагарина, 13
Тел.: 8(35163) 2-00-10, факс: 8(35163) 2-04-72
E-mail: tvi_t@mail.ru

Отпечатано: ИПЦ Южно-Уральского ГАУ,
Адрес: 454080, г. Челябинск, ул. Энгельса, 83

Executive Editor
S. A. Medvedeva
E-mail: medvedevasa@list.ru
Phone: +79514823578

Design
M. V. Shingaryova

Proof reader
M. V. Verbina

English rendering
O. I. Khalupo

Signed to print 15.06.2017.
Format 60×84/8. Times script.
Conventional printed sheet 34,3.
Circulation 300 copies.
Order № 108.

Editors office: 454080, Chelyabinsk,
Lenin Avenue, 75. Phone: 8(351) 266-65-39

Publishers address: South-Ural State
Agrarian University
457100, Troitsk, Gagarin Str, 13
Phone: 8(35163) 2-00-10, Fax: 8(35163) 2-04-72
E-mail: tvi_t@mail.ru

Printed in South-Ural State Agrarian University
Publishing House: 454080, Chelyabinsk,
Engels Str., 83

Свободная цена

Free-market price