

На правах рукописи



**Карпов Михаил Вячеславович**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
И КОНСТРУКЦИИ МАШИНЫ ДЛЯ ПОСАДКИ  
ПРОРОЩЕННОГО КАРТОФЕЛЯ**

**Специальность:** 05.20.01 – Технологии и средства механизации  
сельского хозяйства

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Саратов 2018

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова».

**Научный руководитель :** **Шардина Галина Евгеньевна,**  
кандидат технических наук, доцент

**Официальные оппоненты:**

**Цепляев Алексей Николаевич,**  
доктор с.х. наук, профессор ФГБОУ ВО  
«Волгоградский государственный  
аграрный университет», профессор  
кафедры «Технические системы в АПК»

**Костенко Михаил Юрьевич,**  
доктор технических наук, доцент ФГБОУ  
ВО «Рязанский государственный  
агротехнологический университет имени  
П.А. Костычева», доцент кафедры  
«Технологии металлов и ремонта машин»

**Ведущая организация** Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Пензенский  
государственный аграрный университет»

Защита диссертации состоится «\_\_» октября 2018 г. в \_\_ часов на заседании диссертационного совета Д 220.061.03 на базе ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова» по адресу: 410056, г. Саратов, ул. Советская, 60, ауд. 325 им. А.В Дружкина.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова» и на сайте [www.sgau.ru](http://www.sgau.ru).

Отзывы направлять ученому секретарю диссертационного совета по адресу: 410012, г. Саратов, Театральная пл., 1. e-mail: [chekmarev.v@yandex.ru](mailto:chekmarev.v@yandex.ru).

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Чекмарев Василий Васильевич

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Основная цель семеноводства картофеля – сохранить качество посадочного материала и получить наибольшее число клубней (максимально увеличить коэффициент размножения).

Одним из резервов повышения рентабельности производства картофеля в регионах РФ является возделывание ранних сортов. Важным звеном в решении проблемы высококорентабельного производства ранних сортов картофеля является его проращивание.

При выборе способа посадки приходится искать компромисс при удовлетворении требований деликатности обращения с проросшими клубнями и равномерности распределения последних в продольном направлении посадочных борозд.

В настоящее время интенсификация производства картофеля связана с введением в технологии его возделывания новых питающих аппаратов для посадки пророщенного картофеля.

С учетом тенденций развития средств механизации сельскохозяйственного производства, в условиях дефицита материальных и финансовых средств, наиболее перспективным направлением в создании картофелепосадочных агрегатов следует считать расширение функциональных возможностей картофелепосадочных машин путем комплектования их дополнительными системами.

Работа выполнена в соответствии реализацией подпрограммы "Развитие селекции и семеноводства картофеля в Российской Федерации" Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017 - 2025 годы, утвержденная постановлением Правительства Российской Федерации №996 от 25 августа 2017 года.

**Степень разработанности темы исследования.** Результаты многолетних исследований (Лорх А.Г., Гаврилов В.Н., Писарев Б.А., Гудзенко И.П., Фирсов Н.В., Головицин С.К., Большаков И.Ф. и др.), производственный опыт научно-исследовательских учреждений и специализированных картофелеводческих хозяйств свидетельствуют о целесообразности перехода к более удобной и рациональной технологии посадки картофеля. Исследования показывают, что при посадке пророщенного картофеля его урожайность увеличивается на 40 %. При этом на сегодняшний день нет разработок технологического процесса и конструкторских решений питающего аппарата для посадки пророщенного картофеля, которые должны снизить травмирование ростков его клубней. При этом должна достигаться основная цель весенних полевых работ – получение дружных и полноценных всходов, обеспечивающих необходимую густоту стояния растений и максимальное сокращение численности сорняков в начальный период.

**Цель работы** – повышение эффективности картофелепосадочной машины путем разработки и обоснования конструкторско-режимных параметров питателя.

**Задачи исследования:**

1. Провести анализ существующих картофелепосадочных машин и результатов их исследований для выявления направлений совершенствования рабочих органов, адаптированных к физико-механическим свойствам пророщенного картофеля.

2. Разработать классификацию и обосновать перспективную конструктивно-технологическую схему картофелепосадочной машины для пророщенного картофеля.

3. Провести теоретическое исследование процессов взаимодействия рабочих органов картофелепосадочной машины с клубнями пророщенного картофеля в солевом растворе и получить аналитические выражения для определения ее конструкторско-режимных параметров.

4. Провести лабораторно-полевые исследования усовершенствованной картофелепосадочной машины по определению влияния факторов на травмируемость и равномерность распределения пророщенных клубней после высадки в борозду и экспериментально проверить конструкторско-режимные параметры предлагаемых рабочих органов.

5. Провести производственные испытания картофелепосадочной машины с предлагаемыми рабочими органами и определить ее экономическую эффективность.

**Объект исследований.** Технологический процесс посадки пророщенных клубней картофеля, захватываемых из ковша-питателя, заполненного солевым раствором.

**Предмет исследований.** Закономерности работы питающего аппарата для посадки пророщенных клубней, захватываемых из ковша-питателя, заполненного солевым раствором.

**Научная новизна** диссертации заключается в следующем:

1. Разработана классификация конструкторско-технологических схем картофелепосадочной машины для пророщенного картофеля.

2. Предложена усовершенствованная конструкторско-технологическая схема высаживающей машины для посадки пророщенного картофеля и ее высаживающего аппарата. Новизна подтверждена патентом на изобретение РФ № 2357396.

3. Получены теоретические и экспериментальные зависимости влияния конструкторских и режимных параметров усовершенствованной машины на технологический процесс посадки пророщенного картофеля.

4. Разработана методика производственной проверки предложенного технологического процесса посадки пророщенного картофеля.

**Теоретическая и практическая значимость работы.**

Теоретическая значимость работы заключается в разработке аналитических зависимостей, описывающих процесс захвата клубней картофеля ложечками транспортера питающего аппарата картофелесажалки в жидкостной среде.

Усовершенствована и обоснована конструкция питающего аппарата

картофелесажалки для посадки пророщенных клубней ярового картофеля.

Практическая значимость работы заключается в том, что усовершенствованная конструкция питающего аппарата картофелесажалки показала свою эффективность во время исследований на сельскохозяйственных предприятиях Саратовской обл. Калининского района – КХ «Родники» (пос. Роднички) и ООО «Степное» (с. Степное).

***Методология и методы исследования.***

Теоретические исследования проводились на основе общепринятых законов классической механики, математики и математической статистики.

Экспериментальные исследования проводились в соответствии с общепринятыми методиками проведения экспериментов, действующими стандартами и нормативными документами.

Расчет и обработка полученных результатов выполнялись методами математической статистики с использованием ПК с пакетом прикладных программ Microsoft Excel 2010 и Statistica.

***Положения***, выносимые на защиту:

- классификация питающих аппаратов картофелепосадочных машин;
- конструкторско-технологическая схема питателя картофелепосадочной машины для посадки пророщенного ярового картофеля;
- аналитические зависимости эффективности использования питателя картофелепосадочной машины ложечно-транспортного типа, захват пророщенных клубней которым происходит из солевого раствора;
- результаты экспериментальных исследований влияния конструкторско-режимных параметров питателя картофелепосадочной машины на процесс захвата пророщенных клубней картофеля ложечками транспортера и их травмированность.

***Степень достоверности и апробация результатов.*** Основные научные положения, выводы и практические рекомендации доложены и одобрены на научно-практических конференциях ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова» (Саратов, 2005–2017), Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня рождения профессора А.Г. Рыбалко (Саратов, часть 1, 2006г.), Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию со дня рождения профессора В.Г. Кобы (Саратов, том 3, 2006), Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора В.В. Красникова (Саратов, 2008), конференции, посвященной 119-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова (Саратов, часть 1, 2006), Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию со дня рождения профессора А.Г. Рыбалко (Саратов): Кубик, 2011, Международной научно-практической конференции «Инженерное обеспечение АПК» (Саратов-АГРО, 2011), международной научно-практической конференции «Инновация – основа развития сельского хозяйства» посвященной 20-летию Конституции Республики Таджикистан (Душанбе, 2014), Международной

научно-практической конференции «Отечественная наука в эпоху изменений постулаты прошлого и теории нового времени» (Екатеринбург, 2015), 16-й международной научно-практической конференции «Научные перспективы 21 века. Достижения и перспективы нового столетия» (Новосибирск, 2015), 21-й международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы в современной науке и пути их решения» (Москва, 2016), Международной научно-практической конференции «Наука и инновации в 21 веке. Актуальные вопросы достижения и тенденции развития» (Душанбе, 2017).

Материалы диссертации опубликованы в 14 печатной работе, в том числе 6 – в рецензируемых научных изданиях, и описании патента на изобретение РФ. Общий объем публикаций – 5,97 печ. л., из которых 2,73 печ. л. принадлежит лично соискателю.

Диссертация изложена на 173 страницах компьютерного текста, состоит из введения, 6 разделов, заключения, списка использованной литературы, содержит 67 рисунков, 8 таблиц и 10 приложений. Список литературы включает 178 наименований, в том числе 11 – на иностранном языке.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность выполненной работы, изложены основные научные положения, выносимые на защиту.

**В первом разделе «Аналитический обзор технологий и технических средств для посадки пророщенных клубней картофеля»** рассмотрены предпосадочная подготовка семенного материала, условия и способы посадки пророщенных клубней картофеля; агротехнические требования к машинной посадке пророщенного картофеля; полуавтоматические и автоматические картофелесажалки для пророщенного картофеля; питающие аппараты машин для посадки пророщенного картофеля; проведен анализ существующих технологий и предложена классификация питающих аппаратов (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Классификация питающих аппаратов

**Во втором разделе «Обоснование технологии посадки пророщенных клубней картофеля и его физико-механические свойства»** с использованием литературных источников проведены исследования агробиологических и физико-механических свойств пророщенного картофеля, которые позволили получить данные, необходимые для изучения процесса взаимодействия между клубнями и конструкторскими элементами питателя.

В разделе приведены существующие технологии посадки пророщенных клубней; возделывание картофеля на гладкой поверхности поля, а также - на гребнях.

Анализ существующих питателей картофелепосадочных машин позволяет предложить их усовершенствованную конструкцию, уменьшить травмированность посадочного материала, в частности, пророщенных клубней. Эффект достигается за счет более деликатного обращения с клубнями при захвате их из ковша-питателя с солевым раствором.

Технологическая схема питателя картофелепосадочной машины представлена на рисунке 2. Клубни из бункера 1 через заслонку-дозатор попадают в ковш-питатель 3, предварительно наполненный солевым раствором плотностью превышающей  $1,16 \text{ г/см}^3$ , что позволяет им оставаться на его поверхности. Ложечки 9 питающего транспортера 8 захватывают клубни, плавающие в ковше-питателе. Они выполнены двухсторонними, что позволяет

при движении питающего транспортера по прямолинейному участку фиксировать захваченные клубни между соседними ложечками. При набегании транспортера на звездочку 5, ложечки расходятся и семенной материал падает в образованную борозду. В той части ложечки, которая захватывает клубень из ковша, выполнены дренажные отверстия 10, позволяющие солевому раствору стекать обратно. Привод питающего транспортера осуществляется от задних опорных колес через цепную передачу. Также от задних опорных колес через цепную передачу приводится в движение транспортер 2, встроенный в дно бункера.

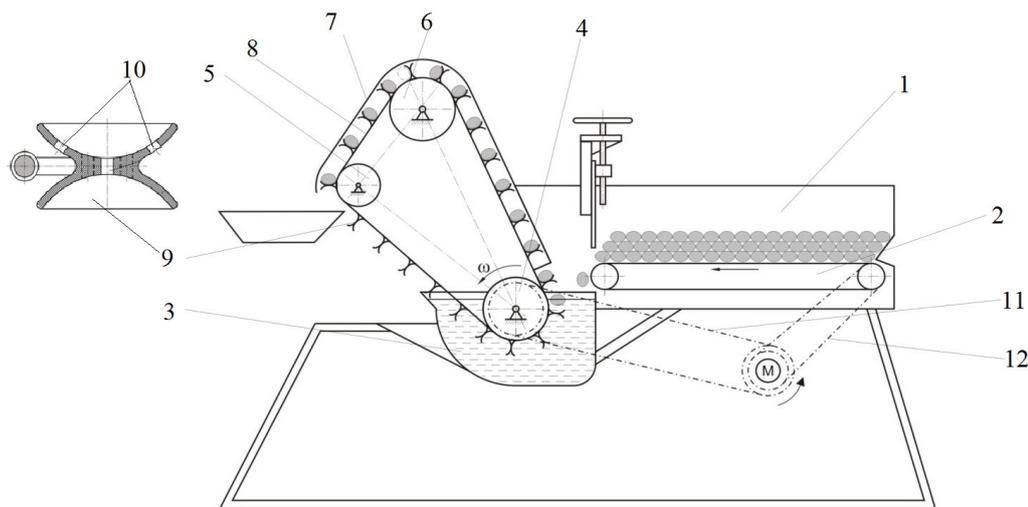


Рисунок 2 – Экспериментальный питатель картофелепосадочной машины:  
1 – бункер; 2 – донный транспортер; 3 – ковш-питатель; 4 – ведущая звездочка; 5, 6 – ведомые звездочки; 7 – кожух; 8 – питающий транспортер; 9 – ложечка; 10 – дренажные отверстия; 11, 12 – цепная передача

Образование борозды и ее засыпание происходит так же, как и у большинства существующих машин.

При необходимости в солевой раствор можно добавлять препараты для борьбы с болезнями посадочного материала.

**В третьем разделе «Теоретическое исследование питателя для пророщенного картофеля»** определены сопротивление, которое оказывает жидкость ложечке, условия статического равновесия при выходе ложечки на поверхность с клубнем в момент его захвата и время, необходимое для опорожнения ложечки.

Процесс захвата клубней картофеля из жидкой среды требует определения геометрических и кинематических параметров транспортерного посадочного аппарата, обеспечивающих их надежное удержание в ложечках, следовательно, и предотвращение пропусков при посадке.

Рассмотрим взаимодействие ложечки, имеющей форму усеченной сферы, радиусом  $r$  и глубиной  $\ell$ , расположенной радиально относительно центра вращения  $O'$ , вращающейся с постоянной угловой скоростью  $\omega$ , с неподвижной жидкостью в приемном ковше. Определим силу  $P_x$ , с которой жидкость действует на ложечку (лобовая сила).

Выберем систему координат  $XoY$  (Рисунок 3), жестко связанную с движущейся ложечкой, и рассмотрим силу действия жидкости на ложечку. Воспользуемся теоремой об изменении количества движения:

$$dP_x \cdot dt = d(mv).$$

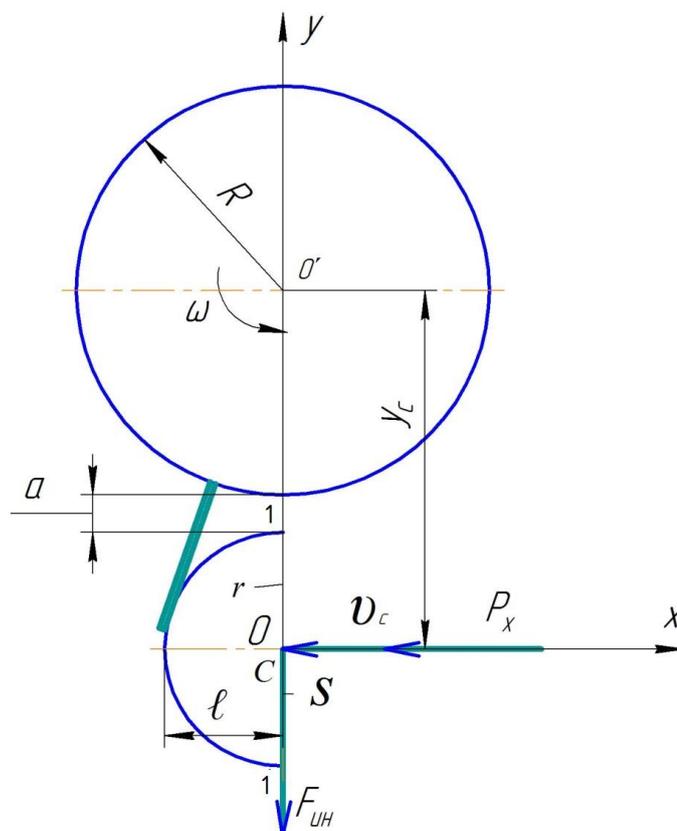


Рисунок 3 – Силы, действующие на ложечку при движении ее в жидкости

После расчетов и преобразований было получено выражение для определения воздействия лобовой силы на ложечку:

$$P_x = \rho \omega^2 y_c^2 S = \rho \omega^2 (R + a + r)^2 \pi r^2, \quad (1)$$

где  $S$  – площадь ложечки на линии 1-1,  $m^2$ ;

$y_c$  – расстояние от центра вращения до центра тяжести объёма жидкости, находящейся внутри ложечки,  $m$ ;

$R$  – радиус ведущей звездочки привода ложечного транспортера,  $m$ ;

$a$  – расстояние между звездочкой и ложечкой,  $m$ ;

$\rho$  – плотность раствора,  $г/см^3$ .

Выражение (1) показывает, что сила  $P_x$ , с которой раствор действует на поверхность ложечки, определяется скоростью  $v_c = \omega y_c$  движения ее центра, что равносильно обтеканию ложечки равномерным потоком со скоростью  $v_c$ .

Для удобообтекаемых тел сила сопротивления движению стремится к нулю и определяется только силами трения, возникающими при движении тела в жидкости. Для плохообтекаемых тел (каким является наша ложечка) сила лобового сопротивления значительно больше силы трения, однако она

меньше значения, определяемого выражением (1) и находится следующим образом:

$$P_{\text{л}} = C_x S_{\text{м}} \frac{\rho v_x^2}{2} = C_x \frac{P_x}{2}, \quad (2)$$

где:  $C_x$  – коэффициент лобового сопротивления, определяемый опытным путем, и зависит от формы тела, числа Рейнольдса, угла набегания потока и ряда других параметров;

$S_{\text{м}}$  – площадь миделева сечения ложечки,  $\text{м}^2$ .

Впервые такие данные встречаются в трудах Ньютона. Коэффициент лобового сопротивления по Ньютону равен 2,0 – это максимально возможная теоретическая величина. Однако, если в кормовую часть тела, вблизи него, установить другое тело с тем же миделевым сечением, то общее сопротивление давлению системы тел уменьшается.

Для плохообтекаемых тел сила давления на кормовую часть зависит от условий обтекания тела, т. е. его формы, определяющей отрыв потока от тела и образование вихрей за ним (формой вихревого следа), и будет всегда меньше силы давления на лобовую часть тела. В результате возникает результирующая сила давления, определяющая величину лобового сопротивления движению.

Тогда силу сопротивления движению прямой и обратной ложечки без дренажных отверстий можно записать в виде:

$$P_{\text{л}} = C_x S \frac{\rho v_c^2}{2} = C_x \frac{1}{2} \rho \omega^2 (R + a + r)^2 \pi \cdot r^2, \quad (3)$$

где коэффициент лобового сопротивления можно принять, согласно расчетам Ньютона,  $C_x \leq 1,43$ .

Учтем влияние отверстий в ложечке на величину силы  $P_x$ . Тогда сила лобового сопротивления будет равна:

$$P_{\text{л}} = C_x \frac{P_x}{2} = \frac{1}{2} C_x S \omega^2 (R + a + r)^2 \pi r^2 [1 - \mu_0 n \left(\frac{r_{\text{отв}}}{r}\right)^2], \quad (4)$$

где  $r_{\text{отв}}$  – радиус единичного отверстия, м;

$n$  – количество отверстий, шт.;

$\mu_0$  – коэффициент расхода отверстий.

Норма посадки и производительность картофелесажалки зависит от линейной скорости транспортера высаживающего аппарата.

В момент выхода ложечки транспортера высаживающего аппарата на поверхность протравливающей жидкости существует опасность «выброса» клубня за ее пределы. Определим условия, при которых захватываемый клубень будет надежно удерживаться в ложечке.

Будем считать, что клубень представляет собой шар с эквивалентным радиусом  $r_2$ . В статическом состоянии, находясь на поверхности жидкости, клубень находится под действием веса  $G$  и архимедовой силы  $P_A$ .



$$v_c^2 = \frac{1}{3} g \left[ \frac{h_1^2}{r_2^2} (3r_2 - h_1) - 4r_2 \left(1 - \frac{\rho_T}{\rho}\right) \right]. \quad (7)$$

Учтем влияние отверстий в ложечке на величину гидродинамического давления  $P_{\text{гидр}}$ . Гидродинамическое давление внутри ложечки при наличии отверстий будет равно:

$$P_{\text{гидр}} = \rho v'^2 = \rho v^2 \left[ 1 - \mu_0 n \left( \frac{r_{\text{отв}}}{r} \right)^2 \right]^2 = \rho \omega^2 y^2 \left[ 1 - \mu_0 n \left( \frac{r_{\text{отв}}}{r} \right)^2 \right]^2. \quad (8)$$

Центростремительная сила обусловлена радиальной составляющей силы гидродинамического давления на поверхность клубня (эффект центрифугирования). Тогда результирующая центробежная сила, действующая на клубень, будет равна:

$$(F_{\text{ц}})_{\text{рез}} = F_{\text{ц}} - F_{\text{цс}} = \frac{4}{3} \pi r_2^3 v_c \omega \rho_T \left(1 - \frac{\rho}{2\rho_T}\right).$$

Вес тела  $G$ , архимедова сила  $P_A$  и гидродинамическая сила  $P_T$  в момент выхода лопатки на поверхность взаимно компенсированы. Результирующая центробежная сила  $(F_{\text{ц}})_{\text{рез}}$  будет стремиться «выбросить» клубень из лопатки, если вектор этой силы проходит выше края ложечки (точка  $A$ ). После выхода ложечки на свободную поверхность сила динамического давления исчезает, так как отсутствует торможение набегающего потока жидкости.

Полученные выражения позволяют оптимизировать геометрические параметры ложечки транспортера высаживающего аппарата, а также его кинематические показатели в зависимости от физико-механических свойств клубней картофеля и солевого раствора.

Во время движения ложечки к верхней звездочке цепи питателя (Рисунок 2) важно, чтобы она полностью опорожнилась от жидкости. Иначе будет происходить быстрый расход жидкости из ковша питателя.

Пусть ложечка выходит на поверхность жидкости вертикально вверх с остаточным уровнем жидкости в ней  $H$  (Рисунок 5). Определим время  $T_{\text{оп}}$ , в течение которого ложечка полностью освобождается от жидкости за счет отверстий в ее поверхности. Предварительно выясним влияние различных параметров ложечки на ее опорожнение. Расход через единичное отверстие в ней, расположенное на глубине  $H'$  равен:

$$Q = \mu_0 s_0 \sqrt{2gH'}, \quad (9)$$

где  $s_0$  – площадь отверстия, м<sup>2</sup>;

$H'$  – статическое давление над центром отверстия, Па.



$$W = -\mu_0 n s_0 \sqrt{2gH} .$$

Определим связь  $dW$  с давлением  $H$ . Имеем

$$W_{\text{кл}} = W_{\text{л}} - W_{\text{кл}} ,$$

где  $W_{\text{л}}$  – объем жидкости в ложечке при глубине  $H$  и отсутствии клубня,  $\text{м}^3$ ;  
 $W_{\text{кл}}$  – объем жидкости, вытесненный клубнем,  $\text{м}^3$ .

В этом случае уравнение (10) принимает вид:

$$dt = -\frac{2\pi H(r_1 - r_2)dH}{\mu_0 n s_0 \sqrt{2g} \sqrt{H}} = -\frac{2\pi(r_1 - r_2)\sqrt{H}dH}{\mu_0 n s_0 \sqrt{2g}} . \quad (11)$$

Интегрируем уравнение (11) в пределах от  $H = H_{\text{м}}$  до  $H = 0$

$$T_{\text{оп}} = \frac{4}{3} \frac{\pi(r_1 - r_2)H_{\text{м}}^{3/2}}{\mu_0 n s_0 \sqrt{2g}} k j , \quad (12)$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий площадь отверстий перекрытых клубнем (можно определить только опытным путем);  
 $j$  – коэффициент, учитывающий попадание жидкости с предыдущих ложечек (зависит от угла наклона прямолинейного участка.

Зная время, необходимое для опорожнения ложечки и ее скорость определяем длину прямолинейного участка:

$$L = T_{\text{оп}} v_{\text{с}} .$$

Если в ложечке, преимущественно в нижней ее части, сделать дополнительные отверстия, то можно уменьшить время опорожнения. При этом следует иметь в виду, что одно отверстие радиусом  $2r$  эквивалентно 4 отверстиям радиуса  $r$ , т. е. увеличение радиуса отверстий эффективнее увеличения их числа.

**В четвертом разделе «Программа и методика экспериментальных исследований»** на основании теоретических исследований разработана методика эксперимента оптимизации режимных и конструкторских параметров, методика его реализации и обработки экспериментальных данных, что позволило значительно сократить время на проведение опытов и получить достоверную, наглядную и исчерпывающую картину всего технологического процесса экспериментального картофелепосадочного агрегата на всех его стадиях.

Согласно разработанной программе исследований был изготовлен экспериментальный образец картофелепосадочной машины (Рисунок б), позволяющий исследовать показатели качества процесса посадки картофеля в зависимости от конструкторско-режимных параметров.

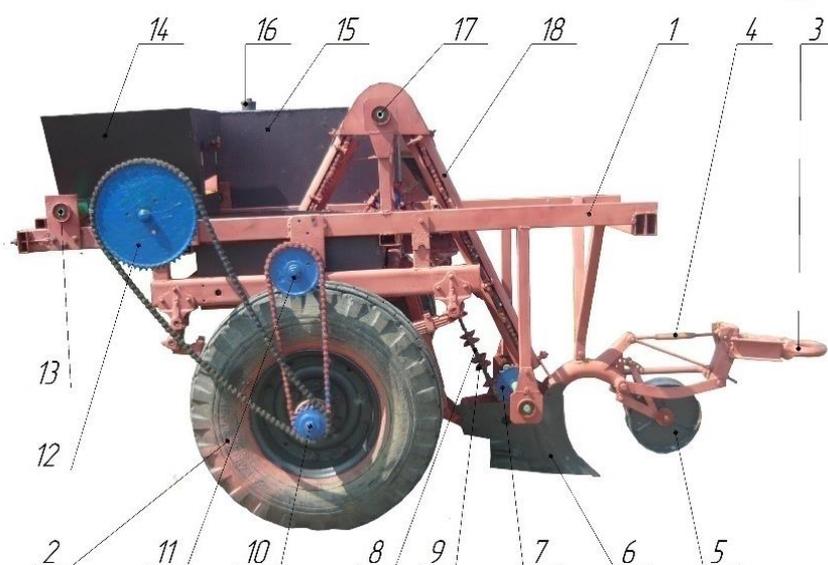


Рисунок 6 – Экспериментальная картофелепосадочная машина:

1 – рама; 2 – колесо опорно-приводное; 3 – прицепная сница; 4 – регулировочная тяга; 5 – колесо опорно-копирующее; 6 – сошник-бороздообразователь; 7 – ведомая звёздочка; 8 – питающий транспортёр; 9 – ложечка; 10 – звёздочка приводная двойная; 11 – ведомая звёздочка элеваторного транспортёра; 12 – ведомая звёздочка донного транспортёра бункера; 13 – ведомый вал донного транспортёра; 14 – бункер; 15 – резервуар солевого раствора; 16 – заливная горловина резервуара рабочего раствора; 17 – вал обводной звёздочки; 18 – кожух

В пятом разделе *«Лабораторно-полевые исследования технологии посадки пророщенных клубней картофеля»* представлены условия лабораторно-полевых исследований, описан технологический процесс экспериментальной картофелепосадочной машины в лабораторно-полевых условиях и проведены исследования технологического процесса подачи пророщенных клубней в ковш-питатель и захвата клубней питающим транспортёром и их подачи на семенное ложе. Определены травмирование и пропуски клубней.

Исследование технологического процесса захвата клубней ложечками питающего транспортёра и травмирования клубней проводили при различных скоростях агрегата, от 2,0 до 6,4 м/с, с изменением соотношения скоростей картофелесажалки и ее питающего транспортера  $\lambda$ , путём замены ведомой звёздочки привода  $z = 28$ ,  $z = 39$  и  $z = 56$ . Эксперимент проводили при заполнении ковша-питателя клубнями картофеля в 1 и в 2 слоя (Рисунок 7).

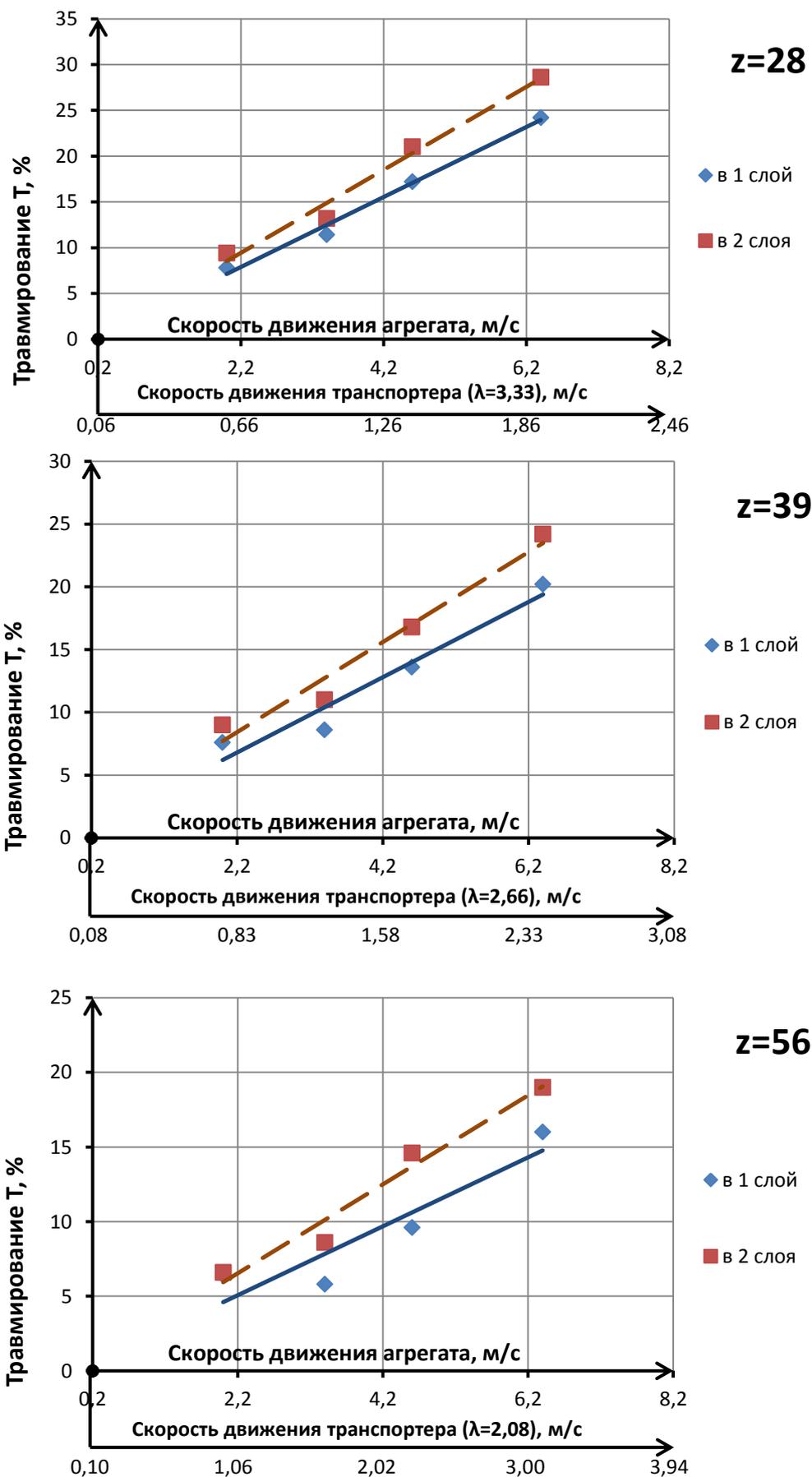
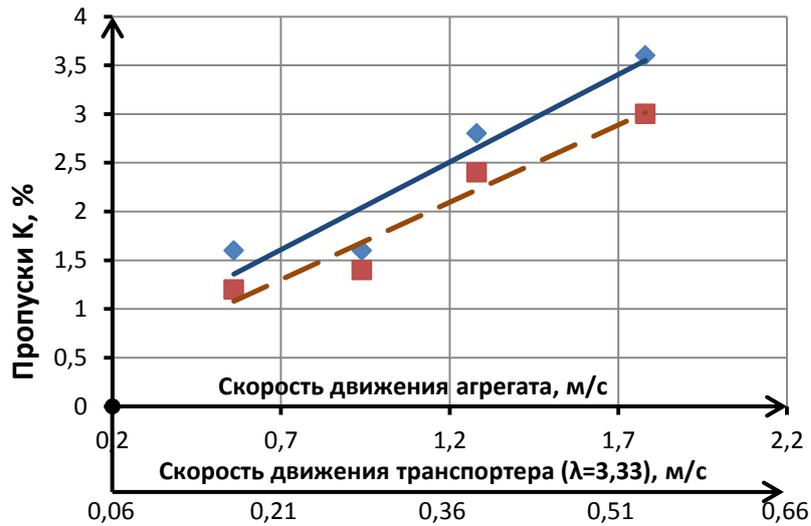


Рисунок 7 – Зависимость травмирования ростков клубней картофеля при захвате элеваторным транспортёром от скорости движения экспериментальной картофелесажалки

При шаге посадки картофеля в ряду 0,4 м:

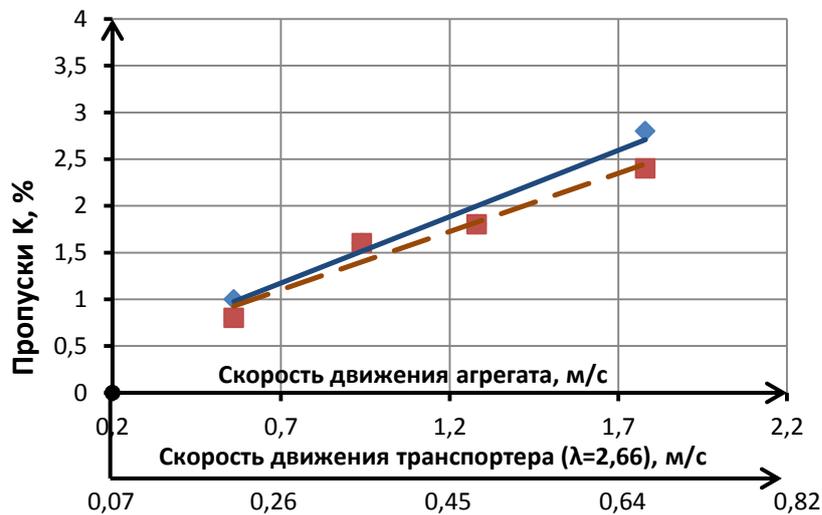


**z=28**

◆ в 1 слой

■ в 2 слоя

При шаге посадки картофеля в ряду 0,32 м:

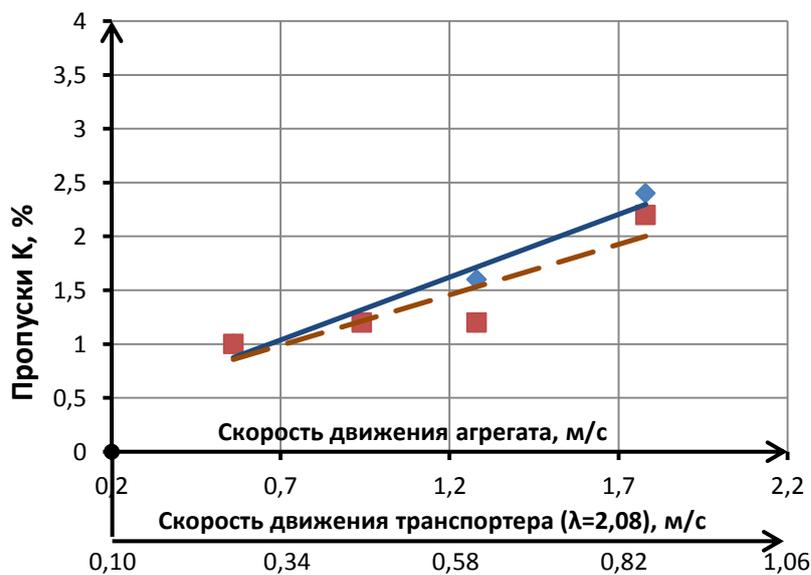


**z=39**

◆ в 1 слой

■ в 2 слоя

При шаге посадки картофеля в ряду 0,25 м:



**z=56**

◆ в 1 слой

■ в 2 слоя

Рисунок 8 – Зависимость пропусков клубней от скорости движения экспериментальной картофелесажалки

Для определения качества захвата клубней питающим транспортером из ковша-питателя рассматривали пропуски семенного материала в борозде (Рисунок 8) при незаглубленных загортачах.

На рисунке 9 представлены теоретические и экспериментальные зависимости максимальных скоростей движения питающего транспортера (при которых не происходит выброс клубней из ложечек за счет центробежных сил инерции в момент захвата их в ковше-питателе) от радиуса ложечки. Так при использовании ложечек с радиусом 35 мм, 40 мм и 45 мм получаем максимальную скорость движения питающего транспортера 0,545 м/с, 0,585 м/с и 0,62 м/с соответственно. Таким образом, при увеличении радиуса ложечки, есть возможность увеличить скорость движения транспортера без ухудшения показателей питающего аппарата. Анализ сходимости теоретических и экспериментальных зависимостей полученных результатов показал, что поправочный коэффициент равен 0,9.

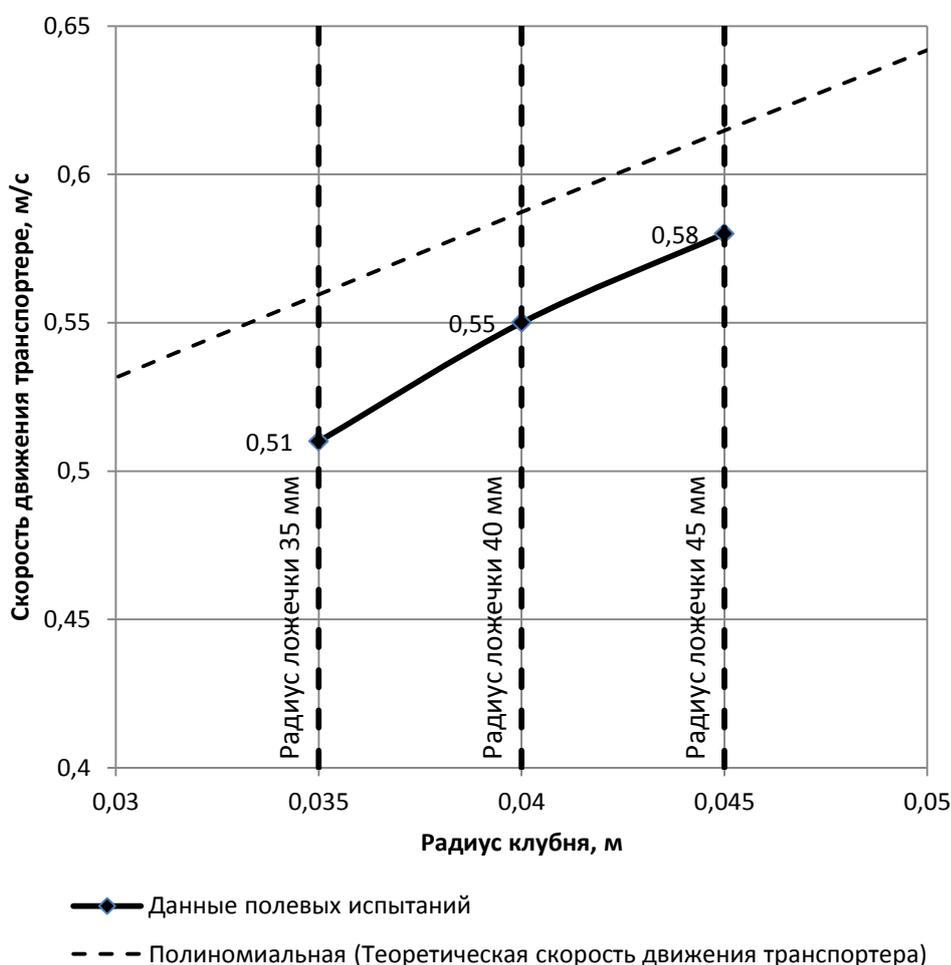


Рисунок 9 – Зависимость скорости движения ложечного транспортера и радиуса ложечки

В шестом разделе «Исследование эффективности разработанного технологического процесса картофеля в хозяйственных условиях и его экономическая оценка» представлены качественные показатели работы

экспериментального образца и оценка его экономической эффективности путем сравнения с серийной картофелепосадочной машиной САЯ-4.

Согласно полученным результатам (Рисунок 10) использование предлагаемого устройства позволяет в зависимости от сорта картофеля снизить травмирование ростков клубней при посадке на 2,4...3,1%. При этом урожайность картофеля (рисунок 11) для сортов Розара и Удача повысилась соответственно на 2,2 и 2,8 т/га.

Экономическая оценка экспериментальной картофелепосадочной машины проводилась по методике расчета в соответствии с ГОСТ 53056–2008 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки» и рекомендациями по определению экономической эффективности результатов научно-исследовательских работ.

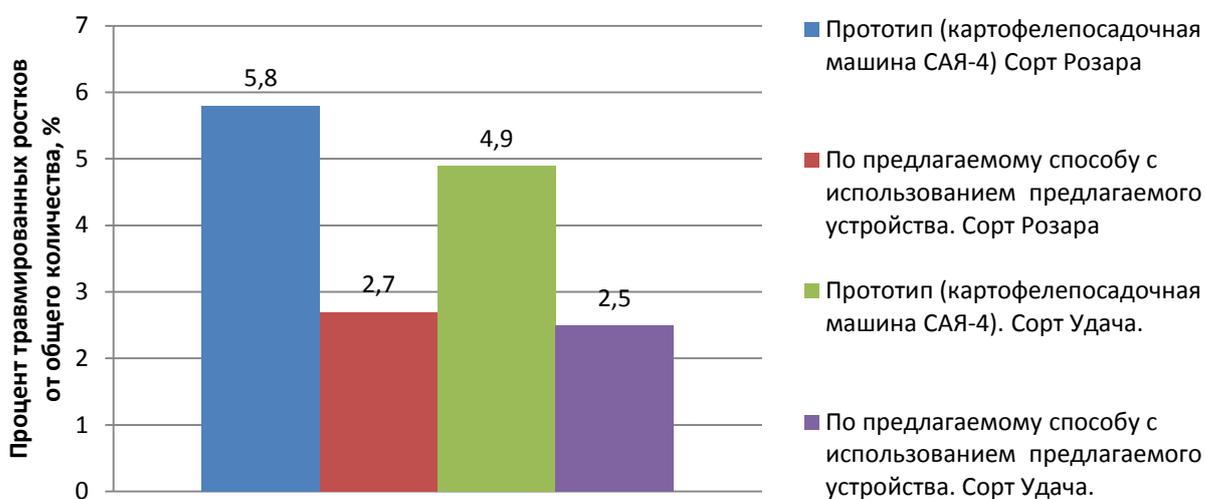


Рисунок 10 – Диаграмма травмирования ростков клубней картофеля по сортам

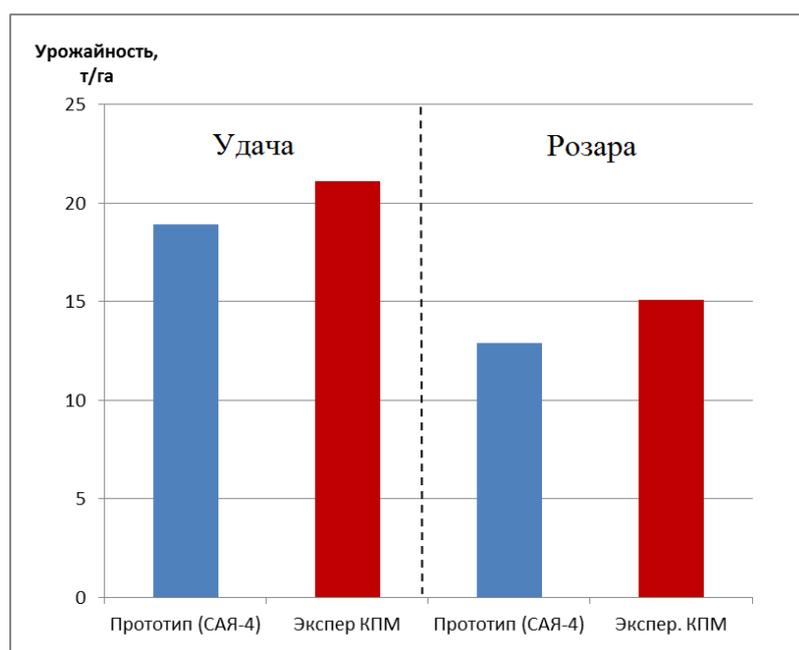


Рисунок 11 – Диаграмма урожайности картофеля по сортам

Анализ результатов расчета абсолютных экономических показателей показывает, что производительность экспериментальной картофелепосадочной машины в сравнении с серийной САЯ-4 в сопоставимых условиях меньше на 0,4 га/ч, а затраты труда выше на 0,21 чел.-ч/га. Это объясняется большими затратами времени на дополнительную заправку экспериментальной картофелепосадочной машины рабочим раствором. При этом доход от изменения количества и качества конечной продукции в размере сельхозпредприятия перекрывает совокупные затраты на предлагаемую технологию посадки пророщенного картофеля по сравнению с прототипом (серийной САЯ-4).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В работе решена актуальная научно-производственная задача повышения урожайности картофеля за счет усовершенствования технологического процесса питающего аппарата картофелепосадочной машины.

2. На основе аналитических исследований предложена классификация высаживающих аппаратов и обоснованы основные параметры конструкций устройств для посадки яровизированных клубней. Согласно анализу, существующие картофелесажалки и их питающие аппараты мало пригодны для посадки пророщенных клубней картофеля. В связи с этим была усовершенствована конструкторско-технологическая схема питателя картофелесажалки, основным отличием которой стали захватывающий транспортер с двухсторонними ложечками и наличие солевого раствора в питающем ковше (патент № 2357396)

3. Получены теоретические зависимости, позволяющие определить влияние конструкторско-режимных параметров на технологический процесс предложенного питающего аппарата картофелесажалки. Были определены лобовая сила, действующая на ложечку со стороны солевого раствора (1); силу сопротивления движению прямой и обратной ложечки без дренажных отверстий (3) и с ними (4); максимальный вынос клубня на свободную поверхность жидкости при заданной скорости движения транспортера (7); влияние отверстий в ложечке на величину гидродинамической силы (8); время, необходимое для полного истечения раствора из ложечек в питающий ковш на прямолинейном участке (12).

4. Были изготовлены лабораторная установка и экспериментальный образец комбинированного картофелепосадочного агрегата, позволяющие исследовать показатели качества процесса посадки картофеля в зависимости от конструкторско-режимных параметров. Проводились исследования технологического процесса подачи пророщенных клубней по травмированию и пропускам клубней при их захвате элеваторным транспортёром и подаче на семенное ложе.

Анализ зависимости показал, что с повышением скорости движения картофелесажалки до 6,2 м/с травмирование клубней возрастает с 15 до 31 %.

При этом из общего количества обследованных клубней имелись повреждения одного, двух и реже трёх ростков. При скорости свыше 3,4 м/с у 6 % клубней имелись повреждения кожуры в виде царапин площадью не более 1 см<sup>2</sup>. Было установлено, что в основном повреждения происходят в процессе подачи клубней и их выхода из выгрузного окна. Это позволяет сделать вывод о необходимости изыскания методов более бережной выгрузки клубней из бункера-накопителя.

При изменении скорости движения транспортера с 0,4 до 1,8 м/с происходит увеличение пропусков клубней в борозде (до 3%; 2,4%; 2,2% при шаге 0,25 м; 0,32 м и 0,4 м), т. е. ложечки перестают устойчиво захватывать их из ковша.

На основе полученных теоретических и экспериментальных данных построен график для определения максимальной скорости движения агрегата при посадке картофеля.

5. Анализ результатов расчета абсолютных экономических показателей свидетельствует о том, что производительность экспериментальной картофелепосадочной машины в сравнении с серийной СЯ-4 в сопоставимых условиях меньше на 0,4 га/ч, а затраты труда выше на 0,21 чел.-ч/га. Так как применение экспериментальной картофелепосадочной машины в значительной степени влияет на качество выполнения технологического процесса посадки (травмирование клубня картофеля), то совокупные эксплуатационные затраты складываются из прямых эксплуатационных затрат и затрат, учитывающих изменение количества и качества конечной продукции в размере сельхозпредприятия. Годовой экономический эффект от применения предлагаемого технологического процесса посадки яровизированного картофеля составил 453 827,7 руб., а срок окупаемости разработанной картофелепосадочной машины 0,38 года.

### **Рекомендации производству**

Усовершенствованная картофелесажалка может быть эффективно использована при посадке пророщенных яровых клубней картофеля, урожайность которых на 40 % выше непророщенного семенного материала.

### **Перспективы дальнейшей разработки темы**

Усовершенствовать технологический процесс посадки пророщенного картофеля на других серийно выпускаемых картофелепосадочных машинах. Разработать технологический процесс и конструкцию новой картофелесажалки для посадки пророщенного материала.

**Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:**

*Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК*

1. Карпов, М. В. Совершенствование технологического процесса посадки яровизированного картофеля / М. В. Карпов // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. – Саратов. – 2011. – № 4. – С. 40–42 (0,24).

2. *Карпов, М. В.* Обоснование кинематических параметров ложечно-ленточного высаживающего аппарата / М. В. Карпов, Г. Е. Шардина // Научное обозрение. – 2011. – № 4. – Саратов: ООО «Апекс-94» – С. 117–121 (0,42/0,21).

3. *Карпов, М. В.* Методика расчета транспортерного высаживающего аппарата картофелесажалки / М. В. Карпов, А. А. Протасов, Г. Е. Шардина // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова.– 2013. – № 8. – С. 71–74 (0,4/0,16).

4. *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. № 9. – Саратов: ООО «Буква» – 2014. – С. 351–355 (0,3/0,1).

5. *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. – Саратов: ООО «Амирит». – С. 41–46. (0,5/0,2)

6. *Карпов, М. В.* Теоретическое исследование аппарата для высаживания картофеля / М. В. Карпов, Г. Е. Шардина, А. А. Жиздюк, А. Г. Шаповалов // Научная жизнь. – 2018. – №3.– Саратов. – С. 39–52 (1,15/0,3).

*Патент на изобретение:*

7. Устройство для посадки пророщенных клубней картофеля / Б. Н. Емелин, Е. П. Ханина, М. В. Карпов [и др.] // Патент на изобретение РФ 2357396, заявка 2006138007. RU 2357396 С2. – 27.10.2006. – 7с.

*В материалах конференций и семинаров:*

8. *Карпов, М. В.* Обоснование конструкции высаживающего аппарата картофелепосадочной машины для пророщенного картофеля / М. В. Карпов // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Инновация – основа развития сельского хозяйства» посвящ. 20-летию Конституции Республики Таджикистан. – Душанбе, 2014. – С.119–122 (0,14).

9. *Карпов, М. В.* Расчет времени высаживающего аппарата картофелесажалки работающего в водной среде / М. В. Карпов, А. А. Протасов, Г. Е. Шардина // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Инновация – основа развития сельского хозяйства» посвящ. 20-летию Конституции Республики Таджикистан. – Душанбе, 2014. – С. 201–206 (0,63/0,21).

10. *Карпов, М. В.* Картофелепосадочная машина для яровизированного картофеля / М. В. Карпов, В. В. Спирин // Междунар. науч.-практ. конф. «Отечественная наука в эпоху изменений постулаты прошлого и теории нового времени». – Екатеринбург, 2015. – С. 121–122 (0,2/0,1).

11. *Карпов, М. В.* Влияние скорости движения экспериментальной картофелесажалки на травмирование клубней пророщенного картофеля / М. В. Карпов, М. В. Глазунов // 16-я междунар. науч.-практ. конф. «Научные

перспективы 21 века. Достижения и перспективы нового столетия». – Новосибирск, 2015. – С. 78–81 (0,1/0,05).

12. *Карпов, М. В.* К обоснованию конструкции аппарата для посадки пророщенных клубней картофеля / М. В. Карпов, В. В. Талабаев // 16-я междунар. науч.-практ. конф. «Научные перспективы 21 века. Достижения и перспективы нового столетия». – Новосибирск, 2015. – С. 81–84 (0,12/0,06).

13. *Карпов, М. В.* Пути совершенствования технологического процесса посадки яровизированного картофеля / М. В. Карпов, В. Д. Петров, А. А. Кладов // 21-я междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы в современной науке и пути их решения». – М., 2016. – С. 162–164 (0,3/0,1).

14. *Карпов, М. В.* Исследование травмирования клубней при захвате элеваторным транспортером на семенном ложе высаживающего аппарата картофелесажалки / М. В. Карпов, Т. Ю. Карпова, Г. Е. Шардина // Междунар. науч.-практ. конф. «Наука и инновации в 21 веке. Актуальные вопросы достижения и тенденции развития». – Душанбе, 2017. – С. 532–536 (0,3/0,1).