

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАВНОМЕРНОСТИ РАСКЛАДКИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ ВЫСАЖИВАЮЩИМ АППАРАТОМ ДИСКОВОГО ТИПА

Р. Р. Латыпов

В представленном материале приведены аналитические зависимости, которые описывают влияние параметров и режимов работы высаживающего устройства дискового типа на равномерность процесса посадки клубней. Анализ полученных данных приводит к выводу, что на величину равномерности подачи клубней преобладающее влияние имеет угловая скорость высаживающего аппарата. Для установления оптимальных конструктивных и кинематических параметров были проведены эксперименты путем варьирования параметров посадочного устройства, основываясь на теоретических предпосылках и анализе литературы. Таким образом, благодаря исследованию технологии посадки определены факторы, которые влияют на рабочий процесс, такие как угловая скорость ω , которая варьируется в зависимости от поступательной скорости агрегата V и расстояния k между клубнями картофеля в борозде. В качестве критерия оценки была взята равномерность раскладки клубней картофеля. Согласно произведенным расчетам, были установлены оптимальные параметры для высаживающего аппарата дискового типа. Количество ячеек на дисковом аппарате равно 8, поступательная скорость $V = 8$ км/ч, глубина посадки $a = 2-3$ см, угловая скорость высаживающего аппарата $\omega =$ от 6,5 до 7,5 с^{-1} обеспечивают необходимое равномерное размещение клубней картофеля при интервале 0,25 м между соседними клубнями. Представлена модель объекта исследования второго порядка процесса посадки клубней, показаны графики поверхности отклика равномерности P от угловой скорости, скорости движения агрегата и глубины посадки. Таким образом, получены аналитические зависимости качества раскладки клубней от режимов работы и параметров высаживающего аппарата. Посадка картофеля экспериментальным высаживающим аппаратом дискового типа обеспечивает размещение до 80 % клубней в пределах необходимого допуска, прочие 20 % размещены свыше допуска до 10 см.

Ключевые слова: картофель, клубень, эксперимент, равномерность, раскладка клубней, посадка, аппарат.

Широко известно, что современные картофелепосадочные машины различаются по типу агрегатирования, по принципу действия, а также по типу конструкции высаживающего устройства. Следует отметить, что важнейшим показателем, оказывающим влияние на качественную посадку картофеля при использовании разнообразных способов посадки и при применении различных высаживающих аппаратов, является равномерность раскладки клубней картофеля.

Исследованиями Н.М. Постникова, Е.А. Беляева, В.И. Старовойтова, М.И. Кана и других установлено, что наибольшие значения повреждений клубней картофеля до 8–9 % наблюдаются у ложечно-барабанных и ложечно-дисковых высаживающих аппаратов [9, 10, 11]. Наименьшие показатели травмируемости у ячеисто-дисковых аппаратов в пределах 3–4 %.

Наибольшее количество пропусков и «двоек» до 4 % наблюдается у ленточно-транспортных и ложечно-дисковых картофелепосадочных машин, в меньшей степени не более 2 % у ложечно-барабанных и ячеисто-дисковых высаживающих аппаратов [12, 13].

Модернизация существующих высаживающих аппаратов имеет тенденцию к усложнению конструкции, увеличению рабочей скорости и высоты падения клубней, что приводит к повышению не только травмируемости клубней, но и к увеличению числа пропусков и «двоек» во время посадки картофеля, что негативно сказывается на качестве раскладки клубней картофеля.

Равномерный высев клубней картофеля различных весовых характеристик можно достичь путем обеспечения равномерного потока посадочного материала (независимо от размерных и весовых характеристик посадочного

материала) за счет использования изменяемой площади сечения секции высаживающего аппарата, которое характеризуется положением клубня картофеля в секции.

Разработка новых и модернизация уже имеющихся картофелепосадочных машин является важной задачей, которая актуальна в настоящий момент, так как позволяет повысить качество выполняемых технологических операций, снизить потребление энергетических ресурсов и использование ручного труда.

Цель исследования – повысить равномерность процесса посадки картофеля, обеспечить возможность посадки клубней картофеля различных весовых характеристик.

Материалы и методы

Перед началом планирования и проведения эксперимента необходимо определить критерий оптимизации, а именно параметр, при помощи которого можно произвести оценку исследуемого объекта и который позволит связать факторы в математическую модель [8]. Проведенный анализ существующих конструкций картофелепосадочных машин и последующее изучение результатов исследований отклонения клубней картофеля показали, что высокое качество посадки картофеля достигается благодаря равномерной раскладке клубней. В связи с этим данный параметр был рассмотрен как критерий оптимизации [6, 7]. Таким образом, благодаря исследованию технологии посадки определены факторы, которые влияют на рабочий процесс, такие как угловая скорость ω , которая варьируется в зависимости от поступательной скорости агрегата V и расстояния k между клубнями картофеля в борозде [4].

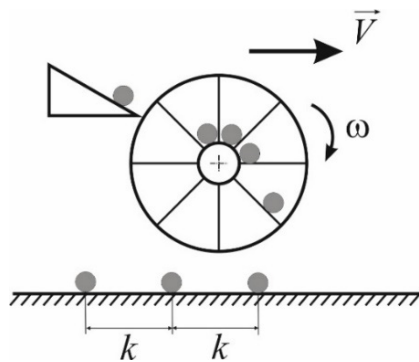


Рис. 1. Схема по выбору рациональных параметров высаживающего устройства дискового типа

Допустим, в результате одного оборота диска высаживающего устройства в борозде оказывается N клубней.

Таким образом, N является числом секций дискового устройства [1]. Если k является необходимым расстоянием между двумя ближайшими клубнями картофеля, то высаживающее устройство во время посадки N клубней осуществит движение на расстояние (1):

$$S = N \cdot k. \quad (1)$$

При этом

$$S = V \cdot T, \quad (2)$$

где V – скорость равномерно-поступательного движения высаживающего устройства дискового типа;

T – время, за которое высаживающий диск осуществляет один оборот.

Поскольку барабан высаживающего устройства осуществляет равномерное вращение с угловой скоростью ω , то

$$T = \frac{2\pi}{\omega}. \quad (3)$$

Если подставить (3) в (2) и принимать в расчет (1), то будет получено выражение, объединяющее угловую скорость вращения диска ω , скорость V , с которой движется агрегат, интервал между посаженными клубнями k и количество секций N на диске высаживающего устройства [2].

$$N \cdot k = V \cdot \frac{2\pi}{\omega} \quad (4)$$

или

$$\omega = V \cdot \frac{2\pi}{N \cdot k}. \quad (5)$$

Отображение зависимостей между V и ω при осуществлении посадки на разных интервалах k между клубнями в борозде при заданном количестве секций N (рис. 2).



$N = 8$	$V = \frac{8}{3,6}$		
$k_1 = 0,25$	$k_2 = 0,3$	$k_3 = 0,35$	$k_4 = 0,4$
$\omega_1 = V \cdot \frac{2\pi}{N \cdot k_1}$	$\omega_2 = V \cdot \frac{2\pi}{N \cdot k_2}$	$\omega_3 = V \cdot \frac{2\pi}{N \cdot k_3}$	$\omega_4 = V \cdot \frac{2\pi}{N \cdot k_4}$
$\omega_1 = 6,981 \text{ c}^{-1}$	$\omega_2 = 5,818 \text{ c}^{-1}$	$\omega_3 = 4,987 \text{ c}^{-1}$	$\omega_4 = 4,363 \text{ c}^{-1}$

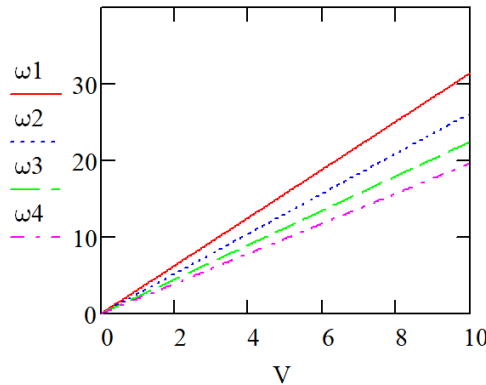


Рис. 2. Зависимости между V и ω при различных расстояниях k между клубнями при фиксированном числе секций N

Определение числа N секций (6) при заданных ω , V и k .

$$\omega_1 = 6,981 \approx 7 \quad V = \frac{8}{3,6} \quad k_1 = 0,25$$

$$N = V \cdot \frac{2\pi}{\omega \cdot k_1} \quad (6)$$

$$N = 8,09 \approx 8.$$

В результате расчетов установлены рациональные параметры высаживающего устройства [5]: радиус диска составляет $r = 15$ см; количество ячеек секции $N = 8$. Для посадки клубней картофеля скорость поступательного движения агрегата $V = 2,22$ м/с (8 км/ч); угловая скорость вращения устройства дискового типа $\omega = 7 \text{ c}^{-1}$ при обеспечении необходимого расстояния между двух высаженных клубней $k = 25$ см.

Результаты исследования

Методом математической статистики произведена обработка результатов экспериментальных исследований для определения равномерности посадки картофеля [3].

Модель объекта исследования второго порядка имеет вид:

$$Y_{\text{равн}} = 79,364 + 3,81 \cdot V - 2,332 \cdot a + 1,172 \cdot V \cdot \omega + 1,083 \cdot V \cdot a + 1,268 \cdot \omega^2.$$

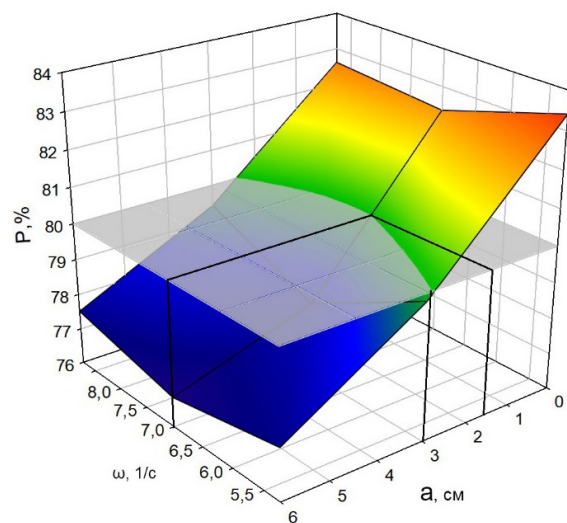


Рис. 3. Зависимость равномерности P раскладки клубней от глубины посадки a и угловой скорости ведущей звездочки ω при поступательной скорости $V = 8$ км/ч

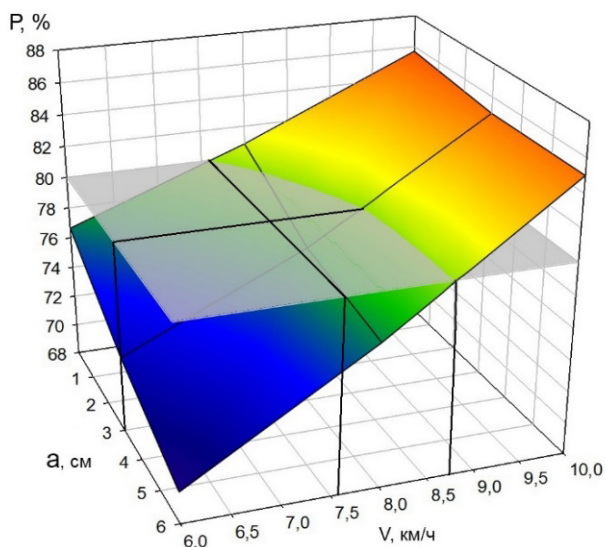


Рис. 4. Зависимость равномерности P от поступательной скорости V и глубины посадки a при угловой скорости ведущей звездочки $\omega = 7 \text{ с}^{-1}$

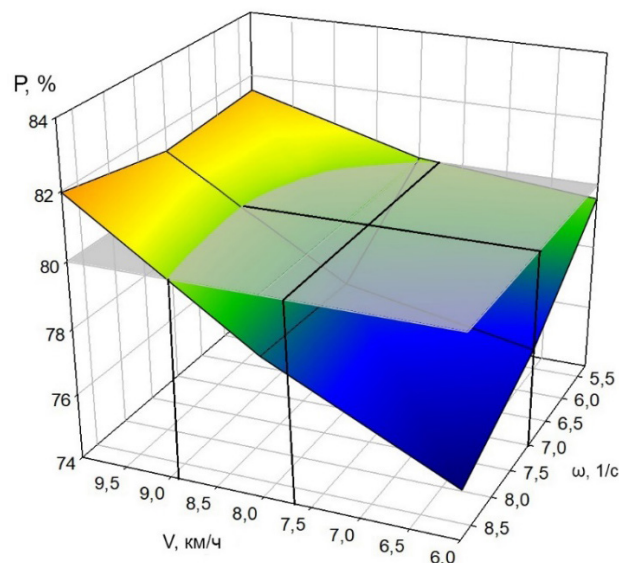


Рис. 5. Зависимость равномерности раскладки клубней P от поступательной скорости V и угловой скорости ведущей звездочки ω при глубине посадки $a = 3 \text{ см}$

Из результатов экспериментальных исследований выявлено, что требуемое качество раскладки клубней картофеля достигается при следующих значениях параметров высаживающего устройства: постоянное значение поступательной скорости агрегата $V = 8 \text{ км/ч}$ (рис. 3), глубина a от 2 до 3 см и угловая скорость высаживающего устройства $\omega = 6,5$ до $7,5 \text{ с}^{-1}$. Диапазоны значений совпадают с теоретическими значениями.

Из рисунка 4 видно, что для обеспечения заданного значения равномерности при угловой скорости ведущей звездочки $\omega = 7 \text{ с}^{-1}$ посадку возможно производить при значениях поступательной скорости машины V в пределах 7,5 до 8,5 км/ч, а глубину посадки задавать в пределах $a = 3 \text{ см}$.

Чтобы обеспечить заданное размещение клубней при глубине посадки $a = 3 \text{ см}$, требуется соблюдать скорость движения агрегата V от 7,5 до 8,5 км/ч, в то время как угловая скорость ведущей звездочки высаживающего аппарата может находиться в пределах $\omega = 7 \text{ с}^{-1}$.

Выводы

1. Установлены аналитические зависимости, описывающие влияние параметров и режимов работы высаживающего устройства на равномерность процесса посадки. Величина

равномерности подачи клубней при прочих условиях зависит от преобладающего влияния, которое оказывается угловой скоростью высаживающего аппарата.

2. В результате исследований установлено, что при поступательной скорости $V = 8 \text{ км/ч}$ требуемая равномерность раскладки клубней картофеля достигается при глубине посадки $a = 2 \dots 3 \text{ см}$ и угловой скорости высаживающего аппарата $\omega =$ от 6,5 до 7,5 с^{-1} .

3. При посадке картофеля с экспериментальным высаживающим аппаратом до 80% клубней размещено в пределах установленного допуска, остальные 20% свыше допуска до 10 см.

Список литературы

1. Обеспечение равномерности раскладки клубней картофеля при посадке высаживающим аппаратом дискового типа / Р. М. Латыпов, М. Н. Калимуллин, Н. Р. Саврасова [и др.] // АПК России. – 2021. – Т. 28. – № 2. – С. 230–235.
2. Движение клубня картофеля, покинувшего барабан высаживающего аппарата дискового типа / М. Н. Калимуллин, Р. М. Латыпов, Н. Р. Саврасова [и др.] // АПК России. – 2022. – Т. 29. – № 1. – С. 31–35.
3. Latypov, R. M. Environmental evaluation of in-soil application of solid organic fertilizers



/ R. M. Latypov, R. R. Latypov // Ecological Agriculture and Sustainable Development / Research Development Center – FBEE. – Belgrade, Serbia, 2019. – С. 251–255.

4. Саврасова, Н. Р. К определению уравнения движения клубня, находящегося в барабане высаживающего аппарата картофелепосадочной машины / Н. Р. Саврасова, Р. Р. Латыпов // Современные тенденции технологического развития агропромышленного комплекса : матер. Междунар. науч.-практ. конф. Института агроинженерии. – Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2020. – С. 148–157.

5. Патент на полезн. модель РФ 87067 РФ. Устройство для посадки картофеля : № 2009120355/22 : заявл. 28.05.2009 : опубл. 27.09.2009 / Латыпов Р. М., Капов С. Н., Латыпов Р. Р., Раупова Р. Н. ; патентообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Челябинский государственный агроинженерный университет».

6. Карпов, М. В. Методика расчета транспортерного высаживающего аппарата картофелесажалки / М. В. Карпов, А. А. Протасов, Г. Е. Шардина // Вестник СГАУ им. Н. И. Вавилова. – 2013. – № 8. – С. 71–74.

7. Карпов, М. В. Расчет времени опорожнения ложечки транспортерного высаживающего аппарата картофелесажалки, работающего в водной среде / М. В. Карпов, А. А. Протасов, Г. Е. Шардина. // Научное обозрение. – 2014. – № 9. – С. 351–355.

8. Карпов, М. В. Исследование эффективности и экономическая оценка применения разработанной картофелепосадочной машины / М. В. Карпов, Г. Е. Шардина, А. А. Жиздюк // Аграрный научный журнал. – 2018. – № 4. – С. 41–47.

9. Завражнов, А. И. Разработка и внедрение инновационных технологий и технических средств для интенсивного садоводства России / А. И. Завражнов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2014. – № 2. – С. 75–78.

10. Результаты лабораторных исследований высевяющего аппарата / Н. П. Ларюшин, В. Н. Кувайцев, С. Д. Загудаев [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10–1. – С. 140–144.

11. Кухарев, О. Н. Результаты исследования машины для сортировки клубней картофеля с барабанным рабочим органом в условиях производства / О. Н. Кухарев, Н. П. Ларюшин, В. С. Бочкарев // Нива Поволжья. – 2014. – № 1 (30). – С. 76–82.

12. Усовершенствованное устройство для сепарирования клубней картофеля / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, И. А. Успенский [и др.] // Сельский механизатор. – 2016. – № 11. – С. 6–7.

13. История развития техники для уборки картофеля / И. А. Успенский, С. Н. Борычев, И. Н. Кирюшин, А. С. Колотов. // Сельский механизатор. – 2013. – № 5 (51). – С. 4–5.

Латыпов Ранис Рафкатович, аспирант, кафедра тракторов, сельскохозяйственных машин и земледелия, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: ranislatypov@gmail.com.

* * *