

ТЕХНИКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СЕЛА

MACHINERY AND EQUIPMENT FOR RURAL AREA

В НОМЕРЕ

Техническая политика в АПК

Федоренко В.Ф. Природоподобная технология возделывания плодово-ягодных и многолетних культур..... 2

Юбилей 7

Технико-технологическое оснащение АПК: проблемы и решения

Кормоуборочный комбайн F 2650 предназначен для больших животноводческих хозяйств 8

Васильев С.А., Васильев А.А., Таркинский В.Е., Максимов И.И. Интеллектуальная технология контурного глубокого рыхления с вертикальным мульчированием почвы склоновых земель в системе точного земледелия..... 10

Технологии, машины и оборудование для АПК

Михайличенко С.М., Купреенко А.И., Павкин Д.Ю., Никитин Е.А., Благов Д.А. Концептуальное решение по роботизации процесса раздачи кормосмесей на молочной ферме КРС..... 14

Пархоменко Г.Г., Подлесный Д.С., Камбулов С.И., Божко И.В. Качественные показатели парового культиватора..... 20

Старостин И.А., Давыдова С.А., Ещин А.В., Гольяпин В.Я. Анализ технических характеристик сельскохозяйственных тракторов тягового класса 0,9..... 24

Стрельцов С.В., Салахутдинов И.Р., Водяников В.Т., Замальдинов М.М., Субаева А.К. Обоснование параметров и режимов работы питающего транспортера линии предпродажной подготовки капусты 30

Агеев Е.В., Серебровский В.И., Серникова О.С. Оценка износостойкости гальванопокрытий восстановленных деталей..... 36

Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение АПК

Коршунов А.Б. Предложения по применению термоэлектрических модулей для пастеризации и охлаждения молока на фермах..... 40

Аграрная экономика

Припоров И.Е. Экономическое обоснование усовершенствованной технологии приготовления жмыха из семян подсолнечника 45

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Входит в ядро РИНЦ и базу данных RSCI

Полные тексты статей размещаются на сайте электронной научной библиотеки eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru>

Журнал включен в международную базу данных AGRIS ФАО ООН, в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Научные специальности и соответствующие им отрасли науки, по которым издание включено в Перечень ВАК:

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки);

4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса (технические науки);

5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономические науки)

Редакция журнала:

141261, Московская обл., г.о. Пушкинский, рп. Правдинский, ул. Лесная, д. 60. Тел. (495) 993-44-04
fgnu@rosinformagrotech.ru; r_technica@mail.ru <https://rosinformagrotech.ru>



Перепечатка материалов, опубликованных в журнале, допускается только с разрешения редакции.

© «Техника и оборудование для села», 2024

Отпечатано в ФГБНУ «Росинформгротех»

Подписано в печать 24.04.24 Заказ 79

Природоподобная технология возделывания плодово-ягодных и многолетних культур

В.Ф. Федоренко,

д-р техн. наук, акад. РАН,

проф., гл. науч. сотр.

f@tao.pro

(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Аннотация. Представлены результаты исследований по обоснованию природоподобной технологии и технических средств, разработанных в соответствии с современными представлениями о продукционных процессах в растениеводстве, базирующихся на концепции симбиоза растений и почвенных микроорганизмов; обеспечению оптимальных условий для сохранения и развития биоценозов, сформировавшихся при возделывании плодово-ягодных и многолетних культур в корнеобитаемых слоях почвы без их оборота и разрушения, за счет внутрисочвенной обработки, рыхления и аэрации импульсами сжатого воздуха посредством погружения в почву пневмогидробуров, последующего орошения, внесения удобрений и гидрогеля.

Ключевые слова: корнеобитаемый слой, почва, гидрогель, рыхление, аэрация, орошение, удобрение, симбиоз, почвенные биоценозы.

Постановка проблемы

Одним из важнейших приоритетов, определенных Стратегией научно-технического развития Российской Федерации на ближайшие десять лет, является переход к развитию природоподобных технологий, воспроизводящих системы и процессы живой природы в виде технологических процессов, технических систем и средств, интегрированных в природную среду и естественный природный ресурсооборот.

Эволюция принципиальных представлений о физиологии растительных организмов, агроценозов и природе плодородия почвы, их отношений с окружающей средой обуславливает необходимость адекватной

трансформации соответствующих технологических процессов, технических систем и средств. В рамках классических представлений о физиологии конца XIX века растения рассматривались как сложный химический реактор, использующий солнечную энергию для превращения неорганических веществ почвы в органику [1]. Физиологическая экология растений в середине прошлого столетия расценивала их продуктивность как норму реакции на действие абиотических факторов – освещенности, влажности, температуры, химического состава почвы и особенностей климата [2].

В настоящее время представление о продукционных процессах в растениеводстве базируется на концепции симбиоза растений с микроорганизмами почвы, способности растений создавать на своей поверхности, в тканях и клетках специализированные ниши, образовывать в совокупности с различными микроорганизмами почвы сложные сообщества, которые выполняют функции первичных продуцентов и редуцентов органического вещества [3].

В этой связи с учетом тенденций развития сельскохозяйственного производства наиболее перспективны, популярны и востребованы агротехнологии, технические системы и средства, которые формируют оптимальные условия и обеспечивают максимальную реализацию создаваемого генетического потенциала продуктивности растений, позволяют наиболее эффективно использовать имеющиеся в распоряжении сельхозтоваропроизводителей природно-биологические ресурсы (плодородие почв, агроландшафты, почвенные биоценозы и пр.), создают инструменты и механизмы взаимодействия биомашсистем и процессов живой природы для получения максимально

возможного и рационального синергетического эффекта [4].

Согласно ГОСТ 16265-89, почва подвергается более 60 видам механических воздействий, некоторые из которых имеют противоположный характер, например, измельчение, рыхление и прикатывание, уплотнение. Чрезмерная обработка почвы часто связана с развитием деградационных процессов (водная и ветровая эрозия, подкисление, засоление, загрязнение почв и опустынивание земель) [5]. По данным ФАО, около 1/3 мирового объема почв деградировано. В России ежегодно деградировано до 2 млн га [6].

В связи с этим в последние годы активно разрабатываются и применяются безплужная, минимальная, мульчирующая, плоская и другие почвозащитные технологии. Используются чизельные, плоскорезные, дисковые орудия, фрезы, культиваторы и др. Однако принцип работы этих орудий не исключает главные недостатки отвальной вспашки – разрушение поверхностного корнеобитаемого слоя почвы и, как следствие, потеря влаги, эрозия почвы, особенно разрушение и уничтожение почвенных биоценозов, являющихся для растений донорами адаптивно значимых функций, связанных с их питанием и защитой от стрессов [7].

Следовательно, повышение продуктивности почвы в любых агроэкологических условиях наиболее рационально и эффективно осуществлять путем поддержания корнеоборота почвы и растений в тесном взаимодействии с другими компонентами биоты (бактериями, грибами, водорослями, почвенными животными и пр.), воздухом и водообменом с учетом системных требований взаимодействия почвы, растений с обрабатываемыми орудиями и машинами на основе теории биомашсистем.

Цель исследования – повышение эффективности производственных процессов при возделывании плодово-ягодных и многолетних культур за счет развития симбиоза растений и почвенных микроорганизмов посредством внутрипочвенной обработки, рыхления, аэрации импульсами сжатого воздуха корнеобитаемых слоев почвы и последующего их орошения, удобрения, внесения гидрогеля.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являлись теоретические и экспериментальные аспекты эволюции принципиальных представлений о физиологии растительных и почвенных организмов; формирования производственных процессов в растениеводстве; технологические параметры, технические характеристики и потребительские свойства машин и оборудования для обработки, рыхления, аэрации, орошения и внесения удобрений в почву, прежде всего, в корнеобитаемые её слои при возделывании плодово-ягодных и многолетних культур.

Внесение жидких органических удобрений и глубинной подкормки растений целесообразно проводить введением в воздушный поток соответствующих препаратов в виде тонкодисперсного твердого или жидкого аэрозоля. Для получения воздушно-аэрозольной смеси целесообразно использовать пневмогидробур со специальной смесительной камерой, в которую поступает сжатый воздух, одновременно в камеру подается жидкокапельный или тонкодисперсный порошкообразный аэрозоль. Насыщенная аэрозолем воздушно-капельная смесь через наконечник пневмогидробура подается в почву, заполняя требуемый объем, и регулируется давлением воздуха и длительностью подачи смеси.

Основные методы исследования: обобщение, информационный и статистический анализ нормативно-методических материалов, проведение лабораторных и полевых исследований.

Анализ выполнен на основе обработки информации из отечественных

и зарубежных журналов, проспектов международных выставок, а также сведений и данных, размещенных на сайтах компаний-производителей, протоколов испытаний МИС технических систем и средств, применяемых в России.

На основании лабораторных исследований и постановки полевых опытов разработан и изготовлен пневмогидробур с возможностью отдельной подачи под давлением воздуха, воды или аэрозоля в виде смеси воздуха, растворов удобрений и гидрогеля при использовании комбинированных наконечников в требуемых пропорциях (рис. 1) [8].

Для проведения исследований, испытаний изготовлена мобильная лаборатория. На транспортном средстве смонтированы автономный электрогенератор, компрессор с ресивером, насосный агрегат с емкостями, регуляторы-распределители и др. Это позволило провести в полевых условиях ряда регионов оценку эффективности внутрипочвенной подачи сжатого воздуха в корнеобитаемые слои почвы с последующим внесением воды, водно-воздушных

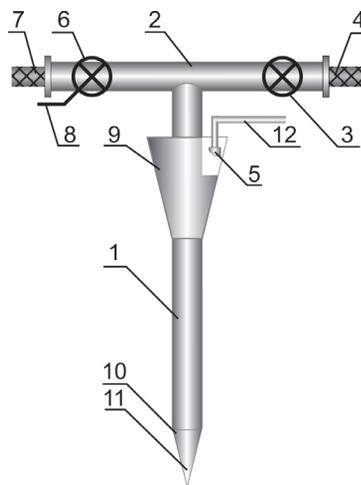


Рис. 1. Пневмогидробур:
 1 – ствол; 2 – полая рукоятка;
 3 – вентиль; 4 – шланг с водой или растворами под давлением;
 5 – форсунка; 6 – вентиль;
 7 – шланг сжатого воздуха;
 8 – рычаг ручной подачи сжатого воздуха; 9 – смесительная камера;
 10 – наконечник с перфорацией;
 11, 12 – инжекторы
 (Патент № 2740805 РФ, МПК А 01 С23/02)

смесей и водных растворов удобрений или гидрогеля через универсальные пневмогидробуры [8].

Такие технические решения эффективны для личных и фермерских хозяйств с небольшими объемами обработки. Недостатками таких устройств являются низкая проходимость, ограниченный объем баков с рабочей жидкостью, у ручных тележек – необходимость перемещения устройства по обрабатываемому участку. Данные недостатки являются серьезным ограничением для крупных хозяйств [9]. Более рационально автономное размещение и производственное решение комплекта оборудования на тракторной тележке или в кузове автомобиля с механизированным заглублением пневмогидробура в почву.

Результаты исследований и обсуждение

По результатам экспериментальных исследований и проведения полевых опытов разработаны природоподобная технология и технические средства внутрипочвенной обработки, аэрации, орошения, удобрения корнеобитаемых слоев почвы с применением гидрогеля (Патент № 2807342 РФ, МПК А01В79/005). Технология способствует повышению продуктивности корнеобитаемых слоев почвы и обеспечивает достижение максимальных биологических и экологических ее параметров при высоком качестве, мобильности, энергоэффективности технологических процессов за счет эффективной аэрации и орошения, подачи воздуха и растворов гидрогеля, микробных биопрепаратов и удобрений непосредственно в корневую систему растений.

Особый эффект обеспечивает внесение в корнеобитаемые слои почвы раствора гидрогеля, обладающего высокими абсорбирующими свойствами: 1 г гидрогеля способен впитать до 300 г воды, что в сочетании с растворами микробных биопрепаратов и удобрений создает оптимальный режим увлажнения и питания корневой системы растений. При пересыхании почвы гидрогель отдает влагу, при переувлажнении – впитывает ее [9].

Разработанные технологические процессы, технические системы и средства оптимальным образом интегрируются в природную среду и естественный природный ресурсооборот. Посредством подачи через вертикально погружаемые в корнеобитаемые слои почвы пневмогидробуры импульсов сжатого воздуха, которые способствуют рыхлению, аэрированию, насыщению корнеобитаемых слоев почвы воздухом, формируются полости, поры и микропустоты. Затем подача сжатого воздуха прекращается и через пневмогидробур в образовавшиеся в почве полости под давлением подаются гидрогель, водные растворы микробных биопрепаратов и/или удобрений, обеспечивая орошение и удобрение непосредственно корневой системы растений.

Наиболее рациональным решением является разработанный и изготовленный на опытном заводе ВИМ роботизированный модуль пневмогидробур, который может быть настроен на внутрпочвенный полив и подкормку определенных плодово-ягодных культур на больших площадях и в любое время суток, что позволяет точно и аккуратно внести воду, растворы гидрогеля и удобрений, снизить воздействие на почву и корни растений, сократив время выполнения операции и увеличив производительность (рис. 2) [10].

При включении компрессора воздух под давлением из ресивера посредством пневматических рукавов поступает в одну из рабочих полостей пневмоцилиндра, что приводит к заглублению остроконечной трубы гидробура. Затем включается гидронасос и по рукавам высокого давления рабочая жидкость поступает в остроконечную трубу, далее – в почву. Происходит процесс прикорневого полива или подкормки. После окончания полива (подкормки) электродвигатель прекращает работу, включается компрессор и воздух под давлением поступает в другую область пневмоцилиндра, при этом происходит

извлечение остроконечной трубы из почвы. Управление включением и отключением компрессора, а также электродвигателя насоса осуществляется электронным блоком управления с помощью датчиков, установленных в местах соединения гидравлических и пневматических рукавов.

На основании результатов лабораторных и полевых опытов установлены зависимости расхода и давления воздуха, воды или растворов от диаметра отверстий в наконечниках пневмогидробура и давления в системе, которые имеют экспоненциальный характер и аппроксимируются в уравнение

$$M_B = \alpha e^{\beta d},$$

где α и β – коэффициенты, определяемые экспериментально;

e – число Эйлера (2,718...);

d – диаметр сопла.

При обработке результатов экспериментальных исследований получены зависимости расхода воды от диаметра сопла при различном давлении:

$$0,5 \text{ бар} - M_B = 0,31 e^{0,79d},$$

$$(\alpha = 0,31, \beta = 0,79);$$

$$1 \text{ бар} - M_B = 0,42 e^{0,768d},$$

$$(\alpha = 0,42, \beta = 0,768);$$

$$1,5 \text{ бар} - M_B = 0,567 e^{0,707d},$$

$$(\alpha = 0,567, \beta = 0,707);$$

$$2 \text{ бар} - M_B = 0,68 e^{0,67d},$$

$$(\alpha = 0,68, \beta = 0,67).$$

Обработка данных по расходу воздуха в зависимости от диаметра

отверстия наконечника при различных величинах давления в системе позволила получить следующие зависимости [10]:

$$M_B = \alpha d^2 - \beta d + \gamma,$$

где α , β и γ – постоянные коэффициенты.

Для давления 1 бар формула имеет вид:

$$M_B = 4,86d^2 - 11,06d + 8;$$

$$2 \text{ бар} - M_B = 7,21d^2 - 16,01d + 10,6;$$

$$3 \text{ бар} - M_B = 9,64d^2 - 21,24d + 13,4;$$

$$4 \text{ бар} - M_B = 11,93d^2 - 25,93d + 16,8.$$

Экспериментами в полевых условиях с применением универсальных пневмогидробуров при выращивании подвоев яблони и на виноградниках установлено, что наиболее эффективным режимом для внутрпочвенной конденсации является введение в корнеобитаемые слои почвы смеси воздуха и воды. Через двое суток влажность почвы на глубине 0,2 м увеличилась на 13,1%; 0,4 м – на 16,6%; 0,6 м – на 17,3%. Первоначальная подача сжатого воздуха обеспечила улучшение структуры почвы, расширение каналов и значительно увеличила коэффициент аэрации, а введение воды привело к увлажнению стенок каналов и пор, понижению температуры и увеличению влаго содержания почвы за счет конденсации [8].

Разработанный технологический процесс осуществляется устройством, схема которого представлена на рис. 3 (Патент № 2807342 РФ, МПК А01В79/005). На раме 1 с элементами навески установлены компрессор 2, ресивер 3, насос 4 и закрытые баки 5 с гидрогелем, растворами микробных биопрепаратов и/или удобрений.

Снизу к раме шарнирно присоединены рамные элементы 6 с движителем 7, выполненным в виде замкнутой сплошной эластичной ленты 8, внутри которой установлены поддерживающие колеса 9 с натяжителем (не показан) ленты. Внутренняя поверхность ленты выполнена в виде гофрированных эластичных герметичных емкостей-распределителей сжатого воздуха 10



Рис. 2. Общий вид роботизированного модуля – пневмогидробур:

- 1 – компрессор;
- 2 – электродвигатель и гидронасос;
- 3 – стрела с пневмоцилиндром и линейными направляющими;
- 4 – остроконечная трубка

и растворов 11 (не показаны), между которыми размещены пазухи 12. Все герметичные емкости-распределители сжатого воздуха и растворов связаны между собой. По периметру в ленте равномерно выполнены отверстия 13, сопряженные с пазухами, в которых установлены пневмогидробуры 14, соединенные с пневмоцилиндрами 15.

В центре движителя установлены регулятор-стабилизатор давления 16, который связывает шлангами 17 и электропневмоклапаном 18 ресивер 3 с емкостью-распределителем сжатого воздуха и закрытые баки 5 шлангами 19 и электропневмоклапаном 20 – с емкостями-распределителями растворов. Каждый пневмогидробур связан шлангами 21 и электропневмоклапаном 22 с емкостью-распределителем сжатого воздуха, а шлангами 23 и дополнительными электропневмоклапанами 24 – с емкостями-распределителями растворов 11. Каждый пневмоцилиндр связан шлангом 25 и электропневмоклапаном 26 с емкостью-распределителем сжатого воздуха и оснащен выключателем 27 (не показан) электропневмоклапана и роликом 28, взаимодействующим с жестко закрепленным в нижней части рамного элемента ограничителем нагрузки 29 на ленту. В начале, конце и в средней части ограничителя нагрузки установлены переключатели 30.

На краю поля движитель опускают на поверхность почвы, включают подачу электроэнергии и электропневмоклапаны 26, открывают подачу сжатого воздуха по шлангам 25 из емкости-распределителя. Пневмоцилиндры погружают пневмогидробуры, находящиеся в нижней рабочей зоне ленты, вертикально в почву. При движении ленты очередной пневмоцилиндр достигает переключателя и цикл повторяется, погружая следующий пневмогидробур в почву.

При достижении нижней точки открывается электропневмоклапан 22 и по шлангам 21 через погруженные в почву пневмогидробуры подают в импульсном режиме сжатый воздух, что способствует аэрации корнеобитаемых слоев почвы, формированию

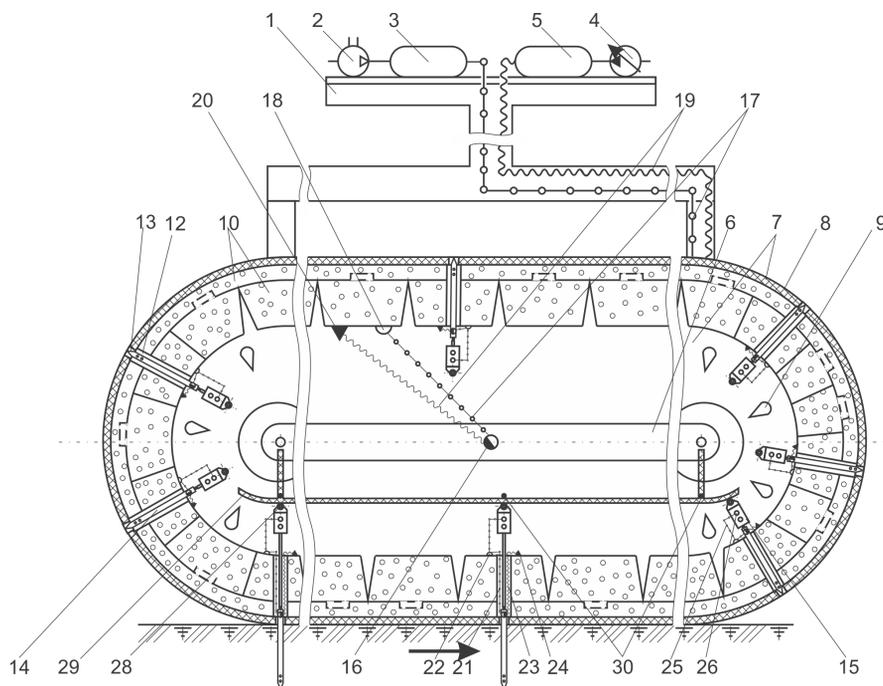


Рис. 3. Устройство для внутрипочвенной обработки, аэрации, орошения, удобрения корнеобитаемых слоев почвы

почвенных пор, полостей и микропустот.

Когда пневмоцилиндр достигает средней части ограничителя нагрузки, очередной переключатель воздействует на выключатель, который открывает электромагнитный клапан 24 и по шлангам 23 через пневмогидробуры подает в образовавшиеся почвенные поры, полости и микропустоты растворы гидрогеля, микробных биопрепаратов и/или удобрений.

Когда лента, двигаясь, достигает точки подъема, выключатель очередного пневмоцилиндра взаимодействует с переключателем, подача сжатого воздуха и растворов прекращается, пневмогидробуры поднимают, извлекают из почвы и размещают в пазухах.

В процессе обработки давление сжатого воздуха и растворов в емкостях-распределителях падает. При достижении критического уровня открывается электроклапан, из ресивера по шлангам 17 регулятор-стабилизатор подает сжатый воздух в емкость-распределитель до достижения соответствующего давления. В емкостях-распределителях раствора открываются электропневмоклапаны 20, из закрытых баков

по шлангам 19 через регулятор-стабилизатор подаются под давлением растворы до достижения соответствующего давления.

Длину пассивного движителя, глубину погружения пневмогидробур в корнеобитаемые слои почвы, давление в емкостях-распределителях регулируют и устанавливают в зависимости от характеристики почвы и вида растений (толщины корнеобитаемого слоя). При работе с плотными почвами целесообразно использовать составной пневмогидробур со сменными стволами разного диаметра, а подачу воды, растворов (удобрений и средств защиты растений) и сжатого воздуха производить как отдельно, так и одновременно. Ядохимикаты могут вноситься в почву поярусно (на разную глубину).

Предлагаемая природоподобная технология формирует оптимальные условия жизнедеятельности агроценозов (корнеобитаемые слои почвы не подвергаются механическому воздействию традиционных технических систем и средств), позволяет повысить продуктивность почвы, максимально сохранить ее биологические и экологические параметры

при высоком качестве, мобильности и энергоэффективности процессов обработки. В верхнем слое почвы формируется оптимальный воздушно-водный режим, что в полной мере соответствует естественному природному ресурсообороту растительно-почвенных микробных взаимодействий и обеспечивает реализацию системы экологически устойчивого растениеводства.

Установлено, что стоимость посадки виноградников с помощью пневмогидробура обходится в 4 раза дешевле, а приживаемость растений значительно выше. Достоверно установлена высокая эффективность технологии посадки эфиромасличных культур с использованием пневмогидробура и гидрогеля.

Результаты исследований технологии внутривидового минерального питания растений яблони с использованием гидрогеля подтвердили эффективность его применения – прирост центрального и боковых побегов увеличился на 25-30% и до 40% соответственно по сравнению с контролем.

Показатели продуктивности по урожайности и сбору эфирного масла лаванды узколистной сорта Синева первого года вегетации при внесении в смеси с воздухом в количестве 2 л на одно растение и 2 л гидрогеля под давлением 2 бар значительно превышают контроль. В варианте с внесением «воздух+вода» превышение над контролем по урожайности составило 14,8%, по сбору эфирного масла – на 68,5%. В варианте опыта с внесением гидрогеля превышение над контролем по урожайности составило 106,8%, по сбору эфирного масла – 154,9%.

При разработке и развитии природоподобных технологий, технических систем и средств в растениеводстве необходимо и целесообразно базироваться на концепции симбиотической природы растений, их способности самостоятельно решать основные адаптивные задачи – питания и устойчивости к вредителям. Предлагаемая природоподобная технология позволяет использовать

естественный природный ресурсооборот растительно-микробных взаимодействий для успешной реализации целостной стратегии экологически устойчивого растениеводства, основанного на отказе от применения агрохимикатов (минеральных удобрений, химических средств защиты), замене их микробными препаратами.

Выводы

1. Внутривидовая обработка, рыхление, аэрация импульсами сжатого воздуха корнеобитаемых слоев почвы, последующее орошение и внесение удобрений и гидрогеля значительно повышают плодородие почвы и продуктивность плодово-ягодных и многолетних культур, позволяют формировать архитектуру их корневой системы заданным образом.

2. Роботизированный модуль – пневмогидробур обеспечивает качественное и эффективное выполнение технологического процесса и значительно повышает общую производительность.

3. Установлено, что стоимость посадки виноградников с помощью пневмогидробура обходится в 4 раза дешевле, а приживаемость растений значительно выше. Достоверно установлена высокая эффективность технологии посадки эфиромасличных культур с использованием пневмогидробура и гидрогеля.

4. Предлагаемая природоподобная технология, технические системы и средства обеспечивают формирование оптимальных условий для жизнедеятельности агроценозов, позволяют проводить обработку, аэрацию, орошение, удобрение почвы без разрушения и оборота корнеобитаемых слоев, повышают продуктивность растений и обеспечивают максимальную сохранность биологических и экологических параметров почвы, высокое качество, мобильность и энергоэффективность.

Список

использованной литературы

1. Тимирязев К.А. Жизнь растения. М.: ОАО «Типография «Новости» совместно с Издательством МСХА, 2006. 320 с.
2. Лархер В. Экология растений. М.: Мир, 1978. 384 с.

3. Тихонович И.А., Проворов Н.А. Симбиозы растений и микроорганизмов: молекулярная генетика агросистем будущего. СПб: Санкт-Петербургский университет, 2009.

4. Чернованов В.И. Биомашсистемы: возникновение, развитие и перспективы // Биомашсистемы. 2017. Т. 1. № 1. С. 7-58.

5. Жученко А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России (теория и практика). М.: Агрорус, 2004.

6. Федоренко В.Ф., Селиванов В.Г., Аристов Э.Г., Краховецкий Н.Н. Исследование инновационной технологии подпочвенного орошения при возделывании плодово-ягодных культур и виноградников // Техника и оборудование для села. 2019. № 12. С. 17-22.

7. Мишуров Н.П. и др. Результаты исследований подпочвенного орошения многолетних эфиромасличных культур с использованием гидрогеля // Техника и оборудование для села. 2022. № 11. С. 11-15.

8. Мишуров Н.П., Федоренко В.Ф. и др. Инновационные технологии и технические средства для подпочвенного полива многолетних насаждений: науч. изд. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. 156 с.

9. Технологии XXI века в агропромышленном комплексе России. 4-е изд., доп. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. 523 с.

10. Федоренко В.Ф., Харитонов М.П., Смирнов И.Г., Аристов Э.Г. Перспективы роботизации процессов внутривидового полива и подкормки растений // Агроинженерия. Т. 26. № 1. 2024. С. 11-17.

Nature-like Technology for Cultivating Fruit, Berry and Perennial Crops

V.F. Fedorenko

(FGBNU FNATS VIM)

Summary. The article deals with the results of the research on the substantiation of the nature-like technology and technical means developed in accordance with modern ideas about the processes in crop production based on the concept of symbiosis of plants and soil microorganisms; this technology promotes optimal conditions for the preservation and development of biocenoses formed during the cultivation of fruit and berry and perennial crops in the root layers of the soil without their turnover and destruction thanks to the subsoil cultivation, loosening and aeration with the pulses of compressed air by immersing pneumatic hydraulic drills into the soil, subsequent irrigation, application of fertilizers and hydrogel.

Key words: root layer, soil, hydrogel, loosening, aeration, irrigation, fertilizer, symbiosis, soil biocenoses.

В АВАНГАРДЕ НАУЧНОЙ МЫСЛИ



**Академику
Владимиру
Дмитриевичу
Попову
2 апреля
исполнилось
75 лет**

Быть на переднем крае науки, вникать в суть современных агроинженерных проблем и принимать деятельное участие в их решении – такие задачи продолжает успешно выполнять заслуженный деятель науки Российской Федерации, почетный работник агропромышленного комплекса России, академик РАН, доктор технических наук, профессор Владимир Дмитриевич Попов.

Научная составляющая его трудовой биографии солидна. На протяжении многих лет Владимир Дмитриевич занимается технологическим и техническим обеспечением АПК, оптимизацией процессов и технологий заготовки кормов из трав, энергосбережением, модернизацией АПК и другими направлениями аграрного развития страны.

Опубликовано более 200 научных трудов В.Д. Попова, в их числе монографии, книги, брошюры, методические рекомендации.

Трудовая биография Владимира Дмитриевича началась с Вологодского молочного института и должности инженера-механика в совхозе «Будогощь» Ленинградской области. После службы в рядах Советской армии он уходит в науку. Где бы потом Владимир Дмитриевич ни работал или учился – младший научный сотрудник в родном институте, аспирант, а позднее директор Северо-Западного НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства (сейчас – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ), – всюду, в любой сфере проявлялись его высокий профессионализм, разносторонние компетенции, богатый научный опыт, добросовестное отношение к работе.

За успешную профессиональную деятельность В.Д. Попову присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации», звание почетного работника агропромышленного комплекса России. Его труд отмечен многочисленными наградами.

Владимир Дмитриевич Попов продолжает заниматься совершенствованием технологий и средств механизации сельского хозяйства, вносит ценный вклад в развитие аграрного сектора экономики, укрепление его научного потенциала.

ВО БЛАГО ЛЮДЯМ И НАУКЕ!

**Академик РАН,
доктор
технических наук,
профессор
Анатолий Иванович
ЗАВРАЖНОВ
6 мая отметит
свое 85-летие**



Без малого 70 лет служит А.И. Завражнов земле и людям, науке и образованию, обществу и стране.

Свой трудовой путь Анатолий Иванович начал в 16 лет – с освоения целины в Оренбуржье. После окончания техникума он поступает на инженерный факультет Оренбургского сельхозинститута. Уже в студенчестве публикует свои первые аналитические статьи.

Аспирантура в Челябинском институте механизации и электрификации сельского хозяйства дала возможность заняться новыми темами. Так, разработанная молодым ученым система определения характеристик масляного слоя в подшипниках дизельного двигателя позволила повысить надежность двигателей типа КДМ.

В 1970-1980 гг., работая в Целиноградском сельскохозяйственном институте, занимался решением проблем механизации животноводства. Был проректором по научной и учебной работе, создал научную школу, внесшую вклад в развитие теории и методов проектирования машин и технологических линий. В январе 1985 г. Анатолий Иванович был назначен ректором Плодоовощного института им. И.В. Мичурина. Благодаря его руководству формируется надежная учебная, исследовательская, техническая база. Открываются новые научные школы.

Научный багаж А.И. Завражнова – сотни трудов, книги, монографии, учебники, учебные пособия, патенты и авторские свидетельства на изобретения. С его участием разработано и создано более 20 наименований машин, которые получили признание в садоводческих хозяйствах России.

Многолетний результативный труд Анатолия Ивановича заслуживает отдельных слов благодарности и отмечен многими наградами. Он удостоен званий академика Российской академии наук и заслуженного деятеля науки и техники Российской Федерации, лауреата премии Ленинского комсомола, лауреата Золотой медали РАН им. В.П. Горячкина, является почетным работником высшего образования России, почетным гражданином города Мичуринска. Среди высоких наград – орден «За заслуги перед Отечеством» III степени, «Знак Почета», орден Почета, медаль «За освоение целинных земель» и др.

Вся жизнь А.И. Завражнова – пример беззаветного служения делу, интересам отечественного АПК, столь важного во все времена для России.

УВАЖАЕМЫЕ ЮБИЛЯРЫ!

Коллектив ФГБНУ «Росинформагротех» и редакция журнала «Техника и оборудование для села» от всей души поздравляют вас с замечательными юбилеями и со всей ответственностью ставит вам 5+ за всё, что сделано вами за эти годы на поприще науки!

Желаем крепкого здоровья, мира в окружающем мире, добра и наполненных светом долгих лет жизни!

Благополучия вам и вашим семьям!

От коллектива ФГБНУ «Росинформагротех»
и редакции журнала «Техника и оборудование для села»
В.Ф. ФЕДОРЕНКО, академик РАН

Кормоуборочный предназначен для больших

В прошлом году Минсельхоз России объявил, что в 2024 г. максимальная поддержка будет оказываться крупным производителям молока. Как указал министр сельского хозяйства Российской Федерации Д.Н. Патрушев, наиболее эффективными и рентабельными предприятиями отрасли являются те, где количество скотомест составляет 1000 и более. Понятно, что чем крупнее стадо, тем больше необходимо заготовить кормов в те же ограни-

ченные сроки, что и при меньшем поголовье.

Кормоуборочный комбайн Ростсельмаш модели F 2650 как нельзя лучше отвечает потребностям крупных животноводческих комплексов. Машина, в базовой комплектации оснащенная множеством повышающих эффективность работы систем, позволяет заготовить в агротехнические сроки 25 000 т silосубстрата, полностью готовой к закладке в silосную яму.

Пропускная способность технологического тракта комбайна – до 200 т/ч на кукурузе. Практические данные подтверждают, что при правильной организации работ, включая логистику, машина показывает близкие к максимальным показателям результаты. В том числе зафиксирована средняя часовая производительность: на подборе трав – 116 т/ч; на кукурузе – до 185 т/ч (при урожайности 36 т/га). При этом загрузка двигателя не превышала 90 %.



комбайн F 2650

ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ХОЗЯЙСТВ



Комбайн F 2650 предназначен для измельчения любого вида листового и зернового силоса, корнажа, сенажа, зерносенажа преимущественно на высокоурожайных и среднеурожайных фонах. В комплектацию включен доизмельчитель (корн-крекер) с регулировкой зазора между вальцами и переключением режимов «доизмельчитель / травяная шахта» из кабины. Степень дробления зерна молочно-восковой спелости – свыше 99 %. Универсальная система внесения консервантов (тоже в базовой комплектации) позволяет использовать разбавленные и концентрированные препараты. Вместимость бака для концентрата составляет 30 л, норма расхода – 0,3-6 л/ч, бака для разбавленных консервантов – 390 л, норма расхода – 30-420 л/ч.

Эффективность работы, в том числе на неравномерных по урожайности или влажности фонах, достигается за счет полной автоматизации процессов, включая корректировку настроек различных узлов технологического тракта.

Так, система РСМ Круиз-контроль регулирует скорость движения ком-

байна и частоту оборотов коленвала двигателя в зависимости от его загрузки. Система РСМ Оптисин корректирует скорость вращения рабочих органов адаптера в зависимости от поступательной скорости машины и текущей длины резки. В свою очередь, система РСМ Авторезка автоматически изменяет длину резки в диапазоне 5-24 мм (бесступенчато) в зависимости от влажности убираемой культуры и в соответствии с заранее заданными настройками. Равномерность длины резки – до 85 %, что является очень хорошим показателем.

Заточка ножей выполняется по команде из кабины. При этом подвод противорежущего бруса и регулировка зазора днища измельчителя производятся автоматически. Отслеживать момент, когда заточка становится необходима, позволяет система РСМ Автозаточка.

По сходному алгоритму действует система РСМ Умная дозировка: получая данные от установленного на питателе датчика измерения потока срезанной (или подобранной из валка) массы и установленного

в силосопроводе датчика влажности и температуры измельченной массы, система самостоятельно корректирует объем подаваемого консерванта.

Одна из особенностей кормоуборочного комбайна F 2650, дающая дополнительные выгоды владельцу, – на 10 % более плотное по сравнению со среднеотраслевыми показателями заполнение кузова транспортного средства. Выгрузное устройство оснащено системой РСМ Контроль силосопровода, которая запоминает пять положений и автоматически возвращает силосопровод в выбранное; корректирует положение козырька в зависимости от положения самого силосопровода, чтобы выгрузка массы производилась строго по продольной оси транспорта и т.д.

Кормоуборочный комбайн F 2650 оснащен двигателем номинальной мощностью 643 л.с., укомплектован топливным баком вместимостью 1500 л. На машину устанавливают эргономичную, хорошо укомплектованную кабину Comfort Cab II с бортовой информационно-голосовой системой Adviser IV и платформой агроменеджмента РСМ Агротроник.

УДК 631.4

DOI: 10.33267/2072-9642-2024-4-10-13

Интеллектуальная технология контурного глубокого рыхления с вертикальным мульчированием почвы склоновых земель в системе точного земледелия

С.А. Васильев,

д-р техн. наук, доц.,
зав. кафедрой,
vsa_21@mail.ru
(ФГБОУ ВО ЧГУ им. И.Н. Ульянова,
ГБОУ ВО НГИЭУ);

А.А. Васильев,

канд. техн. наук, доц.,
alexei.21@mail.ru
(ГБОУ ВО НГИЭУ);

В.Е. Таркивский,

д-р техн. наук, проф.,
врио директора,
Tarkivskiy@yandex.ru
(Новокубанский филиал
ФГБНУ «Росинформагротех»
[КубНИИТиМ]);

И.И. Максимов,

д-р техн. наук, проф.,
проф. кафедры,
maksimov48@inbox.ru
(ФГБОУ ВО «Чувашский ГАУ»)

Аннотация. Представлены результаты разработки противозерозионной технологии контурного глубокого рыхления с вертикальным мульчированием почвы склоновых земель, способов построения актуальных цифровых моделей рельефа, а также конструктивные особенности технических средств. Предлагается использовать контурно-мелиоративные приемы с почвозащитными мероприятиями и соответствующей системой машин, что позволяет влиять на поверхностный сток атмосферных осадков путем снижения скорости потока, увеличения инфильтрации воды и перехватывания отложений почвы. В комплексе это способствует повышению точности и эффективности выполнения операции контурного глубокого рыхления.

Ключевые слова: интеллектуальная технология, глубокое рыхление, вертикальное мульчирование, склоновые земли, точная мелиорация.

Постановка проблемы

Водная эрозия резко усиливает потерю невозобновляемых ресурсов, загрязнение и деградацию земель, а также угрожает устойчивому развитию сельского хозяйства [1]. Вдоль водонасыщенного почвенного склона в начале выпадения осадков начинается поверхностная эрозия. По мере развития эрозии поверхностный сток интегрируется в концентрированный и на почвенных склонах могут образовываться ручьи. Соответственно, с образованием ручьев в 1,23-1,59 раза увеличиваются масштабы почвенных потерь [1]. Исследования показали, что с образованием ручьев эрозия ненасыщенной почвы увеличивается в 3 раза [2]. При этом ее потери на склонах холмов с преобладанием ручьевого эрозии были в 1,7-6,9 раза больше, чем в случае преобладания плоской эрозии [3, 4].

На процессы плоской и ручейковой эрозии оказывают влияние различные факторы, такие как интенсивность осадков, уклон склона и свойства почвы [5-7]. Интенсивность осадков является ключевым фактором, поскольку от нее зависит турбулентность, а также изменения сепарации и транспортной способности водного потока [7]. В качестве еще одного ключевого фактора выступает градиент склона [8]. Он может напрямую влиять на время начала стока, степень эрозии почвы и эрозионную активность стока [6]. Эти факторы носят взаимодействующий характер, формируя и развивая процессы плоскостной и ручейковой эрозии.

Для сохранения плодородного слоя почвы рекомендуется вносить

мелиоранты, которые имеют свойство поглощать излишки влаги и затем в засушливые периоды отдавать ее растениям [9].

Контурная обработка почвы и применение мульчирования соломой оказывают значительное влияние на степень эрозии почвы на склонах сельскохозяйственных угодий [10]. Мульчирование поверхности почвы может защитить ее от прямого воздействия дождевых капель [8], повысить шероховатость, способствовать инфильтрации, улучшить органическое вещество, а также уменьшить потери стока и эрозию [11]. Таким образом, мульчирование соломой может применяться как эффективная мера для почвенно-водного обмена на склоновых сельскохозяйственных угодьях.

Цель исследования – разработка и реализация интеллектуальной технологии контурной глубокой обработки почвы на склоновых землях с возможностью проведения ее мульчирования для решения проблем, связанных с созданием интеллектуальной среды, средств информационно-технологического и технического обеспечения для снижения интенсивности эрозионных процессов и сохранения плодородия почвы в системе точной агроландшафтной мелиорации.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта изучения был выбран технологический процесс контурной глубокой обработки почвы на склоновых землях с возможностью проведения ее мульчирования.

В задачи исследования входило:

- проектирование интеллектуальной технологии контурной глубокой обработки почвы на склоновых землях с возможностью проведения ее мульчирования в системе точной мелиорации;

- реализация технологического процесса контурной глубокой обработки почвы на склоновых землях с возможностью проведения ее мульчирования.

Анализ применяемых культуртехнических мелиоративных приемов для склоновых земель позволил выявить ряд перспективных подходов и способов реализации технологий обработки почв поперек склона. А.А. Михайлин рассматривает возможность перемежать обработанные и необработанные участки. При этом глубина обработанного участка варьируется на уровне 600 мм [12]. Ширина необработанного участка остается постоянной по длине эродированного участка и никак не привязана к величинам уклона и его существенному изменению на сложном склоне, а образованная щель довольно быстро наполнится почвой в период появления стока.

Ю.И. Матяшин и другие предлагают создавать в почве щели глубиной 300 мм и проводить мульчирование верхнего слоя. При этом обработку совершать в два этапа – осенью на поле в шахматном порядке нарезать щели, а весной выполнить сплошную обработку почвы в виде рыхления и мульчирования верхнего слоя [13]. Вертикальные щели на сложных склонах формируются при прямолинейном движении машинно-тракторного агрегата, а траектория их расположения, полученная в шахматном порядке, будет отличаться от горизонталей, представляющих контур сельскохозяйственного на одной высоте над уровнем моря.

Предлагаемый алгоритм реализации интеллектуальной технологии контурной глубокой обработки почвы на склоновых землях с возможностью проведения ее мульчирования в виде перечня последовательных операций представлен на рис. 1.

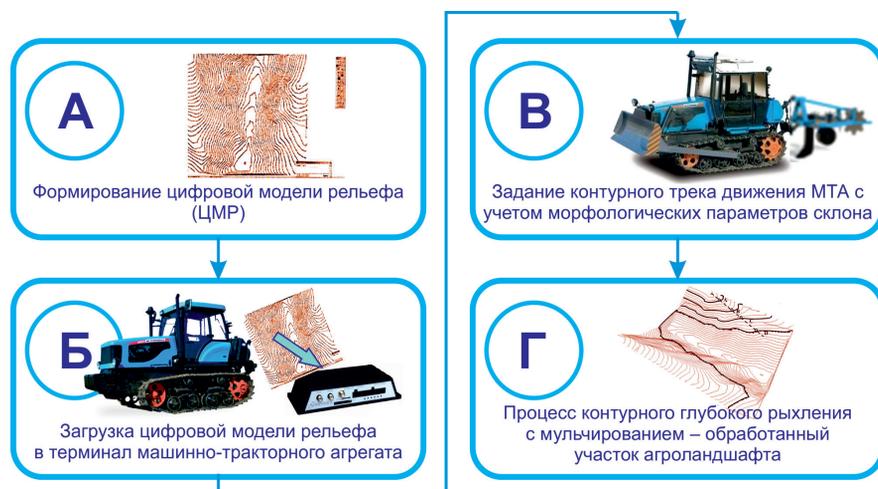


Рис. 1. Алгоритм реализации способа контурной глубокой обработки почвы на склоновых землях с возможностью проведения ее мульчирования в виде перечня последовательных операций

Предварительно получают регулярную цифровую модель рельефа обрабатываемого участка агроландшафта. Например, при уборке сельскохозяйственных культур можно использовать зерноуборочный комбайн с навигационным терминалом и измерительной системой. Навигационный терминал с измерительной системой CAN-WAY В включает в себя контроллер, гироскоп, инклинометры, а также навигационный ГЛОНАСС/GPS-трекер для определения продольного и поперечного уклона зерноуборочного комбайна. Гироскоп и инклинометр, входящие в терминал CAN-WAY В, позволяют точно определить продольный и поперечный уклон комбайна по ходу движения на агроландшафте.

Для реализации регулярной цифровой модели рельефа изучаемую область разделяют на пиксели, которые формируют интерактивную сеть. Данная сеть учитывает рельеф участка и геометрические размеры комбайна. Для получения точных показателей цифровизации рельефа рассматриваемого участка поля применяются отметки с размерами узлов решетки 3×3 м, учитывая габаритные размеры комбайна.

После обработки полученной информации с помощью программного обеспечения формируется цифровая модель рельефа ЦМР (см. рис. 1а) обрабатываемого участка агроландшафта.

Цифровую модель перегружают в контроллер навигационного терминала с измерительной системой машинно-тракторного агрегата, например, Агромаш 90ТГ+КПГ-250 (модернизированный) [14], для выполнения операции контурного глубокого рыхления с вертикальным мульчированием (см. рис. 1б).

Задают контурный трек движения трактора с учетом морфологических параметров склона в процессе выполнения контурного глубокого рыхления с мульчированием на склоне, представляющий собой горизонталь – изолинию на карте из точек с рассчитанной одинаковой высотой над уровнем моря. Траектория движения машинно-тракторного агрегата в виде контурного трека изображается на курсоуказателе, расположенном в кабине трактора (см. рис. 1в).

Контурное глубокое рыхление выполняют с вертикальным мульчированием почвы на склоне путем применения машинно-тракторного агрегата, состоящего из трактора Агромаш-90ТГ и глубокорыхлитель-мульчирователя. Глубокорыхлитель-мульчирователь состоит из рамы с установленным на ней рыхлителем. В горизонтальной плоскости к раме за рыхлителем под определенным углом к направлению движения крепятся симметрично два бруса, на которых с внутренней стороны через одинаковое расстояние под острым углом установлены оси с закрепленными

шарнирно-игольчатыми дисками. На концах брусьев прикреплены поводки с размещенным на оси диском, имеющим вырезы по периферии и вращающимся в вертикальной плоскости, проходящей через центральную ось машины. В итоге получают обработанный участок агроландшафта как результат реализации способа контурной глубокой обработки почвы на склоновых землях с возможностью проведения ее мульчирования (см. рис. 1г).

Цифровая модель рельефа на водосборной площади позволяет задать траекторию движения машинно-тракторного агрегата по горизонтали склона H в процессе контурного глубокого рыхления с вертикальным мульчированием.

Результаты исследований и обсуждение

Предварительные исследования по реализации новой технологии проводились на склоновых землях научно-производственного полигона «Семьянское» в Ворытинском районе Нижегородской области.

Было выбрано поле площадью 116 га (рис. 2), на котором выращивали зерновые культуры.

С северо-восточной стороны участок ограничивает автомобильная магистраль с твердым покрытием М-7 «Волга», к юго-восточной границе примыкает подъездная автомобильная дорога к населенному пункту д. Семьяны. В средней части имеют начало два оврага, занимающие площадь соответственно 22 и 0,6 га. На фрагменте спутникового снимка сельскохозяйственного поля отмечены границы участка со сложным рельефом, которые имеют максимальную высоту над уровнем моря 128 м, и бровка большого оврага, наименьшая точка над уровнем моря на поле – 116, в овраге – 106 м. Таким образом, на имеющемся склоне перепад высот достигает более 20 м, а величина меняется от 0,5 до 4,6°.

На рис. 3 показано расположение обработанных участков почвы по горизонталям с шагом $\Delta H = 2$ м (а) и по профилю склона (б). Точки А, Б, В, Г показывают проекции горизонталь-

ных уровней с шагом по вертикали 2 м на поверхности агроландшафта.

Как правило, за первую горизонталь склона H принимают горизонталь, приближенную к водораздельной линии (см. рис. 3б). По завершении гона на обрабатываемом участке машинно-тракторный агрегат каждый раз переезжает по склону на горизонталь $H + \Delta H$, где ΔH – величина, определяемая гидродинамической характеристикой подстилающей поверхности агроландшафта [15].

Определение этой величины как перепада высот для горизонталей ΔH по склону проводят через известную формулу для определения потенциального смыва почвы:

$$M = h n m \sigma \lambda l i \beta \acute{\alpha} k, \quad (1)$$

где h – насыщенность выпадающих осадков и мощность таяния снежного покрова;

n – показатель типа почвы;

m – показатель механического состава почвы;

σ – коэффициент, учитывающий количество поверхностного стока;

λ – коэффициент, определяющий состояние почвы, подвергнувшейся воздействию потоков жидкости;

l – расстояние рассматриваемого склонового участка;

i – покатость участка;

$\acute{\alpha}$ – коэффициент, определяющий экспозицию рассматриваемого участка;

β – коэффициент, определяющий форму участка;

k – коэффициент, определяющий подверженность культур эрозионным процессам.

Перепад высот для горизонталей ΔH выражают через произведение длины участка склона на его уклон по выражению

$$\Delta H = l \sin \alpha = li, \quad (2)$$

где α – угол склона, град.

Подставив выражение (2) в (1), находят перепад высот для горизонталей по склону при минимальном потенциальном смыве почвы M_{min} :

$$\Delta H = M_{min} / (h n m \sigma \lambda \beta \acute{\alpha} k). \quad (3)$$

Определяют перепад высот для горизонталей по склону при минимальном потенциальном смыве почвы



Рис. 2. Фрагмент спутникового снимка сельскохозяйственного поля:
1 – границы участка со сложным рельефом;
2 – бровка оврага

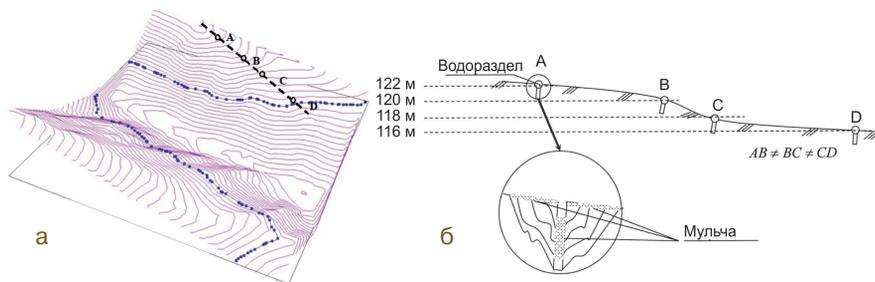


Рис. 3. Расположение обработанных участков почвы по горизонталям с шагом $\Delta H = 2$ м на фрагменте цифровой модели рельефа (а) и по профилю склона (б)

по гидродинамической характеристике подстилающей поверхности агроландшафта, учитывающей тип почв, их механический состав, степень смытости, экспозицию склона, его форму и эрозионную опасность культур [15].

Широкие исследования контурной обработки почвы на склоне подтверждают значительное уменьшение величины стока на сельскохозяйственных угодьях. Например, в работе [12] указывается, что потери стока сокращались до 23,3 %, а эрозия почвы уменьшалась до 73,7%, когда направление обработки почвы было изменено на 90° – с продольного на поперечный проход техники на склоне. Поэтому для более эффективного сохранения почвы и воды на склонах сельскохозяйственных угодий были рекомендованы контурные технологии обработки почвы и мульчирования соломой.

Выводы

1. Предлагаемая интеллектуальная технология контурной глубокой обработки почвы на склоновых землях с возможностью проведения ее мульчирования в системе точной мелиорации позволяет:

- существенно влиять на поверхностный сток атмосферных осадков путем снижения скорости потока, увеличения инфильтрации воды и перехватывания отложений почвы;

- достичь повышения точности и эффективности выполнения операции контурного глубокого рыхления почвы МТА на участках склоновых земель.

2. Исследования необходимо продолжать для совершенствования технологий точной агроландшафтной мелиорации и получения характеристик перераспределения кинетической энергии, гидравлических характеристик поверхностного стока и точной фитомелиораций для укрепления почвы корнями культурных растений при различных схемах их посадки, направлению их рядов или мерах по мульчированию.

Список

использованных источников

1. Li D.D., Chen X.Y., Han Z., Gu X.J., Li Y.H. Determination of rill erodibility and critical shear

stress of saturated purple soil slopes // *Int. Soil Water Conserv. Res.* 2022. 10 (1), pp. 38-45. DOI: 10.1016/j.iswcr.2021.04.013.

2. Auerswald K., Fiener P., Dikau R. Rates of sheet and rill erosion in Germany – a meta-analysis // *Geomorphology*. 2009. 111 (3–4), pp. 182-193. DOI: 10.1016/j.geomorph.2009.04.018.

3. Han Z., Chen X.Y., Li Y.H., Chen S.Q., Gu X.J., Wei C.F., Naeth M.A. Estimating rill erosion and sediment transport processes along a saturated purple soil slope // *Can. J. Soil Sci.* 2021. 101(3), pp. 507-516. DOI: 10.1139/cjss-2020-0119.

4. Huang Y.H., Chen X.Y., Li F.H., Zhang J.W., Lei T.W., Li J., Chen P., Wang X.F. Velocity of water flow along saturated loess slopes under erosion effects // *J. Hydrol.* 2018. 561, pp. 304-311. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2018.03.070.

5. Koiter A.J., Owens P.N., Petticrew E.L., Lobb D.A. The role of soil surface properties on the particle size and carbon selectivity of interrill erosion in agricultural landscapes // *Catena*. 2017. 153, pp. 194-206. DOI: 10.1016/j.catena.2017.01.024.

6. Parsons A.J., Stone P.M. Effects of intra-storm variations in rainfall intensity on interrill runoff and erosion // *Catena*. 2006. 67(1), pp. 68-78. DOI: 10.1016/j.catena.2006.03.002.

7. Wang C., Wang B., Wang Y., Wang Y., Zhang W., Zhang X.J. Rare earth elements tracing interrill erosion processes as affected by near-surface hydraulic gradients // *Soil Tillage Res.* 2020. 202, p. 104673. DOI: 10.1016/j.still.2020.104673.

8. Dai J., Zhang J., Zhang Z., Jia L., Xu H., Wang Y. Effects of water discharge rate and slope gradient on runoff and sediment yield related to tillage erosion // *Arch. Agron. Soil Sci.* 2020. 67 (6), pp. 849-861. DOI: 10.1080/03650340.2020.1766676.

9. Maksimov I.I., Vasilyev S.A., Vasilyev A.A. Mechanized application of ameliorants for preservation of soil moisture on cultivated lands // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. C. 012027.

10. Longshan Zhao, Qian Fang, Rui Hou, Faqi Wu. Effect of rainfall intensity and duration on soil erosion on slopes with different microrelief patterns // *Geoderma*. Elsevier-Volume 396, August 2021, 115085. DOI:10.1016/j.geoderma.2021.115085.

11. Joanna C. Niziolomski, Robert W. Simmons, Mike J. Hann. Efficacy of mulch and tillage options to reduce runoff and

soil loss from asparagus interrows // *CAT-ENA1*, April 2020, Volume 191, Article 104557. DOI: 10.1016/j.catena.2020.104557.

12. Патент № 2255450 РФ, С2, А01В. Способ обработки склоновых почв : № 2002108073 : заявл. 29.03.2002 : опубл. 10.07.2005 / Михайлин А.А.

13. Патент № 2487518 РФ, С2, А01В. Способ безотвальной обработки склоновых земель : № 2011140904 : заявл. 07.10.2011 : опубл. 20.07.2013; бюл. № 20 / Ю.В. Матяшин, А.Р. Валиев, Р.И. Сафин [и др] : заяв. ФГБОУ ВПО «Казанский ГАУ».

14. Васильев С.А. Особенности применения противозерозионных мелиоративных мероприятий на различных по форме склоновых агроландшафтах // *Природообустройство*. 2016. № 4. С. 86-92.

15. Васильев С.А., Максимов И.И. Агроландшафтная мелиорация склоновых земель. Чебоксары, 2019.

Intelligent Contour Deep Loosening Technology with Vertical Mulching of Soil on Sloping Lands in the Precision Farming System

S.A. Vasiliev

(ChSU named after I.N. Ulyanov, Nizhny Novgorod State Engineering and Economics University)

A.A. Vasiliev, V.E. Tarkivsky

(Novokubansk branch FGBNU "Rosinformagrotech" [KubNIITiM])

I.I. Maksimov

(Chuvash State Agrarian University)

Summary. The authors present the results of the development of anti-erosion technology for contour deep soil loosening with vertical mulching on slope lands, methods for constructing current digital terrain models, as well as design features of technical means. It is proposed to use contour reclamation techniques with soil protection measures and an appropriate system of machines, which makes it possible to influence the surface runoff of atmospheric precipitation by reducing flow speed, increasing water infiltration and intercepting soil sediments. Together, this helps to increase the accuracy and efficiency of the contour deep loosening operation.

Key words: intelligent technology, deep loosening, vertical mulching, slope lands, precision reclamation.

УДК 636.084.74

DOI: 10.33267/2072-9642-2024-4-14-18

Концептуальное решение по роботизации процесса раздачи кормосмесей на молочной ферме КРС

С.М. Михайличенко,

канд. техн. наук, доц.,
S.M.Mikhailichenko@yandex.ru
(ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА
им. К.А. Тимирязева»);

А.И. Купреенко,

д-р техн. наук, проф.,
kupreenkoai@mail.ru
(ФГБОУ ВО «Брянский ГАУ»);

Д.Ю. Павкин,

канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,
dimqaqa@mail.ru

Е.А. Никитин,

канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,
evgeniy.nicks@yandex.ru

Д.А. Благов,

канд. биол. наук, ст. науч. сотр.,
aspirantya2013@gmail.com
(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Аннотация. Рассмотрен производственный опыт эксплуатации подвесных роботизированных кормораздатчиков DeLaval RA 135 в К(Ф)Х «Лопотов А.Н.» Псковской области. Изучены недостатки применяемой системы кормления. Предложена концептуальная модель роботизированной системы кормления КРС, включающей в себя колесные роботизированные кормораздатчики, автоматизированные бункеры-накопители и мобильный смеситель-раздатчик кормов для загрузки бункеров-накопителей и кормления животных на выгульно-кормовых площадках.

Ключевые слова: кормление КРС, роботизация, автоматическая система кормления, роботизированный кормораздатчик.

Постановка проблемы

Развитие сельского хозяйства и, в частности, молочного скотоводства идет по пути автоматизации технологических процессов, что обусловлено необходимостью повы-

шения эффективности производства в условиях нехватки трудовых ресурсов. Новшества позволяют более полно реализовывать генетический потенциал животных, рационально использовать корма, энергетические, финансовые и трудовые ресурсы, основные фонды и получать высококачественную, экологически чистую продукцию [1]. Данные технологии, получившие первоначально широкое распространение в западных странах, в настоящее время активно применяются и в России. Например, уже не являются редкостью молочные фермы, на которых используются доильные роботы, роботы-пододвигатели кормов. В ФГБНУ ФНАЦ ВИМ ведутся активные работы по созданию отечественных прототипов роботизированных устройств, призванных заместить импортные аналоги [2, 3].

Однако необходимо отметить, что широко распространенные в западных странах автоматические системы кормления (АСК) [4-6] не нашли применения в России. Из открытых источников известны единичные случаи внедрения данных систем в нашей стране. Наиболее функциональные технически сложные АСК, позволяющие полностью автоматизировать процесс приготовления и раздачи кормосмесей (Lely Vector, Jeantil Automatic Feeding, Triliet T30, Triliet T40 и др.), отличаются высокой стоимостью [7, 8]. Основной причиной их использования на зарубежных фермах является снижение трудоемкости выполняемых работ и, соответственно, экономия на выплатах заработной платы [6]. Например, в Италии в 2018 г. оплата труда механизатора составляла 15 €/ч, или 105 € за смену 7 ч [9].

В России при относительно невысоком уровне оплаты труда вне-

дрение дорогостоящих высокоавтоматизированных систем не приводит к столь существенному снижению расходов, делая их применение экономически невыгодным. Одним из немногих хозяйств, где подобные системы применяются, является К(Ф)Х «Лопотов А.Н.» в Псковской области [10]. Однако ввиду своей простоты принятая система кормления обладает рядом недостатков и требует совершенствования, что также подтверждается практикой – с 2013 г. данная технология так и не была внедрена в других хозяйствах.

Цель исследования – разработка концептуального решения по роботизации процесса раздачи кормосмесей крупному рогатому скоту на примере К(Ф)Х «Лопотов А.Н.» Псковской области с перспективой дальнейшего внедрения на отечественных фермах и комплексах.

Материалы и методы исследования

К(Ф)Х «Лопотов А.Н.» (бывшая ферма «Дашенька») расположено в с. Ротово Печорского района Псковской области. Общая численность стада 1007 животных, в том числе 500 дойных коров. В 2013 г. была проведена реконструкция, в ходе которой два коровника были переведены с привязного содержания на беспривязное. При этом в каждом коровнике кормовые проезды, приспособленные для работы мобильного кормораздатчика, были заменены на один кормовой проход шириной 2 м для перемещения подвешенного роботизированного кормораздатчика DeLaval RA 135 (рис. 1). Такое решение позволило увеличить полезную площадь помещений и разместить в них дополнительно по 50 животных.



Рис. 1. Вид коровника после реконструкции

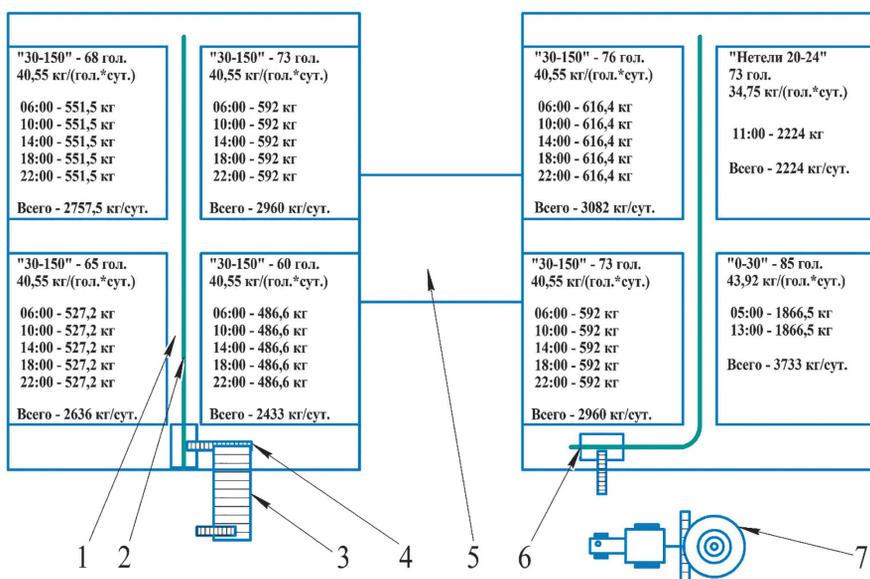


Рис. 2. План коровников № 1 (слева) и № 2 (справа):

- 1 – кормовой проход; 2 – подвесной рельсовый путь;
- 3 – бункер-накопитель (15 м³); 4 – ленточный транспортер;
- 5 – доильный зал;
- 6 – подвесной роботизированный кормораздатчик DeLaval RA135 (3,7 м³);
- 7 – мобильный смеситель-раздатчик кормов DeLaval VM12 (12 м³)

Применяемая в хозяйстве технология кормления, а также расположение групп животных, их численность, время начала кормления каждой группы и количество выдаваемого рациона за одно кормление и всего в сутки схематично представлены на рис. 2. Остальная часть стада содержится на выгульно-кормовых площадках, расположенных рядом с коровниками.

Для приготовления кормосмесей и их раздачи животным, расположенным на выгульно-кормовых площадках, а также для загрузки готовых кормосмесей во вмонтированный в стену коровника № 1 бункер-накопитель и робот через вмонтированный в стену коровника № 2 ленточный транспортер (рис. 3) используется мобильный смеситель-раздатчик кормов DeLaval VM 12. Значения плотности готовых кормосмесей варьируются в пределах 216-324 кг/м³, при этом максимальная масса загружаемых кормосмесей составляет:



Рис. 3. Бункер-накопитель в коровнике № 1 (слева) и ленточный транспортер в коровнике № 2 (справа)

- для мобильного СРК (емкость 12 м³) – 2594,4–3891,6 кг;
- для бункера-накопителя (15 м³) – 3243–4864,5 кг;
- для робота DeLaval RA 135 (3,7 м³) – 800–1200 кг.

В ходе посещения К(Ф)Х «Лопотов А.Н.» были выявлены следующие недостатки применяемой технологии кормления:

- при раздаче кормосмесей группам «Нетели 20-24» и «0-30» оператор мобильного СРК вынужден простаивать, поскольку для кормления каждой из этих групп роботизированному кормораздатчику требуется совершить 2-3 рабочих цикла, а его загрузка осуществляется напрямую из СРК через вмонтированный в стену ленточный транспортер;

- программирование работы кормораздатчика в коровнике № 2 затруднительно, поэтому его работа осуществляется преимущественно в ручном режиме, для чего требуется задействовать дополнительный персонал;

- для кормления животных (с 04:00 до 24:00) требуется организовывать две рабочие смены для операторов мобильного СРК.

Таким образом, ввиду своей простоты применяемая технология кормления в хозяйстве характеризуется рядом технологических недостатков, что не позволяет в полной мере реализовать потенциал роботизированных кормораздатчиков и, следовательно, требует дальнейшего совершенствования.

Результаты исследований и обсуждение

С целью устранения отмеченных недостатков предложена концептуальная модель системы кормления (рис. 4). Однако применительно к данному хозяйству целесообразно реализовывать не все предлагаемые решения. Например, внедрение колесных роботов не оправдано, поскольку в коровниках уже смонтированы рельсовые пути для работы подвесных кормораздатчиков. Хозяйство выбрано за основу, во-первых, для изучения передового опыта эксплуатации роботизированных

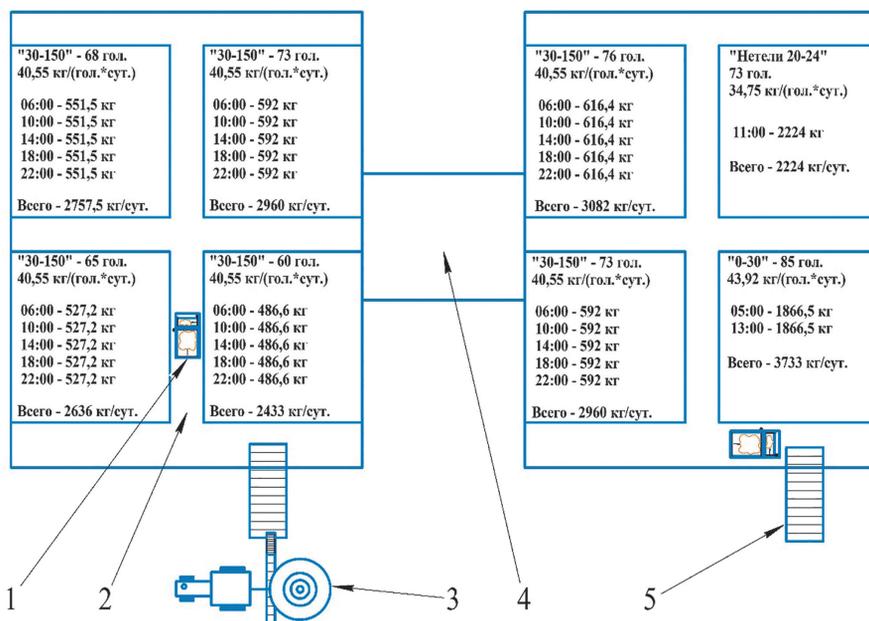


Рис. 4. Предлагаемая система кормления:

- 1 – колесный роботизированный кормораздатчик;
- 2 – кормовой проход;
- 3 – мобильный СРК с дополнительным транспортером;
- 4 – доильный зал;
- 5 – бункер-накопитель



Рис. 5. Мобильный смеситель-раздатчик кормов Jeantil MVV 12 с дополнительным транспортером

кормораздатчиков, во-вторых – для разработки концептуальной модели роботизированной системы кормления, адаптированной под условия на отечественных фермах.

Проведенный анализ роботизированных кормораздатчиков показал, что мировые производители начинают отказываться от выпуска подвесных моделей, отдавая предпочтение роботам колесного типа, для функционирования которых не требуется монтировать подвесные пути. Вопрос о том, какой из вариантов является

более предпочтительным – обслуживание каждого коровника отдельным роботом или обслуживание двух коровников одним роботом, а также решение задачи по определению оптимального объема работы требуют проведения дополнительного исследования.

Использование в предложенной системе мобильных СРК с дополнительным транспортером, например, от компании Jeantil (рис. 5), позволяет уменьшить количество требуемого технологического оборудования и

упростить процесс загрузки бункеров-накопителей, что особенно актуально для крупных животноводческих комплексов. В целом для России, в отличие от европейских стран, характерно наличие большого количества крупных хозяйств, в которых наблюдается высокая концентрация животных – 800-2000 коров и более [11]. При этом в России на крупных фермах (агрохолдингах) производится 35-40 % всего объема молока [12].

Установка бункеров-накопителей обеспечит возможность промежуточного хранения готовых кормосмесей и их автоматическую загрузку в роботизированный кормораздатчик. Один бункер-накопитель можно использовать для работы с несколькими рационами кормления, например, при организации труда следующим предложенным способом:

1. 04:00 – начало рабочей смены. Для кормления группы «0-30» оператор мобильного СРК готовит кормосмесь и до 05:00 выгружает ее в бункер-накопитель в коровнике № 2 (1866,5 кг – один рейс ≈ 30 мин).

Согласно наблюдениям и проведенным исследованиям, в среднем продолжительность одного рейса составляет 20-30 мин [13, 14].

2. Приготовление кормосмеси для раздачи группе «30-150» в 06:00 и 10:00 (6731,5 кг – 2-3 рейса в зависимости от плотности кормосмесей ≈ 60-90 мин):

- 4314,5 кг кормосмеси загружается в бункер-накопитель (коровник № 1);

- 2417 кг – в освободившийся бункер-накопитель (коровник № 2).

3. Приготовление и раздача кормосмесей животным на выгульно-кормовых площадках.

4. Приготовление кормосмеси для раздачи группе «Нетели 20-24» и выгрузка ее в бункер-накопитель до 11:00 (2224 кг – один рейс ≈ 30 мин).

5. Приготовление кормосмеси для раздачи группе «0-30» и выгрузка ее в освободившийся бункер-накопитель до 13:00 (1866,5 кг – один рейс ≈ 30 мин);

6. Заключительный этап – приготовление кормосмеси для раздачи

группе «30-150» в 14:00, 18:00 и 22:00 (10097 кг – 3-4 рейса ≈ 90-120 мин). Коровник № 2 – 3625 кг, коровник № 1 – 6472 кг (20-29,9 м³). Поскольку бункер-накопитель не способен вместить такой объем кормосмеси, возможно несколько вариантов решения:

- использовать бункер-накопитель большего объема;

- выгрузить кормосмесь в бункер-накопитель в коровнике № 1 → выгрузить 3625 кг кормосмеси в бункер-накопитель в коровнике № 2 → оставшуюся кормосмесь выгрузить в бункер-накопитель в коровнике № 1 после начала раздачи в 14:00. При необходимости возможно временное хранение кормосмеси в бункере мобильного СРК для дальнейшей ее загрузки в бункер-накопитель.

Результаты сравнительной оценки предложенной системы и системы типа Trioliet T30 с точки зрения требуемого технологического оборудования на примере К(Ф)Х «Лопотов А.Н.» представлены в виде таблицы. Для сравнения в скобках приводятся значения для четырех коровников.

Таким образом, предлагаемая концептуальная модель автоматической системы кормления по сравнению с зарубежными аналогами

требует меньшего количества технологического оборудования, причем эффект усиливается при увеличении количества коровников, оборудованных такой системой. Кроме того, это позволяет полностью автоматизировать процесс раздачи кормосмесей и повысить его производительность, поскольку роботизированный кормораздатчик загружается готовыми кормосмесями, в результате продолжительность простоев минимальна.

Кормораздатчики с продольным транспортером имеют более простую конструкцию по сравнению с устройствами со шнеками, они технологичнее в изготовлении и отличаются меньшей стоимостью. Процесс приготовления кормосмесей и их загрузка в бункеры-накопители по трудовым и энергетическим затратам сопоставимы с процессом наполнения автоматизированных хранилищ для концентрированных кормов и бункеров-накопителей для основных компонентов рационов кормления. Последний случай может оказаться более трудо- и энергозатратным при удаленном расположении хранилищ кормов от коровника, поскольку за один рейс погрузчик перевозит меньшее количество корма, чем мобильный СРК.

Сравнительный анализ аппаратно-технологической структуры автоматических систем кормления

Trioliet T30			Предлагаемая система	
Оборудование		Количество	Оборудование	Количество
Бункеры-накопители	кукурузный силос	1 (2)	Бункеры-накопители	2 (4)
	травяной силос	1 (2)		
	сенаж	1 (2)		
	солома	1 (2)		
Всего		4 (8)	Всего	2 (4)
Робот-кормораздатчик со шнеком		2 (4)	Робот-кормораздатчик с продольным транспортером	2 (4)
Мобильный СРК		1	Мобильный СРК с дополнительным транспортером	1
Автоматизированные хранилища для концентрированных кормов		3-5 (6-10)		
Дополнительно: возведение галереи для проезда роботов и размещения элементов АСК				

Выводы

1. Существующие на рынке технически сложные системы зарубежного производства, позволяющие полностью автоматизировать процесс приготовления и раздачи кормосмесей на фермах КРС, имеют высокую стоимость, в связи с чем их применение на отечественных фермах оказывается неэффективным.

2. Для повышения эффективности процессов, связанных с кормлением КРС, предложено использовать колесные роботизированные кормораздатчики в сочетании с бункерами-накопителями, предназначенными для промежуточного хранения и автоматизированной загрузки готовых кормосмесей в кормораздатчик. При этом один бункер-накопитель может применяться для работы с несколькими рационами.

3. Для приготовления кормосмесей, их загрузки в бункер-накопитель и кормления животных на выгульно-кормовых площадках целесообразно применять мобильный смеситель-раздатчик кормов с дополнительным транспортером.

4. Дальнейшим направлением исследования послужит моделирование работы роботизированного кормораздатчика с целью определения его оптимального объема и наиболее предпочтительной схемы работы (2 коровника – 2 робота или 2 коровника – 1 робот).

Список

используемых источников

1. **Острецов В.Н., Жильцов В.В.** Эффективность механизации животноводства // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2012. № 2(20). С. 115-119.

2. **Дорохов А.С., Никитин Е.А., Павкин Д.Ю.** Колесные роботизированные технические средства: опыт и перспективы использования на животноводческих комплексах // Техника и оборудование для села. 2022. № 4 (298). С. 16-21.

3. **Никитин Е.А., Дорохов А.С., Павкин Д.Ю.** Совершенствование технологии приготовления кормовой смеси при реконструкции кормовых площадок // Техника и оборудование для села. 2019. № 11 (269). С. 32-34.

4. **Pezzuolo A., Chiumenti A., Sartori L., Da Borso F.** Automatic feeding systems: evaluation of energy consumption and labour requirement in north-east Italy dairy farm // Engineering for Rural Development. 2016. Vol. 15. Pp. 882-887.

5. **Da Borso F., Chiumenti A., Sigura M., Pezzuolo A.** Influence of Automatic Feeding Systems on Design and Management of Dairy Farms // Journal of Agricultural Engineering. 2017. T. 48. No. 1s. Pp. 48-52. DOI: 10.4081/jae.2017.642.

6. **Grothmann A., Nydegger F., Häußermann A., Hartung E.** Automatic feeding system (AFS) – potential for optimisation in dairy farming // Landtechnik. 2010; 65(2): 129-131.

7. **Купреенко А.И., Исаев Х.М., Михайличенко С.М.** Автоматические системы кормления на молочных фермах КРС // Вестник Брянской ГСХА. 2018. № 3(67). С. 32-37.

8. **Федоренко В.Ф., Мишуров Н.П., Буклагин Д.С., Гольяпин В.Я., Голубев И.Г.** Цифровое сельское хозяйство: состояние и перспективы развития: науч. изд. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 316 с.

9. **Tangorra F.M., Calcante A.** Energy consumption and technical-economic analysis of an automatic feeding system for dairy farms: Results from a field test // Journal of Agricultural Engineering. 2018;

49(4): 228-232. <https://doi.org/10.4081/jae.2018.869>.

10. **Купреенко А.И., Исаев Х.М., Михайличенко С.М.** Эксплуатация автоматического кормовагона на молочной ферме // Сельский механизатор. 2018. № 6. С. 32-33, 40.

11. **Иванов Ю.А.** Результаты научных исследований по механизации и автоматизации животноводства // Техника и технологии в животноводстве. 2021. № 1(41). С. 4-11. DOI: 10.51794/27132064-2021-1-4.

12. **Ерохин М.Н., Дорохов А.С., Кирсанов В.В., Чепурина Е.Л.** Концепция построения регионального многофункционального сервисного центра по молочному животноводству // Агроинженерия. 2021. № 1 (101). С. 4-10. DOI: 10.26897/2687-1149-2021-1-4-10.

13. **Kupreenco A.I., Isaev Kh.M., Kuznetsov Yu.A., Mikhailichenko S.M., Kravchenko I.N., Kalashnikova L.V.** Modeling of mobile TMR mixer operation // INMATEH – Agricultural Engineering. 2020. Vol. 61. N 2. Pp. 193-198. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.35633/inmateh-61-21>.

14. **Семенухин А.М., Шварц С.А., Дзряян В.С.** Обоснование методики выбора измельчителей-смесителей-раздатчиков // Вестник аграрной науки Дона. 2017. № 1(37). С. 68-75.

Conceptual Solution for Robotizing the Process of Distributing Feed Mixtures on the Cattle Dairy Farm

S.M. Mikhailichenko

(RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev)

A.I. Kupreenco

(Bryansk State Agrarian University)

D.Yu. Pavkin, E.A. Nikitin, D.A. Blagov

(FGBNU FNATS VIM)

Summary. The article deals with the practice of operating suspended robotic feed dispensers DeLaval RA 135 in the farm "Lopotov A.N." in the Pskov region. The disadvantages of the feeding system applied have been studied. A conceptual model of the robotic cattle feeding system is proposed which includes wheeled robotic feed dispensers, automated storage bins and a mobile feed mixer-dispenser for loading storage bins and feeding animals at feedlots.

Key words: cattle feeding, robotization, automatic feeding system, robotic feed dispenser.





ufi
Approved
Event



33-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА



28-30 АВГУСТА 2024



ПОДПИСЫВАЙТЕСЬ
НА НАШ
TELEGRAM-КАНАЛ
@AGRORUS1

МЕЖДУНАРОДНЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ
ЭКСПОЗИЦИИ

ЦЕНТР ДЕЛОВЫХ
КОНТАКТОВ

ДЕЛОВАЯ, ФЕСТИВАЛЬНАЯ
И КОНКУРСНАЯ ПРОГРАММА



КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
ЭКСПОФОРУМ
ПЕТЕРБУРГСКОЕ ШОССЕ, 64/1

AGRORUS.EXPOFORUM.RU
ТЕЛ.: +7 (812) 240-40-40, ДОБ. 2980, 2427



0+

УДК 631.31

DOI: 10.33267/2072-9642-2024-4-20-23

Качественные показатели парового культиватора

Г.Г. Пархоменко,

канд. техн. наук,
вед. науч. сотр.,
parkhomenko.galya@yandex.ru
(ФГБНУ АНЦ «Донской»);

Д.С. Подлесный,

вед. инженер,
ст. препод.,
podlesniy.dmitri@yandex.ru

С.И. Камбулов,

д-р техн. наук, доц.,
проф. кафедры, гл. науч. сотр.,
kambulov.s@mail.ru
(ФГБНУ АНЦ «Донской», ФГБОУ ВО ДГТУ);

И.В. Божко,

канд. техн. наук,
ст. науч. сотр.,
i.v.bozhko@mail.ru
(ФГБНУ АНЦ «Донской»)

Аннотация. Рассмотрены результаты испытаний парового культиватора. По качественным показателям новый паровой культиватор характеризуется лучшей устойчивостью хода. При сравнении его с КСОП установлено, что по допускаемой высоте гребней агротехническим требованиям соответствует только новый паровой культиватор. Качество крошения пласта у него выше, чем у КСОП, на 11,2-12,7%. КСОП способствует увеличению содержания эрозионно опасных частиц в верхнем слое почвы.

Ключевые слова: паровой культиватор, почва, качественные показатели, рабочий орган.

Постановка проблемы

Паровые культиваторы предназначены для ухода за парами и сплошной предпосевной обработки почвы [1-4]. После прохода парового культиватора поверхность поля должна быть выровненной, с полностью подрезанной сорной растительностью, почва мелкокомковатой структуры с уплотнением подповерхностного слоя, которое достигается прикатыванием.

Навесное агрегатирование парового культиватора с трактором по сравнению с прицепным позволяет повысить значение коэффициента рабочего хода агрегата в среднем на 8,5%, что оказывает положительное влияние на производительность [5].

Отмечается, что из-за недостатков конструкции паровых культиваторов в части увеличенного расстояния между опорным колесом и рабочими органами ухудшается качество обработки почвы, в частности, равномерность

глубины хода [6]. Разрабатываются конструкции, обеспечивающие устойчивость работы парового культиватора без опорных колёс [7]. При этом навесные паровые культиваторы обладают меньшей продольной устойчивостью при транспортировании [8]. Рама парового культиватора может быть универсальной шарнирно-секционной [9, 10], ее длина определяется по заданному соотношению в соответствии с требуемой мощностью трактора.

При этом для соблюдения агротехнических требований по равномерности глубины рыхления паровые культиваторы должны иметь обоснованные габаритные размеры [11-13]. Равномерность глубины обработки почвы регулируется посредством установки высоты опорного колеса относительно рамы парового культиватора.

Культиваторы для сплошной обработки почвы (КСОП) полуприцепные к тракторам тяговых классов 1,4, 3, 5 с шириной захвата 4, 6, 12 м соответственно (КСОП-4, КСОП-5, КСОП-6Н, КСОП-12) также выполняют культивацию паровых полей. Недостатком данных машин является ограниченное применение, поскольку, по данным испытаний на МИС, они не предназначены для обработки почвы, подверженной воздействию эрозионных процессов.

Цель исследований – сравнительная оценка качественных показателей нового парового культиватора и культиватора для сплошной обработки почвы (КСОП).

Материалы и методы исследования

Качественные показатели технологического процесса определялись после прохода нового парового культиватора и КСОП при единообразии почвенно-климатических условий и идентичности режимов функционирования (рис. 1).

Новый паровой культиватор содержит два ряда основных рабочих органов, состоящих из стойки с долотом и последовательно установленных на ней лево- и правосторонних плоскорезов (рис. 2), и приспособление для дополнительной обработки почвы в виде катка с зубчатыми прутками, расположенными не под прямым углом к направлению движения.

КСОП состоит из рядов стрельчатых лап и шлейфов зубовых борон.

Перечень определяемых качественных (агротехнических) показателей сравниваемых культиваторов:

- устойчивость по глубине обработки почвы;
- гребнистость поверхности поля после обработки;
- степень крошения пласта;
- содержание эрозионно опасных частиц в верхнем слое почвы после прохода рабочих органов.



а



б

Рис. 1. Сравнимые культиваторы:
а – новый паровой культиватор; б – КСОП



Рис. 2. Основной рабочий орган нового парового культиватора



Рис. 3. Определение гребнистости почвы

Глубину и гребнистость определяли с помощью линеек (рис. 3).

Для определения степени (качества) крошения использовалась палетка (0,5×0,5 м), разделённая на квадраты 25×25 мм, накладываемая на обработанный слой для количественного учёта комков, превышающих 25 мм (рис. 4).



Рис. 4. Определение степени крошения пласта с помощью палетки

Помимо этого, качество крошения определяли весовым способом – посредством выемки пробы обработанной почвы и взвешивания отдельных фракций, содержание эрозионно опасных частиц в верхнем слое почвы – весовым методом.

Результаты исследований и обсуждение

Анализ полученных показателей свидетельствует о том, что новый паровой культиватор и КСОП обеспечивают соблюдение агротехнических требований по устойчивости глубины обработки почвы: среднее квадратическое отклонение ($\pm 1,1-1,6$ см) не превышает допустимое (± 2 см). При этом у нового парового культиватора коэффициент вариации глубины обработки почвы (15,3%) ниже, чем у КСОП (25%), что характеризует меньший разброс значений относительно средней величины, т.е. лучшую устойчивость хода.

Результаты сравнительных исследований по устойчивости глубины обработки почвы, гребнистости, качеству крошения пласта, наличию эрозионно опасных частиц приведены в табл. 1-3.

Таблица 1. Результаты сравнения нового парового культиватора с КСОП по устойчивости глубины обработки почвы и гребнистости

Показатели	Новый культиватор	КСОП
Заданная глубина, см	6-8	
Фактическая глубина в среднем, см	7,2	6,4
Среднее квадратическое отклонение глубины, \pm см	1,1	1,6
Коэффициент вариации глубины, %	15,3	25
Высота гребней, см	2	4
	2	5
	3	5
	2	6
Гребнистость в среднем, см	2,3	5

Таблица 2. Результаты сравнения нового парового культиватора с КСОП по качеству крошения пласта

Метод определения качества крошения	Содержание комков размером менее 25 мм, %	
	новый культиватор	КСОП
Подсчёт комков с помощью палетки	94	82
	95	82
	94	85
	91	83
В среднем	93,5	83
Выемкой пробы почвы с последующим взвешиванием комков	92,4	81,8
	91,8	83
	97	83,7
	95,6	80,1
В среднем	94,2	82,2

Таблица 3. Результаты сравнения нового парового культиватора с КСОП по содержанию эрозионно опасных частиц

Показатели	Значение, %	
	новый культиватор	КСОП
Содержание эрозионно-опасных частиц в верхнем слое почвы после ее обработки	11,2	20,9
	12,8	22,9
	12,5	23
	12,9	23,1
	13,6	21,4
В среднем	12,6	22,3
Содержание эрозионно опасных частиц в верхнем слое почвы до ее обработки в среднем (контроль)	22,1	
Изменение содержания эрозионно-опасных частиц в верхнем слое почвы после ее обработки	Снижается на 9,5	Увеличивается на 0,2

По допускаемой высоте гребней (до 4 см) агротехническим требованиям соответствует только новый паровой культиватор (гребнистость в среднем составила 2,3 см). КСОП обеспечивает гребнистость почвы 5 см, что выходит за пределы допуска по данному показателю и не соответствует агротехническим требованиям.

Повышенная гребнистость поверхности поля после прохода КСОП обусловлена использованием в конструкции культиватора зубовых борон, которые после обработки почвы стрелчатými лапами (обеспечивающими выполнение агротехнических требований по данному показателю, согласно результатам исследования рабочих органов) создают дополнительные неровности в виде гребней.

По качеству крошения новый паровой культиватор и КСОП выполняют агротехнические требования: комков размером менее 25 мм в обработанном слое почвы содержится 93,5-94,2 % и 82,2-83% соответственно при допускаемом значении данного показателя не менее 80%. Степень измельчения комков (качество крошения пласта) у нового парового культиватора выше на 11,2-12,7% по сравнению с КСОП.

Большая интенсивность измельчения комков почвы и лучшая выровненность поверхности поля после прохода нового парового культиватора просматриваются на обработанном фоне (рис. 5).

Следует отметить, что по количеству эрозионно опасных частиц в верхнем слое почвы КСОП также демонстрирует худшие показатели по сравнению с новым паровым культиватором, увеличивая их содержание на 0,2% в среднем, а по отдельным опытам – до 1%. Агротехническими требованиями допускается отсутствие явного снижения содержания эрозионно опасных частиц в верхнем слое почвы после прохода культиватора, но их увеличения быть не должно. Новый паровой культиватор обеспечивает снижение содержания эрозионно опасных частиц в верхнем слое почвы на 9,5% в среднем.

Из недостатков конструкции нового рабочего органа культиватора следует отметить залипание межпрутковое пространства катка (рис. 6).



а



б

Рис. 5. Обработанный фон: а – после прохода нового парового культиватора; б – после прохода КСОП



Рис. 6. Залипание катка

Данный недостаток конструкции нового парового культиватора будет устранён в ходе дальнейших исследований.

Выводы

1. По качественным показателям новый паровой культиватор характеризуется лучшей устойчивостью хода, поскольку коэффициент вариации глубины обработки почвы (15,3%) ниже, чем у КСОП (25%). По допускаемой высоте гребней агротехническим требованиям соответствует только новый паровой культиватор.

2. Качество крошения пласта у нового парового культиватора выше на 11,2-12,7% по сравнению с КСОП. Последний способствует увеличению содержания эрозионно опасных частиц в верхнем слое почвы до 1%. Новый паровой культиватор обеспечивает их снижение на 9,5% в среднем.

Список использованных источников

1. Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Шогенов Ю.Х. Научно-технические достижения агроинженерных научных учреждений для производства основных групп сельскохозяйственной продукции // Техника и оборудование для села. 2021. № 4(286). С. 2-11. DOI: 10.33267/2072-9642-2021-4-2-11. EDN: LAQWUU.
2. Полохин А.М., Шманев Н.Д., Анненков Д.А. Современные сельскохозяйственные машины. ВЭМЗ КПП-8В и Кормаш КПС-4-3Р // Ресурсосберегающие технологии при хранении и переработке сельскохозяйственной продукции: матер. XIV Междунар. науч.-практ. семинара (Орел, 28-29 июня 2018 г.). Орёл: ООО Полиграфическая фирма «Картуш», 2018. С. 220-223. EDN: LWUNSP.
3. Руководство по ремонту и регулировке культиваторов // С.-х. техника: обслуживание и ремонт. 2018. № 10. С. 46-56. EDN: VLQOON.
4. Пузевич Е. Культиватор: сильное звено аграрной стратегии // АгроФорум. 2021. № 2. С. 24-33. EDN: GOBQJG.
5. Каймакова А.С., Горбатько А.П., Сафаров Р.Р., Иванов П.А. Оценка влияния способа соединения широкозахватного культиватора и трактора на кинематику агрегата // Активная честолюбивая интеллектуальная молодёжь сельскому хозяйству. 2020. № 2(9). С. 41-47. EDN: EUJCOO.

6. Руденко Н.Е., Кайванов С.Д., Заявлик Ф.Н. Инновационная стрельчатая почвообрабатывающая лапа // С.-х. машины и технологии. 2016. № 6. С. 16-20. DOI: 10.22314/207375992016.6.1620. EDN: XGVRGV.
7. Сазонов М.В. Анализ технологической устойчивости хода комбинированного рабочего органа по глубине обработки почвы // Инновационные достижения науки и техники АПК: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. (Кинель, 13-16 декабря 2016 г.). Кинель: Самарская ГСХА, 2017. С. 666-673. EDN: ZBRERZ.
8. Припоров Е.В. Рабочие органы паровых культиваторов // Электронный научный журнал. 2016. № 8(11). С. 48-52. EDN: WKUFZR.
9. Патент № 2354089 С1 Российская Федерация, МПК А01В 33/00, А01В 59/04. Паровой культиватор (варианты): № 2007130021/11; заявл. 06.08.2007; опубл. 10.05.2009 / Л.Н. Бурков. EDN: ZHITOX.
10. Патент на полезную модель № 132670 U1 Российская Федерация, МПК А01В 49/02, А01В 35/00. Универсальная рама многофункционального сельскохозяйственного агрегата и многофункциональный сельскохозяйственный агрегат (варианты): № 2012157759/13; заявл. 28.12.2012; опубл. 27.09.2013 / Т.А. Хиникадзе. EDN: FCXITP.
11. Пархоменко Г.С., Пархоменко С.Г., Пархоменко Г.Г. Расчет в Mathcad рабочих режимов тягово-приводных машинно-тракторных агрегатов // Достижения науки – агропромышленному производству : матер. XLIV Междунар. науч.-техн. конф.: в 4-х ч. (Челябинск, 26-27 января 2005 г.). Ч. 2. Челябинск: Челябинский ГАУ, 2005. С. 271-275. EDN: TUURNF.
12. Пархоменко Г.С., Пархоменко С.Г., Пархоменко Г.Г. Моделирование на ПЭВМ по программному комплексу «МВТУ» усовершенствованной силовой САР трактора МТЗ-80 // XLIII науч.-техн. конф. по результатам исследований за 2003 г.: матер науч.-техн. конф. (Челябинск, 29-31 января 2004 г.) В 3-х ч. Ч. 3. Челябинск: Челябинский ГАУ, 2004. С. 22-26. EDN: TUNIVN.
13. Патент № 2085891 С1 Российская Федерация, МПК G01M 17/02. Шинный тестер: № 95111419/11; заявл. 03.07.1995; опубл. 27.07.1997 / С.Г. Пархоменко, В.Г. Яровой, В.А. Кравченко, И.М. Меликов; заявитель Азово-Черноморский институт механизации сельского хозяйства. EDN: OKPHZD.

Quality Indicators of the New Field Cultivator

G.G. Parkhomenko

(FGBNU ASC "Donskoy")

D.S. Podlesny, S.I. Kambulov

(FGBNU ASC "Donskoy", Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education DSTU)

I.V. Bozhko

(FGBNU ASC "Donskoy")

Summary. *The results of testing a new field cultivator are considered. In terms of quality indicators the new field cultivator is characterized by better stability of work. When comparing the new field cultivator with the overall tillage cultivator in terms of the permissible height of the ridges only the new field cultivator meets the agrotechnical requirements. The new cultivator's quality of furrow-slice crumbling is better than that of the overall tillage cultivator by 11.2-12.7%. Overall tillage cultivator increases the content of the erosion hazardous particles in the top layer of soil.*

Key words: field cultivator, soil, quality indicators, working tool.

УДК 629.3.01

DOI: 10.33267/2072-9642-2024-4-24-29

Анализ технических характеристик сельскохозяйственных тракторов тягового класса 0,9

И.А. Старостин,*канд. техн. наук,
ст. науч. сотр.,
starwan@yandex.ru***С.А. Давыдова,***канд. техн. наук,
вед. науч. сотр.,
davidova-sa@mail.ru***А.В. Ещин,***канд. техн. наук,
ст. науч. сотр.,
eschin-vim@yandex.ru
(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);***В.Я. Гольяпин,***канд. техн. наук,
вед. науч. сотр.,
infrast@mail.ru
(ФГБНУ «Росинформагротех»)*

Аннотация. Проведен сравнительный анализ технических характеристик тракторов сельскохозяйственного назначения тягового класса 0,9, выявлены их отличительные особенности и тенденции развития.

Ключевые слова: трактор, техническая характеристика, двигатель, трансмиссия, вал отбора мощности, гидравлическая система, навесная система.

Колесные сельскохозяйственные тракторы тягового класса 0,9 в большинстве случаев являются универсально-пропашными и предназначены для выполнения широкого спектра низкоэнергоемких сельскохозяйственных работ в животноводстве, садоводстве, овощеводстве открытого и закрытого грунта, селекции и семеноводстве. Наиболее эффективно тракторы данного класса используются в личных подсобных и крестьянских (фермерских) хозяйствах для выполнения различных технологических операций на небольших участках и на вспомогательных работах в крупных хозяйствах.

По экспертным оценкам, для формирования оптимального тракторного парка страны, обеспечивающего удовлетворение технологических потребностей сельскохозяйственных товаропроизводителей, в настоящее время необходимо чтобы в его составе эксплуатировалось не менее 19,4 тыс. колесных сельскохозяйственных тракторов тягового класса 0,9 [1], при этом дефицит данных тракторов оценивается в более чем 3 тыс.

В Российской Федерации производство сельскохозяйственных тракторов тягового класса 0,9 осуществлялось на предприятиях ОАО «СарЭкс» (Агромаш-50 ТК, Агромаш-50 СШ) и ОАО ЧЛМЗ (Беларус-622). По данным аналитической компании «АСМ-холдинг», с 2019 г. их выпуск прекратился [2-6]. Однако в ближайшее время концерн «Тракторные заводы» намерен заключить с Правительством Российской Федерации инвестиционный контракт на разработку и производство новых современных колесных тракторов тяговых классов 0,9-1,4.

В настоящее время тракторы тягового класса 0,9 производятся Минским тракторным заводом (Беларусь), компаниями Branson, Kioti, ТУМ (Южная Корея), Case, John Deere (США), Shifeng, Dongfeng, Foton, Jinma (Китай), Iseki, Kubota, Yanmar (Япония), Mahindra (Индия).

На современный рынок сельскохозяйственных тракторов поставляются различные модели тягового класса 0,9. Производители данных тракторов повышают конкурентоспособность своей продукции, улучшая ее потребительские свойства, отслеживая и анализируя основные мировые тренды развития тракторной техники. Для сельхозтоваропроиз-

водителей важно выбирать тракторы, обеспечивающие наиболее высокие показатели производительности и экономической эффективности. В связи с этим для всех участников рынка сельскохозяйственного машиностроения особый интерес представляют результаты анализа потребительских свойств отечественных и зарубежных сельскохозяйственных тракторов тягового класса 0,9, их сравнительная оценка и направления дальнейшего развития.

Цель исследования – выявить основные отличительные особенности современных колесных сельскохозяйственных тракторов тягового класса 0,9 отечественного и зарубежного производства, тенденции и направления их дальнейшего развития.

Материалы и методы исследования

При проведении исследования использовался ГОСТ 27021-86 (СТ СЭВ 628-85) «Тракторы сельскохозяйственные и лесохозяйственные. Тяговые классы». Исследовались технические характеристики и конструктивные особенности современных сельскохозяйственных тракторов тягового класса 0,9, производящихся в странах СНГ, Китае, Южной Корее, Японии, Индии и США. Основой исследования послужили информационные материалы российских и зарубежных предприятий-изготовителей сельскохозяйственных тракторов, размещенные в открытых источниках.

Для проведения исследований из перечня выпускаемых тракторов мощностью от 45 до 65 л.с. были выбраны следующие модели: Агромаш 50 ТК, Беларус 622, Branson 5025С, Case jx 55Т, Dongfeng 454, Foton Lovol TA554, Iseki TG6495,

Jinma 504, John Deere 3050 B, Kioti NX5010, Kubota SL54H, Mahindra ARJUN NOVO 605 DI-I-4WD, Shifeng SF-504C, ТУМ Т503, Yanmar YM347, которые являются полноприводными колесными тракторами и имеют классическую компоновку.

В процессе исследования использовались такие методы, как информационный анализ и синтез, информационно-аналитический мониторинг, экспертный анализ.

Результаты исследований и обсуждение

По данным об эксплуатационной массе тракторов, представленным производителями, в соответствии с ГОСТ 27021-86 определены расчетные значения тягового усилия (рис. 1).

Результаты произведенных расчетов показывают, что наибольшим тяговым усилием обладает трактор Foton Lovol TA554, расчетные значения тягового усилия которого находятся на границе тяговых классов 0,9 и 1,4. Расчетные тяговые усилия тракторов Branson 5025C, Iseki TG6495, John Deere 3050 B, Kioti NX5010, Kubota SL54H, ТУМ Т503 и Yanmar YM347 находятся ниже об-

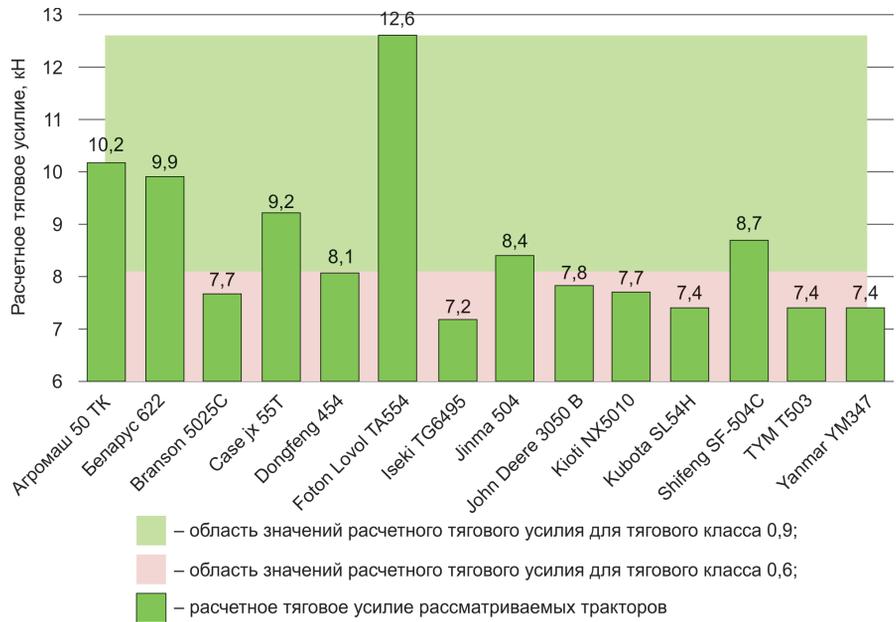


Рис. 1. Расчетное тяговое усилие сельскохозяйственных тракторов тягового класса 0,9 кН

ласти значений расчетного тягового усилия тракторов тягового класса 0,9, в связи с чем данные модели могут использоваться как тракторы тягового класса 0,9 только при их балластировании: Iseki TG6495 – не менее чем на 246 кг (13% от эксплуатационной массы), ТУМ Т503 – на 203 (11%), Kubota SL54H – на 191 (10%),

Yanmar YM347 – на 189 (10%), Branson 5025C – на 121 (6%), Kioti NX5010 – на 111 (6%), John Deere 3050 B – на 81 кг (4%). Рассчитать значение тягового усилия трактора Mahindra ARJUN NOVO 605 DI-I-4WD не представилось возможным ввиду отсутствия данных об эксплуатационной массе.

Таблица 1. Характеристики двигателей сельскохозяйственных тракторов тягового класса 0,9

Марка и модель трактора	Двигатель				Коэффициент запаса крутящего момента, %	Удельный расход топлива, г/кВт·ч	Экологический класс
	марка	мощность, кВт/л.с.	объем, л	максимальный крутящий момент, Н·м			
Агротраш 50 ТК	Д-130	33,1/45	3,1	177	15	241	Н.д.
Беларус 622	LDW2204T	46/62,5	2,1	174	18	329	Tier 3A
Branson 5025C	A2300T2-ATC	35/47	2,3	Н.д.	Н.д.	200	Н.д.
Case jx 55T	IVECO серии 8000	40/55	2,9	184	Н.д.	Н.д.	Tier 2
Dongfeng 454	Changchai 4G33T	33,1/45	3,3	Н.д.	Н.д.	242	Н.д.
Foton Lovol TA554	YTR 4105	40,4/55	3,8	165	35	243	Euro-2
Iseki TG6495	TY547F2E	35,1/48	2,2	140	Н.д.	Н.д.	Stage 5
Jinma 504	YD4100	36,8/50	3,7	Н.д.	Н.д.	Н.д.	Н.д.
John Deere 3050 B	XinChai	36,8/50	3,2	168	20	Н.д.	Tier 2
Kioti NX5010	3F183T	36,8/50	1,8	Н.д.	Н.д.	Н.д.	Stage 4
Kubota SL54H	Kubota V2403-CR-TE4	39,7/54	2,4	198	Н.д.	230	Tier 4
Mahindra ARJUN NOVO 605 DI-I-4WD	Mahindra MDI	41,6/55,7	3,5	213	33	Н.д.	Н.д.
Shifeng SF-504C	ZN498BT	36,8/50	3,2	Н.д.	Н.д.	243	Н.д.
ТУМ Т503	Perkins - C404D-22	37,3/50,7	2,2	143	Н.д.	238	Tier 4
Yanmar YM347	Yanmar 4TNV88C-XKITL	35/47	2,2	143	Н.д.	245	Н.д.

Рассматриваемые сельскохозяйственные тракторы (80%) оснащаются в основном четырехцилиндровыми дизельными двигателями. Трехцилиндровые двигатели устанавливаются на Агромаш 50 ТК, Case jx 55T и Kioti NX5010. Треть рассматриваемых тракторов имеют двигатели с турбонаддувом (Беларус 622, Foton Lovol TA554, Kioti NX5010, Kubota SL54H и ТУМ Т503), а 13% (Kioti NX5010 и Kubota SL54H) оснащаются системой подачи топлива Common Rail. Мощность установленных двигателей составляет преимущественно 47-55 л.с. (табл. 1).

Представленные в табл. 1 данные показывают, что большинство рассматриваемых тракторов (67%) имеют двигатели объемом 2,1-3,3 л и максимальным крутящим моментом 143-198 Н·м (53% моделей). Наибольший максимальный крутящий момент – у двигателя трактора Mahindra ARJUN NOVO 605 DI-I-4WD (213 Н·м), а наименьший – у Iseki TG6495 (140 Н·м). Коэффициент запаса крутящего момента рассматриваемых тракторов составляет 15-30%, а удельный расход топлива – 200-329 г/кВт·ч.

В Российской Федерации в настоящее время действуют экологические требования к тракторам, регламентированные ГОСТ Р 41.96-2011, эквивалентные нормам Stage III [7]. Данным требованиям не соответствуют тракторы Case jx 55T, Foton Lovol TA554 и John Deere 3050 В.

Все рассматриваемые модели тракторов оснащаются механическими коробками передач и в большинстве случаев двухдисковыми постоянно замкнутыми муфтами сцепления. При этом некоторые производители, в основном корейские, как альтернативу тракторам с механическими трансмиссиями предлагают модели с автоматическими бесступенчатыми трансмиссиями (в частности, марки Branson, Kioti, ТУМ). Основные характеристики механических трансмиссий рассматриваемых сельскохозяйственных тракторов приведены в табл. 2.

В трансмиссиях рассматриваемых тракторов число передач передне-

Таблица 2. Характеристика трансмиссий сельскохозяйственных тракторов тягового класса 0,9

Марка/модель трактора	Число передач вперед/назад	Скорость движения, min-max, км/ч	
		вперед	назад
Агромаш 50 ТК	8/6	1,5-28,7	1,5-28,7
Беларус 622	16/8	1,2-36,6	2,1-19,5
Branson 5025C	12/12	1,8-33,1	1,8-33,1
Case jx 55T	12/4	1,8-30,4	3,8-11,4
Dongfeng 454	12/4	1,6-36,5	4,2-14,1
Foton Lovol TA554	16/8	2-28,9	2,8-11,3
Iseki TG6495	24/24	0,6-33,7	0,6-33,7
Jinma 504	8/4	2,2-31,5	3,3-10,4
John Deere 3050 В	12/12	2,9-35	3,0-33,5
Kioti NX5010	24/24	0,2-25,3	0,1-14
Kubota SL54H	20/20	0,2-31	0,2-28
Mahindra ARJUN NOVO 605 DI-PS	15/15	1,7-33,5	1,6-32
Shifeng SF-504C	8/2	2-35	2,0-18,5
ТУМ Т503	16/16	0,7-33,7	0,6-25
Yanmar YM347	12/12	0,2-27,8	0,2-27,8

Таблица 3. Габаритные размеры, агротехнический просвет, маневренность и масса сельскохозяйственных тракторов тягового класса 0,9

Марка / модель трактора	Агротехнический просвет, мм	Колея передняя/задняя, мм	Колесная база, мм	Габаритные размеры, мм	Минимальный радиус разворота, м	Эксплуатационная масса, кг
Агромаш 50 ТК	510	1322-1522/ 1210-1484	2086	3740×1660×2540	5	2600
Беларус 622	560	1390-1530/ 1410-1830	1390	3450×1700×2380	3,9	2530
Branson 5025C	399	Н.д.	1806	3511×1650×2500	Н.д.	1960
Case jx 55T	380	1445-1875/ 1520-2033	2010	3930×1925×2540	5,1	2355
Dongfeng 454	370	1300 / 1200-1500	1980	3780×1615×2250	4,2	2060
Foton Lovol TA554	395	1400/1530	2188	4030×1650×2520	3,3	3210
Iseki TG6495	345	Н.д.	1895	3455×1340×2395	Н.д.	1835
Jinma 504	325	1550/1500	2010	4030×1650×2400	3,5	2148
John Deere 3050 В	305	1200-1300 / 1300-1500	1960	3570×2420×2000	3,8	2000
Kioti NX5010	350	1352 / 1324	1920	3547×1665×2390	3	1970
Kubota SL54H	431	1215 / 1140-1430	1910	3440×1545×2330	2,4	1890
Mahindra ARJUN NOVO 605 DI-I-4WD	Н.д.	Н.д.	2145	3630×Н.д.×2100	Н.д.	Н.д.
Shifeng SF-504C	380	1200-1500 / 1200-1500	1955	3595×1590×2320	3,4	2220
ТУМ Т503	350	1270, 1482/ 1246-1390	1927	3590×1793×2431	3,4	1878
Yanmar YM347	227	1265-1399 / 1319-1626	1925	3684×1420×2310	2,4	1892

го хода составляет от 8 до 24, при этом большинство тракторов (60%) имеют от 12 до 16 передач переднего хода. Число передач заднего хода составляет от 2 до 24, при этом большинство тракторов (60%) имеют от 4 до 12 передач заднего хода. Реверс на все передачи имеют 53% моделей. Наибольшее число передач – у тракторов Iseki TG6495 и Kioti NX5010 (по 24 передачи переднего и заднего хода).

Диапазон скоростей движения рассматриваемых моделей тракторов как вперед, так и назад – 0,2-33,7 км/ч. Минимальная скорость движения вперед большинства моделей тракторов – 0,6-2 км/ч (67%), максимальная – 30,4-35 км/ч. Минимальная скорость движения назад большинства (60%) тракторов – 0,6-3 км/ч, максимальная – 14-32 км/ч.

Длина рассматриваемых сельскохозяйственных тракторов составляет от 3440 (Kubota SL54H) до 4030 мм (Foton Lovol TA554 и Jinma 504), ширина – от 1340 (Iseki TG6495) до 2420 мм (John Deere 3050 B), высота – от 2000 (John Deere 3050 B – модификация без кабины) до 2540 мм (Агромаш 50 ТК и Case jx 55T) – табл. 3.

Поскольку тракторы тягового класса 0,9 в большинстве случаев относятся к универсально-пропашным, важнейшей сферой их применения является выполнение операций по уходу за пропашными культурами, что характеризуется агротехническим просветом. Значение агротехнического просвета для тракторов тягового класса 0,9 не регламентируется, поэтому следует ориентироваться на нормативные значения для тракторов тяговых классов 0,6 и 1,4. Согласно существующим требованиям, агротехнический просвет универсально-пропашных колесных тракторов тягового класса 0,6 должен составлять не менее 280 мм, тракторов тягового класса 1,4 – 640 мм [8].

Из представленных моделей преобладающее большинство имеет агротехнический просвет, соответствующий предъявляемым требованиям к тракторам тягового класса 0,6 (кроме Yanmar YM347), и ни один не

соответствует требованиям к тракторам тягового класса 1,4. Это накладывает определенные ограничения на применение данных тракторов при выполнении пропашных работ, особенно на поздних стадиях развития растений или при возделывании высокорослых культур.

Другим важным показателем является колея универсально-пропашных тракторов, которая должна обеспечивать возможность работы трактора в междурядьях 450, 600, 700, 750 и 900 мм [8], для чего должна быть предусмотрена возможность ступенчатого или бесступенчатого изменения колеи. При этом необходимо соблюдать защитные зоны растений, предусмотренные агротехникой к механизированным сельскохозяйственным работам. Рассматриваемые модели тракторов в стандартной комплектации не имеют возможности работать во всех обозначенных междурядьях сельскохозяйственных культур.

Большинство моделей (33%) могут работать в междурядьях 450, 600, 700 и 750 мм (Агромаш 50 ТК 122 Д, John Deere 3050 B, Shifeng SF-504C, ТУМ Т503, Yanmar YM347), Беларусь 622 – в междурядьях 450, 700 и 750 мм, Case jx 55T – 700, 750 и 900 мм, Dongfeng 454 – 450, 600 и 700 мм, Foton Lovol TA554 – 450, 700 и 750 мм, Kioti NX5010 – 450 и 700 мм, Kubota SL54H – 450 и 600 мм, Jinma 504 – 750 мм. Колесная база рассматриваемых тракторов составляет от 1390 мм (Беларус 622) до 2188 мм (Foton Lovol TA554), при этом преобладающее большинство тракторов

(60%) имеют колесную базу 1910-2010 мм.

В связи с тем, что значение минимального радиуса разворота для тракторов тягового класса 0,9 не регламентируется, необходимо ориентироваться на нормативные значения для тракторов тяговых классов 0,6 и 1,4. Согласно существующим требованиям, минимальный радиус разворота колесных сельскохозяйственных тракторов тягового класса 0,6 должен составлять не более 3 м, тягового класса 1,4 – не более 4,2 м [8]. Минимальный радиус поворота рассматриваемых тракторов составляет от 2,4 м (Kubota SL54H и Yanmar YM347) до 5,1 м (Case jx 55T). Установленным требованиям к тракторам тягового класса 0,6 соответствуют Kioti NX5010, Kubota SL54H и Yanmar YM347 (20% моделей), не соответствуют требованиям к тракторам тягового класса 1,4 – Агромаш 50 ТК и Case jx 55T (13%).

Грузоподъемность задних навесных систем рассматриваемых сельскохозяйственных тракторов составляет 740-2800 кг. Наименьшую заявленную грузоподъемность задней навесной системы имеют в основном тракторы китайского производства: Jinma 504 (740 кг), Shifeng SF-504C (880 кг), Dongfeng 454 (900 кг), а наибольшую – Беларусь 622 (2800 кг), Mahindra ARJUN NOVO 605 DI-I-4WD (2200 кг), Case jx 55T (1920 кг). Преобладающее большинство тракторов (60%) имеют заднюю навесную систему грузоподъемностью 1000-2000 кг (рис. 2).

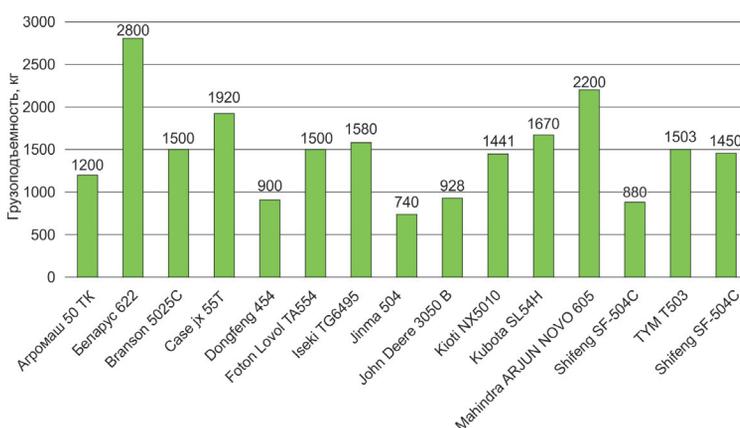


Рис. 2. Грузоподъемность задней навесной системы сельскохозяйственных тракторов тягового класса 0,9

Рис. 3.
Производительность гидравлических систем сельскохозяйственных тракторов тягового класса 0,9

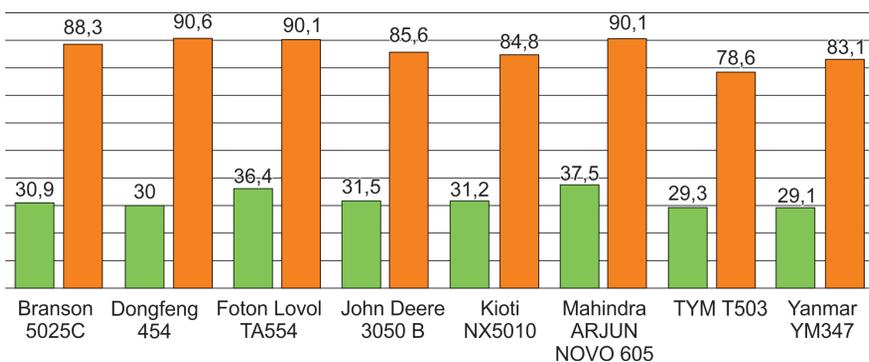
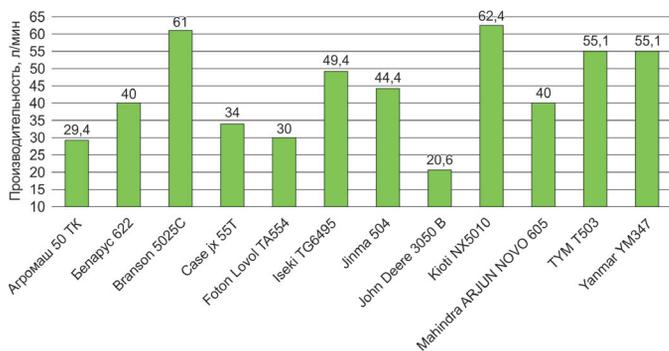


Рис. 4. Мощность, передаваемая через задний ВОМ тракторов тягового класса 0,9:

■ – передаваемая через ВОМ мощность, кВт;
■ – доля от мощности установленного двигателя, %

Производительность гидравлической системы рассматриваемых тракторов составляет 20,6–62,4 л/мин. Наименьшую производительность гидравлической системы имеют John Deere 3050 B (20,6 л/мин), Foton Lovol TA554 (30 л/мин), Case jx 55T (34 л/мин), а наибольшую – Kioti NX5010 (62,4 л/мин), Branson 5025C (61 л/мин), TYM T503 и Yanmar YM347 (по 55,1 л/мин). Преобладающее большинство тракторов (53%) имеют гидравлическую систему производительностью 30–60 л/мин (рис. 3).

Рассматриваемые сельскохозяйственные тракторы имеют независимый привод заднего вала отбора мощности (ВОМ) с механическим, а в некоторых случаях и электрогидравлическим механизмом включения. Изучаемые модели оснащены двухскоростным задним ВОМ с режимами работы 540/1000 (Беларус 622, Branson 5025C, Dongfeng 454, Foton Lovol TA554, Jinma 504, Shifeng SF-504C), односкоростным ВОМ с частотой вращения 540 мин⁻¹

(Агромаш 50 ТК, Case jx 55T, Kioti NX5010, TYM T503), двухскоростными ВОМ с режимами работы 540/540E мин⁻¹ (Iseki TG6495 и Yanmar YM347), пятискоростным ВОМ с режимами прямого вращения 562, 793, 983, 1310 мин⁻¹ и одним реверсивным режимом 983 мин⁻¹ (Kubota SL54H), трехскоростным ВОМ с режимами прямого вращения 540/540E и одним реверсивным режимом 540R (Mahindra ARJUN NOVO 605 DI-I-4WD), двухскоростным ВОМ с режимами работы 540 /720 мин⁻¹ (John Deere 3050 B). Трактор Беларус 622 кроме заднего ВОМ имеет опциональную возможность установки переднего двухскоростного ВОМ с режимами работы 562/1116 мин⁻¹, а тракторы Iseki TG6495 и Kioti NX5010 опционально могут оснащаться средним ВОМ с частотой вращения 2000 мин⁻¹. Передаваемая через задний ВОМ тракторов мощность составляет от 29,1 (Yanmar YM347) до 37,5 кВт (Mahindra ARJUN NOVO 605 DI-I-4WD), при этом доля передаваемой мощ-

ности – от 78,6 (TYM T503) до 90,6 % (Dongfeng 454) от мощности установленных двигателей (рис. 4).

Проведенный сравнительный анализ основных характеристик и конструктивных особенностей сельскохозяйственных тракторов тягового класса 0,9 показывает, что основные мировые производители ориентируются на выпуск тракторов достаточно высокого технического уровня. Значительная часть таких тракторов оснащается турбированными двигателями, в некоторых наряду с механическими системами подачи топлива посредством ТНВД или насос-форсунок применяются системы подачи топлива Common Rail и электронные системы управления мощностью.

Ввиду высоких экологических требований широкое применение находят системы нейтрализации и очистки отработавших газов. В трансмиссиях применяются преимущественно одно- и двухдисковые муфты сцепления постоянно замкнутого типа, механические синхронизированные коробки переключения передач с достаточно высоким числом передач, обеспечивающие необходимый для выполнения технологических операций или транспортных работ диапазон скоростей. Некоторые производители наряду с механической предлагают модели с автоматической гидростатической трансмиссией, позволяющей эффективнее выполнять технологические операции, но при этом они являются достаточно дорогими и сложными.

Гидравлическая система тракторов работает преимущественно на механических гидрораспределителях с двумя-тремя парами гидровыходов, при этом многие модели имеют гидравлические насосы достаточно высокой производительности, позволяющие работать с сельскохозяйственными машинами, оснащенными активным гидравлическим приводом. Вал отбора мощности имеет независимый привод, при этом преобладают двухскоростные ВОМ с режимами работы 540 / 1000 и 540 / 540E.

Несмотря на достаточно высокий технический уровень выпускаемых в настоящее время сельскохозяйственных тракторов тягового

класса 0,9, производители продолжают непрерывно их совершенствовать для повышения потребительских свойств: шумовиброизолированные кабины с каркасами безопасности, системы вентиляции и кондиционирования, повышение эргономичности рабочего места и др.

Развитие и интенсивное внедрение цифровых технологий в сельскохозяйственное производство непременно ведет к применению цифровых систем в сельскохозяйственной технике. В связи с этим в дальнейшем одним из возможных направлений совершенствования тракторов тягового класса 0,9 может стать более широкое применение различных цифровых датчиков и систем, позволяющих частично, а в последствии, возможно, и полностью автоматизировать процесс управления трактором [9].

Для повышения энергоэффективности и экологичности сельскохозяйственного производства прорабатывается вопрос перевода сельскохозяйственных тракторов на автоматизированный электропривод, где тракторы малых тяговых классов выступают в качестве пилотных и могут одними из первых стать полностью электрическими. Переход на электропривод позволит расширить возможности использования и обеспечит беспрепятственную работу тракторов в закрытых помещениях: животноводческих фермах, теплицах, складах и т.д. При этом применение автоматизированного электропривода способствует внедрению цифровых систем управления мобильным средством, что является одним из этапов создания и применения в сельском хозяйстве беспилотных тракторов [10].

Выводы

1. Проведенные исследования показывают, что выпускаемые в настоящее время сельскохозяйственные тракторы тягового класса 0,9 имеют в основном классическую компоновку. Большинство тракторов (80%) оснащаются четырехцилиндровыми дизельными двигателями, при этом треть из них

имеют турбонаддув, а 13% – системе подачи топлива Common Rail. Мощность установленных двигателей составляет преимущественно 47-55 л.с., объем – 2,1-3,3 л, максимальный крутящий момент – 143-198 Н·м. Агротехнический просвет большинства рассматриваемых тракторов соответствует требованиям, предъявляемым к универсально-пропашным тракторам тягового класса 0,6, что накладывает определенные ограничения на применение данных тракторов при выполнении пропашных работ.

2. Проведенный сравнительный анализ основных характеристик и конструктивных особенностей сельскохозяйственных тракторов тягового класса 0,9 показывает, что основные мировые производители ориентируются на выпуск тракторов достаточно высокого технического уровня и продолжают непрерывно совершенствовать их. Одними из наиболее перспективных направлений являются интенсивное внедрение цифровых технологий, применение различных цифровых датчиков и систем, перевод тракторов на автоматизированный электропривод с целью повышения энергоэффективности и экологичности сельскохозяйственного производства, что расширит возможности и обеспечит беспрепятственную работу техники в закрытых помещениях. Совместное применение различных цифровых датчиков, систем управления и автоматизированного электропривода будет способствовать созданию беспилотных мобильных средств сельскохозяйственного назначения.

Список

использованных источников

1. Старостин И.А., Загоруйко М.Г. Материально-техническая база сельского хозяйства: обеспеченность тракторами и состояние тракторостроения // Аграрный научный журнал. 2020. № 10. С. 126-130.
2. Производство и продажа тракторной и сельскохозяйственной техники производителями России и других стран СНГ: анализ. М.: ОАО «АСМ-холдинг», 2016. 101 с.
3. Производство и продажа тракторной и сельскохозяйственной техники произво-

дителями России и других стран СНГ: аналитический обзор. М.: ОАО «АСМ-холдинг» 2017. 101 с.

4. Производство и продажа тракторной и сельскохозяйственной техники производителями России и других стран СНГ: аналитический обзор. М.: ОАО «АСМ-холдинг» 2018. 126 с.

5. Производство и продажа тракторной и сельскохозяйственной техники производителями России и других стран СНГ: аналитический обзор. М.: ОАО «АСМ-холдинг» 2019. 107 с.

6. Производство и продажа тракторной и сельскохозяйственной техники производителями России и других стран СНГ: аналитический обзор. М.: ОАО «АСМ-холдинг». 2020. 109 с.

7. **Davydova S.A. and Starostin I.A.** Compliance of modern agricultural tractors presented on Russian market with global emission standards // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. № 659 (2021) 012119. DOI 10.1088/1755-1315/659/1/01211.

8. Система критериев качества, надежности, экономической эффективности сельскохозяйственной техники: инструктивно-метод. изд. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. 188 с.

9. **Starostin I.A., Belyshkina M.E., Chilinyan N.O., Alipichev A.YU.** Digital technologies in agricultural production: implementation background, current state and development trends // Agricultural engineering. No. 3 (103). 2021. Pp. 4-10.

10. **Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Дорохов А.С., Самсонов В.А.** Приоритетные направления научно-технического развития отечественного тракторостроения // Техника и оборудование села. 2021. № 2 (284). С. 2-7.

Analysis of the Technical Characteristics of Agricultural Tractors of Traction Class 0.9

I.A. Starostin, S.A. Davydova, A.V. Eschin

(FGBNU FNATS VIM)

V.Ya. Goltypin

(FGBNU "Rosinformagrotech")

Summary. Comparative analysis of the technical characteristics of agricultural tractors of traction class 0.9 was carried out, their distinctive features and development trends were identified.

Key words: tractor, technical characteristics, engine, transmission, power take-off shaft, hydraulic system, attachment system.

УДК 631.3.

DOI: 10.33267/2072-9642-2024-4-30-34

Обоснование параметров и режимов работы питающего транспортера линии предпродажной подготовки капусты

С.В. Стрельцов

канд. техн. наук, доц.,
ssv314@mail.ru

И.Р. Салахутдинов,

канд. техн. наук, доц.,
iltmas.73@mail.ru

(ФГБОУ ВО «Ульяновский ГАУ»);

В.Т. Водяников,

д-р экон. наук, проф.,
vvt-5210@yandex.ru

(ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени
К.А. Тимирязева»);

М.М. Замальдинов,

канд. техн. наук, доц.,
zamaidinov.marat@mail.ru

(ФГБОУ ВО «Ульяновский ГАУ»);

А.К. Субаева,

д-р экон. наук, доц.,
subaeva.ak@mail.ru

(ФГБОУ ВО «Чистопольский филиал
КНИТУ-КАИ»)

Аннотация. По результатам экспериментальных исследований установлена тесная функциональная (регрессионная) связь между массой и количеством кочанов капусты. Определены параметры уравнения принятой линейной регрессии. Сравнительная оценка фактических и расчетных значений по принятому уравнению регрессии свидетельствует о достоверности данной зависимости. Конструктивно обоснованы режимные параметры питающего транспортера (ленточного конвейера) линии предпродажной подготовки капусты, позволившие его изготовить для условий реального производства.

Ключевые слова: линия предпродажной подготовки капусты, питающий транспортер, пропускная способность, насыпная плотность капусты.

Постановка проблемы

В нашей стране белокочанная капуста является одним из основных видов потребляемой овощной продукции. В отечественном полеводстве доля посевных пло-

щадей данной культуры составляет до 60 %, из которых 98 % приходится именно на белокочанные сорта. В настоящее время имеет место тенденция сохранения объемов потребления капусты, но доля её поставки на рынок отечественными производителями существенно снизилась, о чем свидетельствует значительное сокращение её посевной площади. В частности, с 2001 по 2020 г. общая площадь возделывания капусты в России уменьшилась почти в 2 раза [3]. При этом зарубежные поставщики продолжают наращивать объемы ее поставок на отечественный рынок.

Современные реалии определяют важную народнохозяйственную задачу – увеличение доли отечественных поставщиков по основным видам овощей, в том числе капусты. Основным решением данной задачи является экономическая заинтересованность отечественных аграриев, в частности мелких и средних предприятий, в производстве капусты. Для предприятий важно не только возделывание капусты, но и её хранение и предпродажная подготовка. Основным сдерживающим фактором здесь является низкий уровень механизации её предпродажной подготовки. Отечественное сельскохозяйственное машиностроение практически не производит полнокомплектные линии такого назначения.

Цель исследования – совершенствование технологической линии предпродажной подготовки белокочанной капусты путем разработки и внедрения питающего (подающего) транспортера.

Материалы

и методы исследования

Для решения поставленной цели в ходе исследования решались сле-

дующие задачи: теоретическое обоснование параметров и режимов работы питающего транспортера в составе технологической линии предпродажной подготовки; определение технологических свойств капусты как объекта транспортировки. Решение данных задач явилось основой для разработки и внедрения в производство линии по предпродажной подготовке капусты.

В основу технологической схемы линии положен модульный принцип построения, позволяющий механизировать предпродажную подготовку капусты для различных условий, в частности, в зависимости от пропускной способности. Пример технологической семипостовой линии предпродажной подготовки капусты приведен на рис. 1.

Кочаны капусты в специальной таре транспортными средствами устанавливаются в опрокидывателе (см. рис. 1), с которого перегружаются на питающий транспортер и одноярусным слоем доставляются к постам удаления покрывных и неликвидных листьев. На постах обработанные (товарные) кочаны укладываются на транспортер и подаются в зону взвешивания и затаривания готовой продукции. Соответственно, удаленные листья и нетоварные кочаны на постах укладываются на транспортер, который выносит их в зону сбора отходов.

Производительность линии определяется суммарной пропускной способностью постов удаления покрывных и неликвидных листьев капусты. Следовательно, ее технологическая работоспособность определяется выражением

$$q_{TP} \geq n \cdot q_{ПО}, \quad (1)$$

где q_{TP} – подача питающего транспортера, кг/ч;

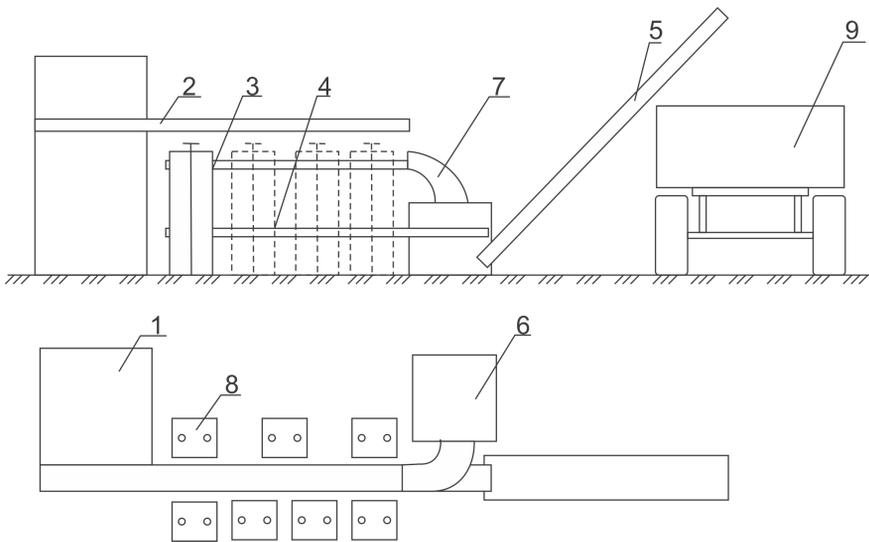


Рис. 1. Технологическая схема разрабатываемой линии:

- 1 – опрокидыватель тары;
- 2 – транспортер питающий (подающий);
- 3 – транспортер готовой продукции;
- 4 – транспортер отходов горизонтальный;
- 5 – транспортер отходов наклонный;
- 6 – пост затаривания, взвешивания и маркировки готовой продукции;
- 7 – скатный рукав;
- 8 – пост удаления покрывных и неликвидных листьев (пневматический);
- 9 – тележка для сбора отходов

n – число постов очистки (удаления покрывных и неликвидных листьев);

$q_{\text{ПО}}$ – пропускная способность поста очистки, кг/ч.

Учитывая, что количественную (штучную) пропускную способность поста можно выразить через отношение

$$q_{\text{ПО}}^K = \frac{3600}{t_{\text{CP}}}, \quad (2)$$

где $q_{\text{ПО}}^K$ – число кочанов капусты, обрабатываемых на одном посту очистки за 1 ч;

t_{CP} – среднее время обработки одного кочана на посту очистки, с, и приняв гипотезу о линейной связи между количеством кочанов и их суммарной массой, пропускная способность поста очистки в массовом выражении примет вид

$$q_{\text{ПО}} = \left(a + b \cdot \frac{3600}{t_{\text{CP}}} \right), \quad (3)$$

где a – свободный коэффициент уравнения принятой линейной регрессии;

b – коэффициент регрессии.

Питающий транспортер представляет собой ленточный конвейер. При теоретическом обосновании его подачи по условию, что осуществляется транспортировка кочанов капусты в один слой, была получена следующая зависимость:

$$q_{\text{ТР}} = \frac{\kappa_H \cdot v_{\text{ТР}} \cdot B_{\text{ТР}} \cdot d_{\text{CP}}^K \cdot \rho_K}{\kappa_B \cdot \kappa_T}, \quad (4)$$

где κ_H – коэффициент неравномерности загрузки конвейерной линии (при равномерном грузопотоке $\kappa_H = 1-1,2$ [2]);

$v_{\text{ТР}}$ – линейная скорость ленты питающего транспортера, м/ч;

$B_{\text{ТР}}$ – ширина ленты питающего транспортера, м;

d_{CP}^K – средний диаметр или высота транспортируемых кочанов капусты, м;

ρ_K – насыпная плотность капусты на несущей ленте транспортера, кг/м³;

κ_B – коэффициент использования конвейера, определяется отношением фактического времени работы к сменному (для перерабатывающих предприятий принимают $\kappa_B = 0,7-0,95$ [4]);

κ_T – коэффициент готовности конвейера (для стационарных конвейеров $\kappa_T = 0,95$ [4]).

На основании полученных зависимостей (3), (4) выражение (1) примет следующий вид:

$$\frac{\kappa_H \cdot v_{\text{ТР}} \cdot B_{\text{ТР}} \cdot d_{\text{CP}}^K \cdot \rho_K}{\kappa_B \cdot \kappa_T} \geq n \cdot \left(a + \frac{3600 \cdot b}{t_{\text{CP}}} \right). \quad (5)$$

Данное развернутое выражение позволяет с учетом технологической потребности линии предпродажной подготовки капусты обосновывать конструктивные и режимные параметры питающего транспортера, в частности, линейную скорость ленты конвейера

$$v_{\text{ТР}} \geq \frac{\kappa_B \cdot \kappa_T \cdot n \cdot \left(a + \frac{3600 \cdot b}{t_{\text{CP}}} \right)}{\kappa_H \cdot B_{\text{ТР}} \cdot d_{\text{CP}}^K \cdot \rho_K}. \quad (6)$$

Расчетная скорость ленты позволяет выбирать её окончательное значение по ГОСТ 22644-77 (СТ СЭВ 1333-78) «Конвейеры ленточные. Основные параметры и размеры».

Выбор электродвигателя привода транспортера осуществляется по потребной мощности [1]:

$$N_{\text{ЭД}} = \frac{K_3 \cdot F_{\text{ТР}} \cdot v_{\text{ТР}}}{10^3 \cdot \eta_M}, \quad (7)$$

где $N_{\text{ЭД}}$ – потребная мощность электродвигателя питающего транспортера, кВт;

K_3 – коэффициент, учитывающий увеличение тягового усилия за счет сцепления ленты с барабаном конвейера;

η_M – коэффициент полезного действия привода конвейера.

Для расчета требуемой мощности необходимо определить потребное тяговое усилие на перемещение загруженной ленты транспортера [1]:

$$F_{\text{ТР}} = [\omega \cdot L_T \cdot (g_{\text{ГР}} + g_K)] \cdot m \cdot g, \quad (8)$$

где $F_{\text{ТР}}$ – потребное тяговое усилие, Н;

ω – коэффициент сопротивления перемещению ленты по опорам [2];

L_T – длина горизонтальной проекции транспортера (для горизонтальных конвейеров равна его общей длине), м;

$g_{гр}$ – погонная весовая нагрузка конвейера от перемещаемого груза, кг/м;

g_k – погонная весовая нагрузка от движущихся элементов транспортера, кг/м;

m – комплексный коэффициент, учитывающий тип и условия эксплуатации конвейера [4];

g – ускорение свободного падения, м/с².

Для проведения экспериментальных исследований использовалась методика, в основе которой приняты положения, регламентированные следующими документами: ГОСТ Р 8.563-2009 «Государственная система обеспечения единства

измерений. Методики (методы) измерений»; ГОСТ 8.513-84 «Государственная система обеспечения единства измерений. Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения»; ПР 50.2.006-94 «Порядок проведения поверки средств измерений»; ГОСТ Р 51809-2001 «Капуста белокочанная свежая, реализуемая в розничной торговой сети. Технические условия»; ГОСТ 34498-2018 «Техника сельскохозяйственная. Машины для послепосевочной обработки овощных и бахчевых культур. Методы испытаний»; ГОСТ 17435-72 «Линейки чертежные. Технические условия».

Экспериментальные исследования проводились в условиях ИП «К(Ф)Х Храмов Ф.В.», площади землепользования которого расположены в Ульяновской области, с. Луговое, на посевных площадях белокочанной капусты сорта Байонет в период её сплошной уборки (рис. 2).



Рис. 2. Капуста сорта Байонет в ИП «К(Ф)Х Храмов Ф.М.» в период уборки перед началом экспериментальных исследований

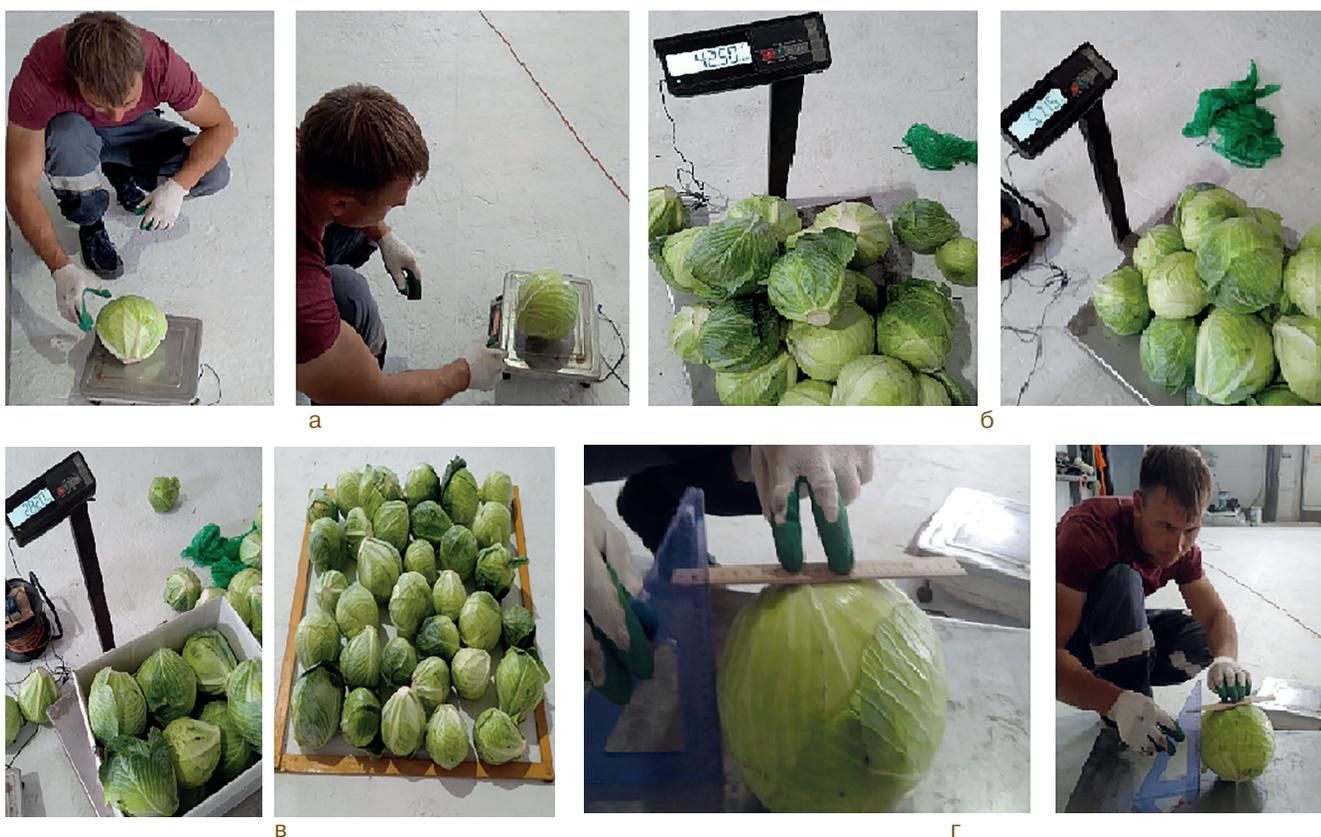


Рис. 3. Оценка технологических свойств капусты:

а – определение массы отдельных кочанов капусты; б – оценка тесноты характера связи между массой и количеством кочанов; в – определение объемной и погонной насыпной плотности кочанов; г – оценка размерных характеристик кочанов капусты

В лабораторных условиях оценивались технологические свойства капусты как объекта транспортировки ленточным конвейером (массовые и размерные характеристики капусты). Рабочие фрагменты данных исследований представлены на рис. 3.

Результаты исследований и обсуждение

Основные массовые и размерные характеристики кочанов капусты, поступающих на питающий транспортер, полученные по результатам исследований, приведены в табл. 1.

По результатам экспериментальных исследований установлена тесная функциональная (регрессионная) связь между массой и количеством кочанов капусты. Определены параметры уравнения принятой линейной регрессии. Сравнительная оценка фактических и расчетных значений по принятому уравнению регрессии свидетельствует о достоверности данной зависимости (рис. 4). Установленные коэффициенты уравнения принятой линейной регрессии (3) равны соответственно: $a = 1,04$, $b = 2,08$.

Таблица 1. Массовые и размерные характеристики кочанов капусты, поступающих на питающий транспортер

Показатели	Значение			Средняя ошибка опыта
	среднее	min	max	
Размеры кочана капусты:				
масса, кг	2,19	1,3	3,3	0,1
высота, мм	183,5	150	220	3,22
диаметр, мм	157,21	130	185	2,77
Объемная насыпная плотность капусты, кг/м ³	362,84	348,5	379,4	1,77
Погонная насыпная плотность капусты, кг/м ³	457,72	432,8	471,2	1,63

Таблица 2. Статистический анализ хронометража времени удаления покрывных листьев с одного кочана капусты

Показатели	Значение
Среднее время, с	35
Среднеквадратичное отклонение	2,03
Коэффициент вариации	13,41
Средняя ошибка опыта (для среднего значения)	0,37
Предельная ошибка опыта	0,74
Относительная ошибка выборки	0,05
Доверительная вероятность	0,95
Потребное количество опытов (измерений)	30

В соответствии с методикой экспериментальных исследований время удаления покрывных листьев с одного кочана капусты оценивалось на основании хронометража работы рабочих на посту с пневматическим устройством ПО-1 (рис. 5).

Статистический анализ полученных результатов хронометража приведен в табл. 2.

В результате установлено, что среднее время обработки одного кочана составляет 35 с, максимальное – 41, минимальное – 28 с.

По результатам исследований были обоснованы основные параметры питающего транспортера линии предпродажной подготовки капусты, оснащенной семью постами (ПО-1) для удаления покрывных и неликвидных листьев.

Техническая характеристика

Подача, т/ч	2,4
Длина транспортера, м	7,7
Материал ленты	Бельтинг
Ширина ленты, м	0,58
Число несущих прокладок	2
Толщина ленты, мм	5
Скорость ленты, м/с	0,25
Шаг роликоспор ветви, м:	
рабочей	0,6
холостой	1,5
Размеры ведущего и ведомого барабанов, мм:	
диаметр	500
длина	610
Привод	Мотор-редуктор ЗМП-40
Мощность электродвигателя, кВт	1,1
Число зубьев цепной передачи:	
ведущей	15
ведомой	35

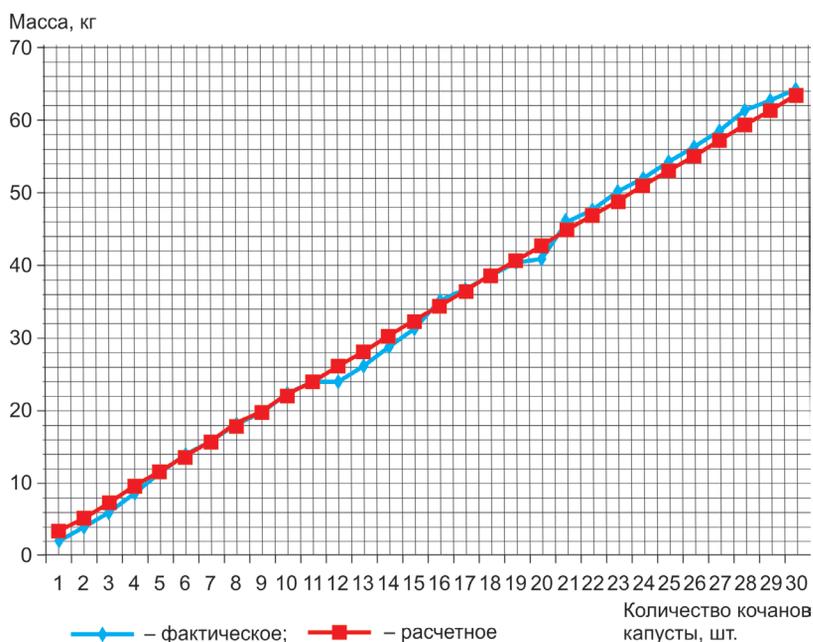


Рис. 4. Влияние количества кочанов капусты на их общую массу, полученное по фактическим значениям и расчетным путем по принятому уравнению регрессии



Рис. 5. Хронометраж на участке удаления покрывных листьев предпродажной подготовки капусты



Рис. 6. Экспериментальный питающий транспортер

По обоснованным расчетным путем параметрам и режимам работы был изготовлен питающий транспортер (рис. 6) линии предпродажной подготовки.

Экономические расчеты показали, что повышение уровня механизации предпродажной подготовки капусты (путем внедрения питающего транспортера) за счет роста производительности труда позволило сократить эксплуатационные затраты и получить годовую экономию 125521,2 руб. по условию загрузки семи постов удаления покрывных листьев. В результате дополнительные капиталовложения на внедрение питающего транспортера (159441,82 руб.) окупятся за 1,27 года.

Выводы

1. Для обеспечения населения качественной овощной продукцией важно не только возделывание, например, капусты, но и её хранение и предпродажная подготовка. Низкий уровень механизации предпродажной подготовки овощей является одним из основных сдерживающих

факторов, так как предприятия сельхозмашиностроения практически не производят полнокомплектные линии данного назначения.

2. В ходе исследования были теоретически обоснованы параметры и режимы работы питающего транспортера в составе технологической линии предпродажной подготовки с учетом определения технологических свойств капусты как объекта транспортировки.

3. Повышение уровня механизации предпродажной подготовки капусты позволило сократить эксплуатационные затраты и получить годовую экономию в 125521,2 руб. Дополнительные капиталовложения на внедрение питающего транспортера (159441,82 руб.) окупятся за 1,27 года.

Список

использованных источников

1. **Добровольский В.П.** Приводы конвейеров с гибким тяговым элементом. Омск: ОмГТУ, 2009. 112 с.
2. **Киселев Б.Р.** Ленточный конвейер. Расчет и проектирование основных узлов

/ Б.Р. Киселев, М.Ю. Колобов. Иваново, 2019. 179 с.

3. **Королькова А.П.** Экономические аспекты развития овощеводства России / А.П. Королькова, Н.А. Кузнецова, М.И. Иванова и др. М.: ФГБНУ «Росинформротех», 2021. 204 с.

4. Пособие по проектированию конвейерного транспорта. Ленточные конвейеры (к СНиП 2.05.07 – 85) / Промтранспроект. М.: Стройиздат, 1988. 48 с.

Substantiation of the Parameters and Operating Modes of the Feeding Conveyor for the Cabbage Pre-sale Preparation Line

S.V. Streltsov, I.R. Salakhutdinov
(Ulyanovsk State Agrarian University)

V.T. Vodyannikov
(RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev)

M.M. Zamaldinov
(Ulyanovsk State Agrarian University)

A.K. Subaeva
(Chistopol Branch of KNITU-KAI)

Summary. The results of the experimental studies let the authors establish a close functional (regression) relationship between the mass and the number of cabbage heads. The parameters of the assumed linear regression equation are determined. Comparative assessment of the actual and calculated values using the agreed regression equation confirms the reliability of this dependence. The operating parameters of the feeding conveyor (belt conveyor) of the cabbage pre-sale preparation line feasible for real conditions of production are substantiated in terms of design.

Key words: line for pre-sale preparation of cabbage, feeding conveyor, throughput, poured density of cabbage.



ПРИГЛАШАЕМ ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ

XXIX МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА

MVC: ЗЕРНО-КОМБИКОРМА-ВЕТЕРИНАРИЯ - 2024



19-21 ИЮНЯ

МОСКВА, ЭКСПОЦЕНТР, ПАВИЛЬОН № 7



СПЕЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА:



МИНСЕЛЬХОЗ РОССИИ



РОССИЙСКИЙ
ЗЕРНОВОЙ СОЮЗ



АССОЦИАЦИЯ
«РОСРЫБХОЗ»



СОЮЗ
КОМБИКОРМЩИКОВ



СОЮЗРОССАХАР



НАЦИОНАЛЬНАЯ
ВЕТЕРИНАРНАЯ
АССОЦИАЦИЯ



АССОЦИАЦИЯ ПТИЦЕВОДОВ
СТРАН ЕВРАЗИЙСКОГО
ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА



СОЮЗ ПРЕДПРИЯТИЙ
ЗООБИЗНЕСА



АССОЦИАЦИЯ
«ВЕТБИОПРОМ»



АССОЦИАЦИЯ
«ВЕТБЕЗОПАСНОСТЬ»



НАЦИОНАЛЬНЫЙ СОЮЗ
СВИНОВОДОВ



РОСПТИЦЕСОЮЗ



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР
МОСКОВСКАЯ ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПАЛАТА

ОРГАНИЗАТОР ВЫСТАВКИ: ООО «ЭМ-ВИ-СИ»



ТЕЛ.: (495) 755-50-35, 755-50-38
E-MAIL: INFO@EXPOKHLB.COM
WWW.MVCEXPO.RU



16+

УДК 621.762

DOI: 10.33267/2072-9642-2024-4-36-39

Оценка износостойкости гальванопокрытий восстановленных деталей

Е.В. Агеев,

д-р техн. наук, проф.,
ageev_ev@mail.ru
(Юго-Западный
государственный университет);

В.И. Серебровский,

д-р техн. наук, проф.,
svi.doc@yandex.ru

О.С. Серникова,

аспирант,
olga.sernikova@mail.ru
(ФГБОУ ВО «Курский ГАУ
имени И.И. Иванова»)

Аннотация. Выполнен анализ характеристик износостойкости композиционных гальванических покрытий с применением в качестве твердой смазки дисульфида молибдена на восстановленных деталях автотракторной техники на пути трения 500 м. Экспериментально установлено, что происходит налипание продуктов изнашивания образца на контртело; величина дорожки износа образца составляет от 328,4 до 386,5 мкм; глубина профиля бороздки износа поверхности образца – до 5 мкм; коэффициент трения поверхности образца – 0,243-1,002; фактор износа контртела из стали марки Stainless Steel AISI 420 при микротвердости 8 ГПа и покрытия при микротвердости 4,518 ГПа – 0,019 и 1,676 соответственно. Проведенные исследования показали, что разработанная технология восстановления и упрочнения изношенных деталей позволяет обеспечить необходимые триботехнические свойства покрытий и высокий ресурс восстановленных деталей.

Ключевые слова: восстановление деталей автотракторной техники, композиционные гальванические покрытия, износостойкость.

Постановка проблемы

В соответствии Доктриной продовольственной безопасности Рос-

сийской Федерации поставлена стратегическая задача укрепления производственной безопасности, которая напрямую связана с ресурсосбережением и импортозамещением [1-3].

Одной из основных задач развития современного сельхозмашиностроения является повышение износостойкости деталей, узлов и механизмов. При большом многообразии видов и механизмов изнашивания в сельхозмашиностроении одной из актуальных задач является повышение качества деталей, работающих в условиях абразивного (и коррозионно-абразивного) изнашивания, характерных для рабочих деталей автотракторной техники [4-6]. Эта проблема может быть решена за счет применения эффективных методов поверхностного упрочнения при восстановлении деталей путем применения износостойких материалов, обеспечивающих получение покрытия с заданными физическо-механическими свойствами [7-9].

Одним из наиболее универсальных и гибких технологических приемов воздействия на свойства обрабатываемых поверхностей, используемый как метод восстановления и упрочнения деталей с большой степенью износа (0,3 мм и более), работающих в условиях интенсивного изнашивания, является электролитическое осаждение композиционных материалов. Анализ современной научно-технической литературы, направленной на изучение данной проблематики, показал, что недостаточно рассматриваются вопросы восстановления и упрочнения изношенных деталей автотракторной техники композиционными гальваническими покрытиями (КГП) с применением

дисульфида молибдена в качестве твердой смазки [10-12], отсутствуют сведения об износостойкости данных покрытий. Поэтому требуется проведение комплексных теоретических и экспериментальных исследований в этом направлении.

Цель исследования – оценка износостойкости композиционных гальванических покрытий с применением в качестве твердой смазки дисульфида молибдена на восстановленных деталях автотракторной техники.

Материалы и методы исследования

Электроосаждение композиционных покрытий из электролитов-суспензий с добавлением дисульфида молибдена осуществляли на гальванической установке L1 DIGIT (Италия). Технологические параметры электроосаждения: плотность тока 20 А/дм², время осаждения 60 мин и концентрация дисульфида молибдена 5 г/л. Микроструктуру покрытия (рис. 1) исследовали на оптическом инвертированном микроскопе OLYMPUS GX51 (Япония).

Коэффициент трения и скорость износа поверхности образцов и контртела измеряли на автоматизированной машине трения (Tribometer, CSM Instruments, Швейцария),

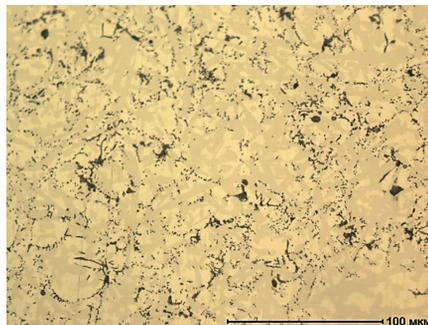


Рис. 1. Микроструктура покрытия

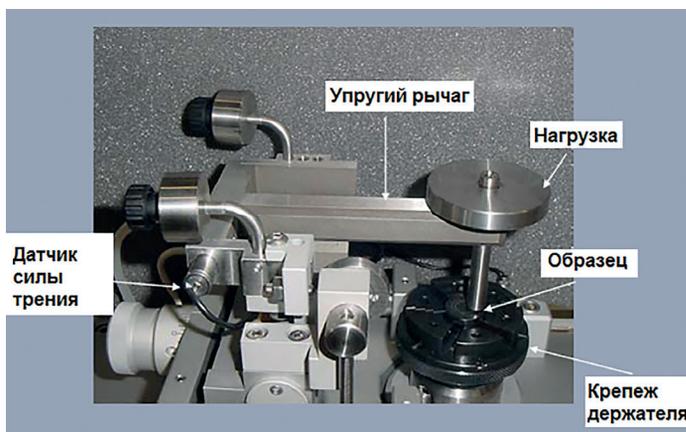


Рис. 2. Схема автоматизированной машины трения (Tribometer, CSM Instruments, Швейцария)



Рис. 4. Оптическое изображение пятна износа контртела

управляемой компьютером (рис. 2), по стандартной схеме испытания «шарик-диск» (рис. 3). Изучали износостойкость образцов, спеченных из электроэрозионных высокохромистых порошков, полученных в керосине. Эти испытания позволяют использовать модель Герца, они соответствуют международным стандартам ASTM G99-959 DIN50324 и могут быть использованы для оценки износостойкости образца и контртела.

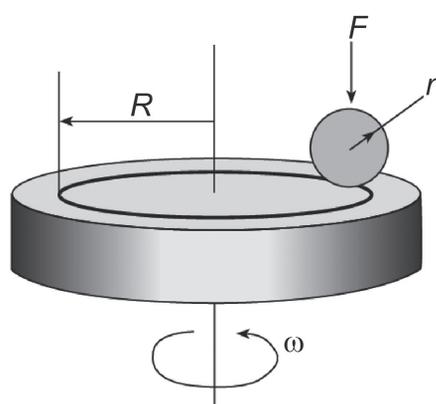


Рис. 3. Стандартная схема испытания «шарик-диск»: R – радиус кривизны износа; r – радиус контртела

Образец устанавливали в держателе, перпендикулярно плоскости образца закрепляли стержень, на конце которого находился шарик $\varnothing 6$ мм из стали Stainless Steel AISI 420 (твёрдость по Виккерсу 8 ГПа). С помощью регулировки датчика перемещения выбирали радиус кривизны износа, еще один датчик компенсировал

силу трения и позволял установить значение коэффициента трения в определенный момент времени.

Подготовка к испытанию включала в себя:

- три вида калибровки: скорости и вращения мотора; тангенциального смещения датчика; радиуса;
- установку параметров испытания с помощью специального программного обеспечения (программа Instrum X for Tribometer). Задавалась следующая необходимая для испытания информация: частота опроса датчика; данные об окружающей среде (температура, влажность); величина нагрузки, при которой будет проводиться испытание; линейная скорость, см/с; длина пробега в метрах или количество циклов; информация о подложке (материал покрытия и подложки, вид предварительной очистки образца перед испытанием); информация о контртеле (материал покрытия и контртела, вид предварительной очистки контртела перед испытанием, размер, геометрия).

Испытания проводили на воздухе при нагрузке 5 Н и линейной скорости 15 см/с, радиусом кривизны износа 3 мм, путь трения составлял 500 м.

В результате проведенных испытаний оценивали износостойкость образца и статистического партнера (шарика) по фактору износа по формуле

$$W = V/(P \cdot l), \quad (1)$$

где W – интенсивность износа, $\text{мм}^3 \cdot \text{Н}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$;

V – объем удаленного материала, мм^3 ;

P – нагрузка, Н;

l – путь трения, м.

Определив диаметр износа шарика с помощью оптического инвертированного микроскопа Olympus GX 51, объем удаленного материала на шарике считали по следующей формуле:

$$V = \pi h^2 \cdot (r - (1/3)h), \quad (2)$$

где h – высота сегмента, мм:

$$h = r - \left(r^2 - [d/2]^2 \right)^{1/2},$$

d – диаметр износа, мм;

r – радиус шарика, мм;

Объем удаленного материала образца определяли по сечению дорожки износа на поверхности образца с помощью автоматизированного прецизионного контактного профилометра Surtronic 25 производства фирмы TaylorHobson по формуле

$$V = s \cdot l, \quad (3)$$

где l – длина окружности, мм;

s – площадь поперечного сечения дорожки износа, мм^2 .

Результаты исследований и обсуждение

Оптическое изображение пятна износа контртела (шарика) после многократных проходов по исследуемой поверхности образца, полученное на пути трения 500 м с использованием микроскопа OLYMPUS GX51, представлено на рис. 4.

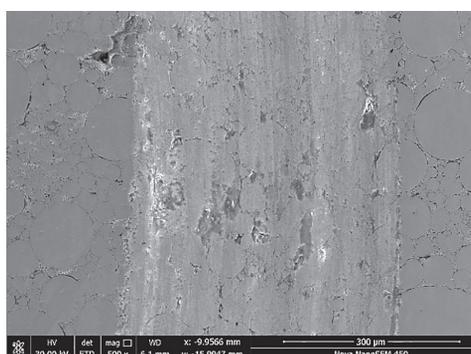


Рис. 5. Электронное изображение дорожки износа образца

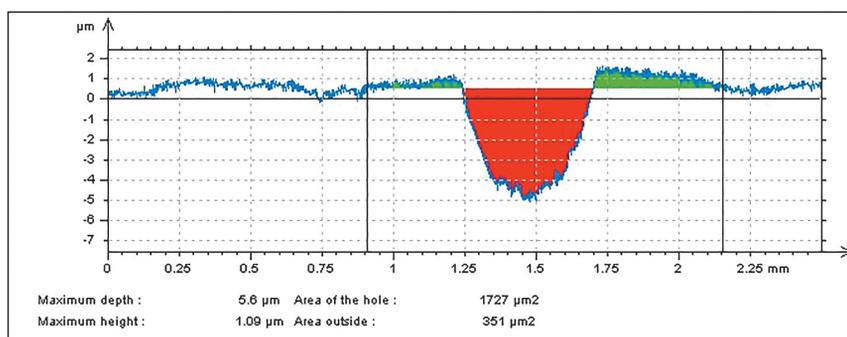


Рис. 6. Профиль бороздки износа поверхности образца

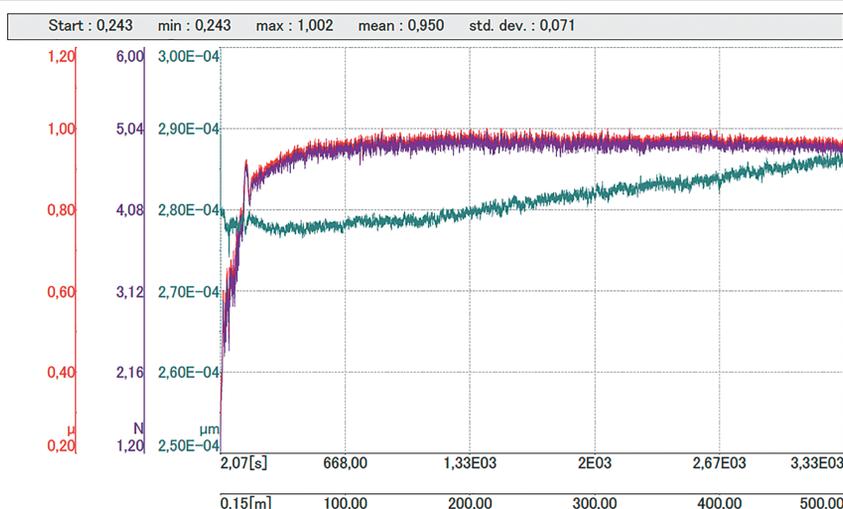


Рис. 7. Значения коэффициента трения

Трибологические характеристики исследуемых образцов

Исследуемый параметр		Значение
Коэффициент трения (μ)	Начальный	0,243
	Минимальный	0,243
	Максимальный	1,002
	Среднее значение	0,950
	Среднее отклонение	0,071
Микротвердость, ГПа	Контртело	8
	Образец	4,518
Фактор износа, $\text{мм}^3 \cdot \text{Н}^{-1} \cdot \text{м}^{-1} \times 10^{-5}$	Контртело	0,019
	Образец	1,676

Оптическое изображение пятна износа показало, что при использовании в качестве контртела шарика из стали марки StainlessSteel AISI 420 после многократных проходов по исследуемой поверхности экспериментальных образцов на пути трения 500 м происходит налипание продуктов изнашивания образца на контртело.

Электронное изображение дорожки износа образца, полученное с использованием микроскопа NovaNanoSEM 450 (рис. 5), показало, что при использовании в качестве контртела шарика из стали многократных проходов по исследуемой поверхности экспериментальных образцов на пути трения

500 м ее величина составляет 328,4-386,5 мкм.

Профиль бороздки износа поверхности образца после многократных проходов, полученный с помощью автоматизированного прецизионного контактного профилометра SURTRONIC 25, представлен на рис. 6.

Исследование профиля бороздки износа поверхности образца после многократных проходов показало, что его глубина на исследуемой поверхности экспериментальных образцов на пути трения 500 м составляет до 5 мкм.

Значения коэффициента трения, полученные при испытаниях, приведены на рис. 7.

Исследование коэффициента трения поверхности образца после многократных проходов показало, что его глубина на исследуемой поверхности экспериментальных образцов на пути трения 500 м составляет 0,243-1,002.

Также отмечено, что при трибологических испытаниях образцов в первоначальный момент происходит скачок коэффициента трения. В данном случае это связано с высокой шероховатостью ($R_a = 1,16$ мкм) и износ характеризуется сглаживанием твердых выступов поверхности образца.

Трибологические характеристики исследуемых образцов, полученные при испытаниях, приведены в таблице.

Исследование фактора износа контртела из стали марки Stainless Steel AISI 420 при микротвердости 8 ГПа и покрытия при микротвердо-

сти 6,262 ГПа после многократных проходов показало, что его величина на пути трения 500 м составляет 0,019 и 1,676 соответственно.

Выводы

1. Разработана, апробирована и исследована новая технология восстановления и упрочнения изношенных деталей автотракторной техники композиционными гальваническими покрытиями с применением дисульфида молибдена в качестве твердой смазки, эффективность которой подтверждается характеристиками износостойкости покрытия:

- происходит налипание продуктов изнашивания образца на контртело;

- величина дорожки износа образца – от 328,4 до 386,5 мкм;

- глубина профиля бороздки износа поверхности образца составляет до 5 мкм;

- коэффициент трения поверхности образца – от 0,243 до 1,002;

- фактор износа контртела из стали марки Stainless Steel AISI 420 при микротвердости 8 ГПа и покрытия при микротвердости 4,518 ГПа составляет 0,019 и 1,676 соответственно.

2. Предложенная технология восстановления и упрочнения изношенных деталей автотракторной техники композиционными гальваническими покрытиями с применением дисульфида молибдена в качестве твердой смазки позволяет обеспечить необходимые триботехнические свойства покрытий.

Список

использованных источников

1. Юдина Е.М., Гурьянов Г.В., Кисель Ю.Е., Лысенко А.Н. Стойкость композиционных гальванических покрытий при абразивном изнашивании // Сельский механизатор. 2015. № 3. С. 34-35.

2. Балакай В.И., Арзуманова А.В., Старунов А.В., Мурзенко К.В. Свойства композиционного гальванического покрытия никель-кобальт-оксид кремния // Упрочняющие технологии и покрытия. 2017. № 7 (151). С. 323-327.

3. Задорожний Р.Н., Романов И.В. Повышение износостойкости рабочих ор-

ганов сельскохозяйственных машин вторичными твердосплавными материалами // Упрочняющие технологии и покрытия. 2022. Т. 18. № 1 (205). С. 24-27.

4. Задорожний Р.Н., Романов И.В., Зуевский В.А., Сидоркин О.А. Применение вторичных твердосплавных порошков для восстановления и упрочнения деталей // Упрочняющие технологии и покрытия. 2023. Т. 19. № 2 (218). С. 77-80.

5. Зуевский В.А., Задорожний Р.Н., Романов И.В. Использование порошковых материалов в технологиях восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники // Технический сервис машин. 2021. № 4 (145). С. 180-190.

6. Семенихин Б.А., Кузнецова Л.П., Латыпов Р.А. Восстановление и упрочнение деталей автотракторной техники композиционными гальваническими покрытиями с использованием порошков твердых сплавов // Труды ГОСНИТИ. 2012. Т. 109. № 2. С. 57-60.

7. Ageev E.V., Ageeva E.V., Korolev M.S. Study of the Surface State of Powders Produced Under Conditions of the Electroerosive Metallurgy of T5K10 Hard-Alloy Waste // Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques. 2022. Vol. 16. No. 6. Pp. 1333-1336.

8. Латыпов Р.А., Агеева Е.В., Латыпова Г.Р. Свойства композиционных гальванических покрытий, полученных с использованием диспергированных отходов стали ШХ15 // Электрометаллургия. 2019. № 3. С. 14-18.

9. Агеев Е.В., Серебровский В.И. Разработка и исследование технологии восстановления и упрочнения изношенных деталей машин композиционными гальваническими покрытиями с применением в качестве упрочняющей фазы вольфрамсодержащих электроэрозионных порошков микро- и нанодисперсий // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2021. Т. 11. № 2. С. 42-66.

10. Агеева Е.В., Серебровский В.И., Серникова О.С. Оптимизация процесса электроосаждения композиционных покрытий из электролитов-суспензий // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2023. Т. 12, № 1. С. 32-47.

11. Latypov R.A., Ageeva E.V., Latypova G.R. Properties of the Composite Galvanic Coatings Fabricated Using the

Dispersed Wastes of ShKh15 Steel // Russian Metallurgy (Metally), 2019. Vol. 2019(6). Pp. 632-635.

12. Latypova G.R., Karpenko N.N., Latypov R.A., Ageeva E.V. Composition and Properties of the Powder Fabricated from the Waste of High-Speed R18 Tool Steel by Electroerosion Dispersion // Russian Metallurgy (Metally), 2020. Vol. 2020(6). Pp. 698-701.

Assessment of Wear Resistance of Galvanic Coatings of Restored Parts

E.V. Ageev

(Southwestern State University)

V.I. Serebrovsky, O.S. Sernikova

(Kursk State Agrarian University

named after I.I. Ivanov)

Summary. The article deals with the analysis of the wear resistance characteristics of composite galvanic coatings using molybdenum disulfide as a solid lubricant on restored parts of the transport vehicles and tractors on a friction path of 500 m. The experiments demonstrated that the wear products of the sample adhere to the counterbody; the size of the wear track of the sample ranges from 328.4 to 386.5 μm; the depth of the wear groove on the surface of the sample is up to 5 μm; friction coefficient of the sample surface – 0.243-1.002; the wear factor of a counterbody made of Stainless Steel AISI 420 having the value of microhardness of 8 GPa and the coating of microhardness of 4.518 GPa is 0.019 and 1.676, respectively. The conducted studies showed that the developed technology for restoring and strengthening worn parts makes it possible to ensure the necessary tribological properties of coatings and a long service life of the restored parts.

Key words: restoration of the transport vehicle and tractor parts, composite galvanic coatings, wear resistance.



УДК 631.171 + 637.131

DOI: 10.33267/2072-9642-2024-4-40-44

Предложения по применению термоэлектрических модулей для пастеризации и охлаждения молока на фермах

А.Б. Коршунов,

канд. техн. наук, доц.,

ст. науч. сотр.,

koral314@yandex.ru

(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Аннотация. Предложены технологические схемы экологически безопасных термоэлектрических пастеризаторов-охладителей молока. Представлены методика теплового расчета их мощности для ферм с роботизированным доением и основные варианты применения термоэлектрических модулей для первичной обработки продукции животноводства. Показано, что термоэлектрические модули перспективны для применения на фермах с доильными роботами, где нужны небольшая холодопроизводительность, теплота пастеризации и возможность реверсирования, и могут эффективно использоваться в комбинации с природным холодом и рекуперацией теплоты.

Ключевые слова: термоэлектрические модули, пастеризаторы-охладители, методика теплового расчета, пастеризация и охлаждение молока.

Постановка проблемы

Производство высококачественных молока и молочных продуктов, соответствующих самым высоким мировым и отечественным стандартам, является важной задачей в России и за рубежом [1]. Только в США ежегодно теряется около трети производимого молока (WOS:000424182400039) [2]. Применение пастеризационно-охладительных установок является одним из эффективных путей решения этой проблемы [3].

В последние годы во всем мире наблюдается высокий интерес и серьезный рост исследований, посвященных этому направлению, о чем свидетельствует проведенный анализ публикаций российских и зарубежных ученых, в том числе в журналах, входящих в WoS, и выданных патентов [4].

Исследования показали, что одной из основных проблем большинства существующих пастеризационных установок является отсутствие встроенных холодильных машин [5]. Их располагают отдельно в машинном отделении, что приводит к дополнительным потерям энергии, капитальным и эксплуатационным затратам [6].

Альтернативой являются компактные пастеризационно-охладительные установки, работающие на основе эффекта Пельтье, в которых источник тепла и источник

холода составляют единый модуль [7]. Такие установки разрабатываются в ВИМ, защищены патентами РФ (RU 2202894, RU 87877, RU 2206214 и RU 2760581) и могут эффективно использоваться в комбинации с природным холодом и рекуперацией теплоты [8]. В этих системах установленная мощность термоэлектрических модулей сокращается, в результате чего они могут стать конкурентоспособными по сравнению с традиционно применяемыми в животноводстве системами пастеризации и охлаждения [9].

Особый интерес представляет создание термоэлектрических пастеризационно-охладительных систем для ферм с доильными роботами [10] и линий производства персонализированных продуктов питания, где нужны небольшая холодопроизводительность, теплота пастеризации и возможность реверсирования [11].

Цель исследования – разработка предложений по применению термоэлектрических модулей для пастеризации и охлаждения молока на фермах.

Материалы и методы исследования

Исходными материалами для исследований являлись информация с международных выставок, конференций и симпозиумов, публикации в ведущих отечественных и зарубежных журналах, патенты и др. Использовались результаты исследований, выполненных в ФГБНУ ФНАЦ ВИМ.

В процессе исследований применялся экспертно-аналитический метод обработки информации.

На рис. 1 представлена технологическая схема термоэлектрического пастеризатора-охладителя молока для ферм с роботизированным оборудованием для доения коров с использованием природного холода.

Молоко, получаемое от коровы на работе, в процессе доения проходит через систему датчиков контроля качества, после чего попадает в молокоборную колбу, из которой насосом-дозатором в импульсном режиме через механический фильтр направляется в горячий канал термоэлектрического пастеризатора-охладителя на пастеризацию, откуда – в выдерживатель, а затем через управляемый трехходовой кран 7 подается на сепарацию или в проточный теплообменник, где охлаждается до +4-6 °С водой, подаваемой насосом из холодного канала термоэлектрического пастеризатора-охладителя.

Рис. 1. Технологическая схема термоэлектрического пастеризатора-охладителя молока для ферм с роботизированным оборудованием для доения коров с использованием природного холода:



- 1 – доильный робот;
- 2 – молокосорная колба;
- 3 – насос-дозатор; 4 – фильтр;
- 5 – термоэлектрический пастеризатор-охладитель;
- 6 – выдерживатель;
- 7, 10, 15, 19 – управляемый трехходовой кран; 8 – теплообменник; 9 – насос;
- 11 – линия для розлива, упаковки и маркировки персонифицированных продуктов;
- 12 – умный холодильник;

- 13 – танк-охладитель для сборного молока; 14 – молоковоз; 16 – накопительный водонагреватель;
- 17 – приемник-аккумулятор природного холода; 18 – теплоизолированный резервуар для холодной воды;
- 20, 21 – датчики температуры

Далее охлажденное молоко через управляемый трехходовой кран 10 подается либо в линию персонифицированных продуктов для розлива, упаковки и маркировки, а затем в умный холодильник для доохлаждения, хранения и продажи либо в танк-охладитель для сборного молока, а после – в молоковоз. Подогретая в проточном теплообменнике вода через управляемый трехходовой кран 15 подается в накопительный водонагреватель, откуда при необходимости идет на подмыв вымени и другие технологические нужды.

В холодное время года охлаждение молока можно осуществлять водой из приемника-аккумулятора природного холода. Хранение холодной воды осуществляется в теплоизолированном резервуаре. Контроль температуры молока и воды производится датчиками температуры.

Результаты исследований и обсуждение

Для определения мощности и оптимальной конфигурации термоэлектрического пастеризатора-охладителя, объема, количества и размеров каналов, а также подбора термомодулей необходим теплотехнический расчет [10].

Для ферм с доильными роботами необходимо рассчитывать термоэлектрический пастеризатор-охладитель для режима порционной (циклической) подачи молока от робота на пастеризатор. Суммарный объем горячих каналов термоэлектрического пастеризатора-охладителя при этом должен быть равен объему регулируемой откачиваемой порции молока V_{II} . Тогда при разовом удое от одной коровы ($q_p = 10$ л) и среднем времени доения ($t_d = 6$ мин) продолжительность одного цикла нагрева молока при его циклической подаче на обработку порциями по 1 л будет равна

$$\tau_{ц} = \frac{\tau_d \cdot V_n}{q_p} = \frac{6 \cdot 1}{10} = 0,6 \text{ мин} = 36 \text{ с.} \quad (1)$$

Для осуществления пастеризации при температуре 69-74 °С этого времени вполне достаточно.

Количество теплоты $Q_{ц}$, необходимой для нагрева 1 л молока за цикл, можно определить по известной зависимости

$$Q_{ц} = \rho_M \cdot V_{II} \cdot c_M (t_{II} - t_H), \quad (2)$$

где ρ_M – плотность молока, кг/м³;

c_M – удельная теплоёмкость молока, Дж/кг °С;

t_{II}, t_H – соответственно температура пастеризации и начальная температура молока, °С.

Из уравнения теплового баланса:

$$Q_{ц} = K \cdot F \cdot \Delta t_{ср} \cdot \tau. \quad (3)$$

Величину $Q_{ц}$ можно выразить через суммарную холодопроизводительность установленных термомодулей $\Sigma Q_{ТЭМ}$ с учетом коэффициента запаса

$$\Sigma Q_{ТЭМ} = (1,1 - 1,15) \cdot Q_{ц}. \quad (4)$$

В свою очередь, величину V_{II} можно выразить как сумму объемов горячих каналов термоэлектрического пастеризатора-охладителя:

$$V_{II} = b_K \cdot h_K \cdot l_K \cdot n_K, \quad (5)$$

где b_K, h_K, l_K – соответственно ширина, высота и длина одного канала, м;

n_K – количество каналов в охлаждающей секции.

С учетом уравнения (4) выражение (5) примет вид

$$\Sigma Q_{ТЭМ} = (1,1 \dots 1,15) \times \times (\rho_M \cdot b_K \cdot h_K \cdot l_K \cdot n_K \cdot c_M (t_{II} - t_H)). \quad (6)$$

Время τ , необходимое для пребывания молока в горячих каналах пастеризатора-охладителя, определяется из уравнения теплового баланса.

С учетом выражения (2) запишем:

$$\rho_M \cdot V_{II} \cdot c_M (t_{II} - t_H) = K \cdot F \cdot \Delta t_{cp} \cdot \tau. \quad (7)$$

Выразив V_{II} и F через размеры пластин (b_K, h_K, l_K), после сокращения получим

$$\tau = \frac{\rho_M \cdot h_K \cdot c_M (t_{II} - t_H)}{K \cdot F \cdot \Delta t_{cp}}. \quad (8)$$

Коэффициент теплопередачи K можно принять как для танков-охладителей равным 1800-2000 Вт/м²°С. Величина среднего температурного напора между молоком и термомодулем в канале Δt_{cp} определяется экспериментально. При этом величина τ не должна быть меньше продолжительности цикла пастеризации.

Количество теплоты, отбираемое от 1 кг молока за цикл охлаждения:

$$Q_{II} = \rho_M \cdot V_{II} \cdot c_M (t_{II} - t_H) = 1033 \cdot 0,001 \cdot 3900 \cdot (70 - 34) = 145033,2 \text{ Дж.}$$

Учитывая, что $\sum Q_{ТЭМ} = N \cdot \tau$ и решая относительно N , получим

$$N = \frac{(1,15 \cdot 145033,2)}{36} = 4633,005 \text{ Вт.}$$

Для обеспечения этой мощности были рекомендованы термомодули типа DRIFT (ООО «КРИОТЕРМ»), характеристики которых представлены в таблице.

Технические характеристики термомодулей для термоэлектрических пастеризаторов-охладителей молока

Марка	I _{max} [*] А	Q _{max} [*] Вт	U _{max} [*] В	R _{ac} [*] Ом	Размеры, мм		
					А	В	Н
DRIFT-2	4,5	69	24,9	4	40	40	4,4
					35	55	
					40	58	
DRIFT-1,5	6,1	94	24,9	3,2	40	40	4,1
					35	55	
					40	58	
DRIFT-1,2	7,6	115	24,6	2,4	40	40	3,7
					35	55	
					40	58	
DRIFT-15	8,6	131	24,6	2,15	40	40	3,5
					35	55	
					40	58	
DRIFT-0,8	11,3	172	24,6	1,65	40	40	3,2
					35	55	
					40	58	
DRIFT-0,6	15,1	229	24,6	1,25	40	40	3,1
					35	55	
					40	58	

При выборе и разработке термоэлектрического пастеризатора-охладителя молока было предложено использовать для изготовления теплообменников профили из нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т размерами 05×02 м и толщиной стенки 001 м, между которыми в один ряд размещены термоэлектрические модули. При двухрядном расположении термомодулей ширину прямоугольного профиля увеличивают до 0,1 м.

На рис. 2 представлена конструктивная схема термоэлектрического пастеризатора-охладителя молока для ферм с роботизированным оборудованием доения коров.

Если взять за основу исполнение термоэлектрического пастеризатора-охладителя с двумя горячими и двумя холодными каналами, тремя уровнями термомодулей стандартного размера 04×04 м, а также общую длину пастеризатора-охладителя, можно подсчитать общее число термомодулей, а также размеры одного канала.

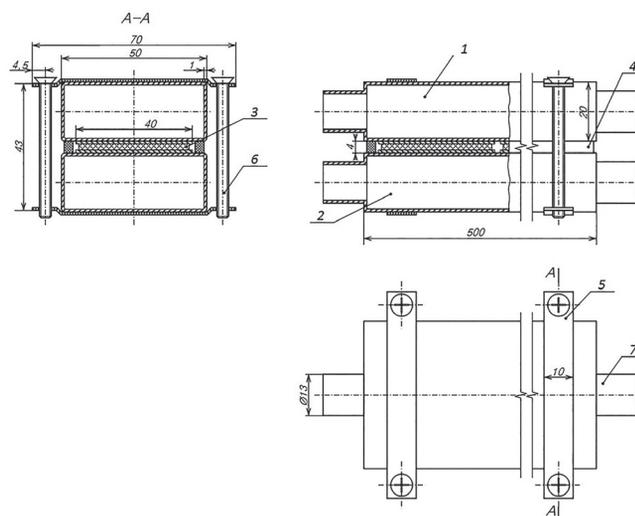


Рис. 2. Конструктивная схема термоэлектрического пастеризатора-охладителя молока для ферм с роботизированным оборудованием доения коров:

- 1 – теплообменник горячего контура;
- 2 – теплообменник холодного контура;
- 3 – термоэлемент; 4 – теплоизолирующая прокладка;
- 5 – фиксирующая пластина;
- 6 – болт для соединения фиксирующих пластин;
- 7 – штуцер для шланга

На рис. 3 представлены схемы расположения термоэлектрических модулей на одном уровне.

Так, при однорядном расположении (см. рис. 3а) понадобится 21 модуль типа DRIFT-0,6 мощностью 229 Вт каждый. При этом размер одного канала составит 04×045×0,28 м. При двухрядном расположении (см. рис. 3б) потребуется 42 термомодуля типа DRIFT-1,2 мощностью 115 Вт каждый. Размеры одного канала 08×022×0,28 см. На рис. 4 представлен трехуровневый термоэлектрический пастеризатор-охладитель молока для ферм с роботизированным оборудованием доения коров.

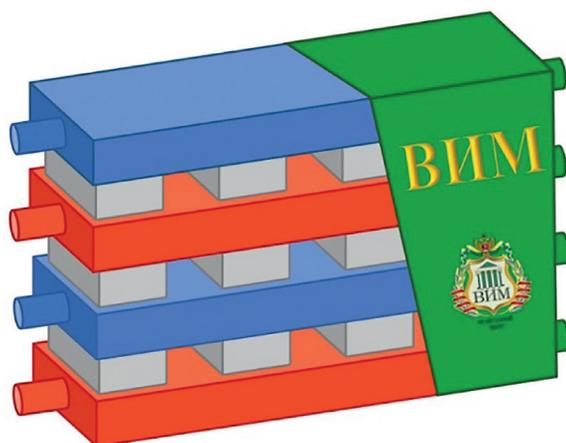
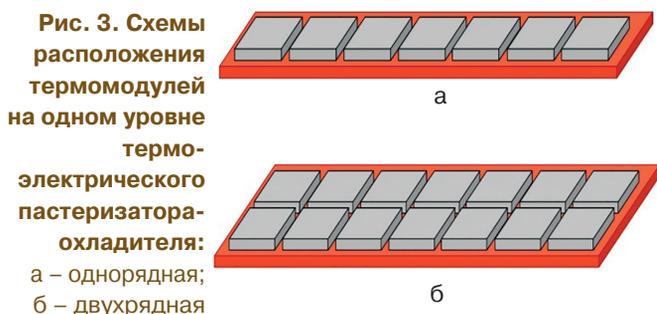


Рис. 4. Трехуровневый термоэлектрический пастеризатор-охладитель молока

Значительного снижения мощности термоэлектрического пастеризатора-охладителя можно добиться, если свежесвыдоенное молоко предварительно пропускать через рекуператор, где оно будет предварительно нагреваться за счет теплоты пастеризованного молока (рис. 5). Так, если молоко предварительно нагреть в рекуператоре до 60 °С, то можно снизить суммарную установленную мощность термомодулей N до 1286,95 Вт. Тогда при однорядном расположении потребуется всего 21 модуль типа DRIFT-2,0 мощностью по 69 Вт каждый.

При данной схеме молоко из молокоприемника подается в рекуператор, где предварительно нагревается до 60 °С за счет пастеризационного молока, после чего поступает в горячий канал термоэлектрического пастеризатора-охладителя на пастеризацию, затем в рекуператор, где предварительно охлаждается, а дальше в холодный канал термоэлектрического пастеризатора-охладителя для доохлаждения до 4 °С, откуда отправляется в теплоизолированную емкость на хранение.

Проведенные исследования позволили определить основные варианты применения термоэлектрических модулей для первичной обработки продукции животноводства:

- в системах охлаждения молока и нагрева воды на технологические нужды фермы;
- в комбинированных пастеризационно-охладительных системах с использованием природного холода;

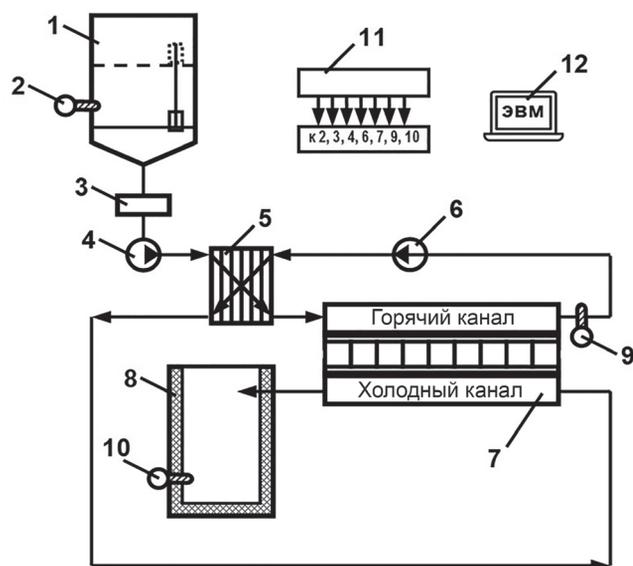


Рис. 5. Технологическая схема термоэлектрического пастеризатора-охладителя с рекуперацией теплоты пастеризационного молока:

- 1 – молокоприемник с датчиком уровня;
- 2, 9, 10 – датчики температуры;
- 3 – электромагнитный клапан-отсекатель;
- 4, 6 – насос;
- 5 – пластинчатый теплообменник (рекуператор);
- 7 – термоэлектрический пастеризатор-охладитель молока;
- 8 – теплоизолированная емкость;
- 11 – блок питания;
- 12 – компьютер

- на фермах с роботизированным оборудованием для производства персонализированных продуктов питания;
- использование теплоты пастеризованного молока для предварительного подогрева молока, поступающего на пастеризацию из молокопровода.

Выводы

1. Даны предложения по применению термомодулей для первичной обработки продукции животноводства. Термоэлектрические пастеризаторы-охладители молока перспективны для применения на фермах с доильными роботами и линиях для производства персонализированных продуктов питания, где нужны небольшая холодопроизводительность, теплота пастеризации и возможность реверсирования.

2. Предложены технологические схемы и дана методика теплового расчета, позволяющая выбрать мощность и оптимальную конфигурацию термоэлектрических модулей пастеризатора-охладителя молока для ферм с роботизированным доением.

3. Применение экологически безопасных комбинированных термоэлектрических пастеризаторов-охладителей молока с использованием природного холода и теплоты пастеризованного молока позволяет сохранить высокое качество молочной продукции и значительно снизить расход электроэнергии на первичную обработку молока.

Список использованных источников

1. **Иванов Ю.А.** Цифровое животноводство: перспективы развития // Вестн. ВНИИМЖ. 2019. № 1. С. 4-7;
2. **Mhundwa R., Simon M., Tangwe S.** Low-cost empirical modelling to determine cooling savings in a dairy plant using a pre-cooler. Proceedings of the 13th conference on the industrial and commercial use of energy (icue) 2016: 57-62. WOS: 000386657000009.
3. **Тихомиров И.А., Андрухина О.Л., Скоркин А.В.** Ресурсосберегающие технологии производства высококачественного молока // Вестн. ВНИИМЖ. 2018. № 4. С. 92-99.
4. **Murphy M.D., Upton J., Mahony M.J.** Rapid milk cooling control with varying water and energy consumption. Biosystems engineering. 2013; 116(1): 15-22. DOI 10.1016/j.biosystemseng.2013.05.007. WOS: 000323856000002.
5. **Rodrigo A. Jordan 1., Luis A. B. Cortez, Vivaldo Silveira Jr., Mário E. R. M. Cavalcanti-Mata, Felipe D. de Oliveira.** Modeling and testing of an ice bank for milk cooling after milking. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, 2018; 38(4): 510-517.
6. **Victor Torres-Toledo, Alice Hack, Farah Mrabet, Ana Salvatierra-Rojas, Joachim Müller.** On-farm milk cooling solution based on insulated cans with integrated ice compartment // International Journal of Refrigeration, 2018; 90: 22-31.
7. **Коршунов А.Б.** Влияние энергосберегающих систем с использованием природного холода на энергоемкость процесса охлаждения молока // С.-х. машины и технологии. 2020. Т. 14. № 3. С. 39-44. DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-3-39-44.
8. **Кирсанов В.В., Иванов Ю.Г., Верликова Л.Н., Кравченко В.Н.** Установка для охлаждения молока с использованием термоэлектрических модулей // Агроинженерия. 2021. № 3 (103). С. 49-55. DOI: 10.26897/2687-1149-2021-3-49-55.

9. **Коршунов А.Б.** Повышение эффективности первичной обработки молока на фермах // Агроинженерия. 2022. № 2 (24). С. 35-41. DOI: 10.26897/2687-1149-2022-2-35-41.

10. **Кирсанов В.В.** Структурно-функциональные модели построения автоматизированных и роботизированных молочных ферм нового поколения // С.-х. машины и технологии. 2022. № 1 (16). С. 4-9. DOI: 10.22314/2073-7599-2022-16-1-4-9.

11. **Кирсанов В.В., Цой Ю.А., Павкин Д.Ю.** Разработка автоматизированного и роботизированного комплекса машин и оборудования с интеллектуальными цифровыми технологиями для развития молочного животноводства // Техника и технологии в животноводстве. 2022. № 2 (46). С. 24-31. DOI: 10.51794/27132064-2022-2-24.

Proposals for the Use of Thermoelectric Modules for Pasteurization and Cooling of Milk on the Farms

A.B. Korshunov

(FGBNU FNATS VIM)

Summary. *The process flow sheets of environmentally friendly thermoelectric pasteurizers-coolers of milk are proposed. The methodology for thermal calculation of the power of thermoelectric modules of the milk pasteurizer-cooler for the farms with robotic milking and the basic variants of using thermoelectric modules for the primary processing of livestock products are presented. It has been shown that thermoelectric modules are promising option for the farms with milking robots where low cooling capacity, the heat for the pasteurization and the possibility of reversed process are needed. Furthermore these modules can be effectively used in combination with natural cold and heat recovery.*

Key words: *thermoelectric modules, pasteurizers-coolers, a method of thermal calculation, pasteurization and cooling of milk.*

Реферат

Цель исследования – разработка предложений по применению термоэлектрических модулей для пастеризации и охлаждения молока на фермах. Предложены технологические схемы экологически безопасных термоэлектрических пастеризаторов-охладителей молока. Одной из основных проблем большинства существующих пастеризационных установок является отсутствие встроенных холодильных машин, которые располагают отдельно в машинном отделении, что приводит к дополнительным потерям энергии, капитальным и эксплуатационным затратам. Альтернативой являются компактные пастеризационно-охладительные установки, работающие на основе эффекта Пельтье, в которых источник тепла и источник холода составляют единый модуль. Использование термоэлектрических модулей перспективно на фермах с доильными роботами. Для определения мощности и оптимальной конфигурации термоэлектрического пастеризатора-охладителя, объема, количества и размеров каналов, а также подбора необходимого количества термомодулей представлена методика теплового расчета для ферм с роботизированным доением, показаны основные варианты и схемы применения термоэлектрических модулей для первичной обработки продукции. При разработке термоэлектрического пастеризатора-охладителя молока было предложено использовать для изготовления теплообменников профили из нержавеющей стали 12X18H10T размерами 0,05×0,02 м и толщиной стенки 0,001 м, между которыми в один ряд размещены термоэлектрические модули. При двухрядном расположении термомодулей ширину профиля увеличивают до 0,1 м. При этом суммарный объем горячих каналов термоэлектрического пастеризатора-охладителя должен быть равен объему регулируемой откачиваемой порции молока. Значительного снижения мощности термоэлектрического пастеризатора-охладителя можно добиться, если свежесцеженное молоко предварительно пропускать через рекуператор, где оно будет предварительно нагреваться за счет теплоты пастеризованного молока. Так, подогретое до 60 °С молоко позволяет снизить суммарную установленную мощность термомодулей до 1286,95 Вт.

Abstract

The purpose of the study is to develop proposals for the use of thermoelectric modules for pasteurization and cooling of milk on the farms. The process flow sheets of environmentally friendly thermoelectric pasteurizers-coolers of milk are proposed. One of the main problems of most of the existing pasteurization plants is the lack of built-in refrigerators which are located separately in the engine room which leads to additional energy losses, capital and operating costs. An alternative is compact pasteurization and cooling units operating on the basis of the Peltier effect in which the heat source and the cold source form a single module. The use of thermoelectric modules is promising on the farms with milking robots. Thermal calculation method presented in the study can be used to determine the power and optimal configuration of a thermoelectric pasteurizer-cooler, the volume, number and the size of channels as well as for selecting the required number of thermal modules for the farms with robotic milking. The main options and schemes for using thermoelectric modules for primary processing of products are shown. The design of the thermoelectric milk pasteurizer-cooler includes the profiles made of non-rusting steel 12X18H10T with dimensions of 0.05×0.02 m and a wall thickness of 0.001 m for the heat exchangers between which thermoelectric modules are placed in one row. With a double-row arrangement of the thermal modules the profile width is increased to 0.1 m. In this case the total volume of the hot channels of the thermoelectric pasteurizer-cooler must be equal to the volume of the controlled pumped portion of milk. The power of a thermoelectric pasteurizer-cooler can be significantly reduced if the fresh milk is first passed through a recuperator where it will be preheated due to the heat of pasteurized milk. Thus, milk heated to 60 °C makes it possible to reduce the gross installed power of the thermal modules to 1286.95 W.

УДК 338.43

DOI: 10.33267/2072-9642-2024-4-45-48

Экономическое обоснование усовершенствованной технологии приготовления жмыха из семян подсолнечника

И.Е. Припоров,

канд. техн. наук,

доцент кафедры,

i.priporov@yandex.ru

(ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ»)

Аннотация. Представлены варианты усовершенствованных технологий приготовления жмыха подсолнечного, на которые получены патенты Российской Федерации. Годовая экономия совокупных затрат денежных средств снижается, а срок окупаемости дополнительных капиталовложений при этом увеличивается от 0,097 до 0,299 лет, верхний предел цены увеличивается в среднем на 77% и интегральный показатель конкурентоспособности находится в пределах 3,945-4,771.

Ключевые слова: усовершенствованная технология, жмых подсолнечный, экономические показатели, машина вторичной очистки, удельные затраты.

Постановка проблемы

Технологическая линия для приготовления комбикормов является целостной системой из элементов, в состав которой входят технические средства разных типов: дробилки, дозаторы, смесители и т.д. [1]. Поиск различных схем их производства направлен на повышение качества с одновременным снижением удельных капиталовложений, текущих и транспортных затрат, что приведет к строительству комбикормовых агрегатов или технологических линий небольшой мощности в фермерских хозяйствах. Производство комбикормов в них осуществляется на базе концентрата [2]. В состав структуры себестоимости производства животноводческой продукции входят затраты на корм, которые составляют свыше 65%. Сельхозпредприятию

с точки зрения экономики выгодно обеспечивать потребность животноводства в собственных комбикормах [3], а также для баланса рациона по протеину закупать высококачественный жмых [4].

Приготовить высококачественные комбикорма возможно при использовании несложных по составу технических средств (ТС) в комбикормовом агрегате (КА). Производство комбикормов непосредственно в хозяйстве способствует снижению себестоимости путем уменьшения транспортных расходов [5]. Принципом, по которому будет осуществляться выбор ТС, должна стать приспособленность их к условиям хозяйства, а также сроки и режим эксплуатации [1].

Проведенный анализ по серийным КА позволил выявить их недостатки [4]: низкая однородность продукта; энергоёмкость; металлоёмкость. Рабочий процесс их изучен недостаточно и должен быть направлен

на совершенствование с целью снижения энергоёмкости и повышения качества [4].

Таким образом, разработка КА для производства высококачественного продукта с низкими удельными затратами и металлоёмкостью является актуальной задачей [4].

Цель работы – оценка экономической эффективности использования технологической линии приготовления высококачественного жмыха из семян подсолнечника.

Материалы и методы исследования

Экономический эффект (ЭЭ) от результатов исследования достигается за счет применения технологической линии приготовления жмыха (патенты РФ № 2636474, 2646092, 2685123) на животноводческих предприятиях малых форм [6-9] хозяйствования с минимальным энергопотреблением и металлоёмкостью.

Таблица 1. Исходные данные по технологии приготовления жмыха по патентам РФ

Номер патента	Состав машин	Марка машин	Число	Цена, руб.
№ 2646092	Усовершенствованная машина вторичной очистки	МВУ-1500	1	1568700
	Бункер		1	287180
	Емкость накопительная		2	626470
	Усовершенствованный экструдер	КМЗ-2	1	1020000
	Емкость		1	313235
	Усовершенствованный измельчитель	СМ-2500g	1	10000
№ 2636474	Усовершенствованная машина вторичной очистки	МВУ-1500	1	1568700
	Усовершенствованный экструдер	КМЗ-2	1	1020000
№ 2685123	Усовершенствованная машина вторичной очистки	МВУ-1500	1	1568700
	Усовершенствованный экструдер	КМЗ-2	1	1020000
	Смеситель	УСК-3	1	925065
	Гранулятор	ДГ-0,9В	1	634000

Экономическую оценку проводили согласно ГОСТ Р 53056-2008 и ГОСТ Р 53057-2008 путем сравнения базовой установки для приготовления комбикормов типа Р6-УПК-1 «ООО Мельагроснаб» с технологическими линиями, в которых установлена усовершенствованная техника.

К показателям сравнительного ЭЭ [10, 11] относятся годовая экономия совокупных затрат денежных средств, интегральный показатель конкурентоспособности новой технологической линии на срок ее эксплуатации 5-25 лет.

Необходимая информация для проведения экономической оценки (состав, марки оборудования, стоимость линий и др.) была взята из справочных материалов (табл. 1).

Результаты исследований и обсуждение

Результаты расчета экономической эффективности технологических линий приготовления жмыха подсолнечного по ГОСТ Р 53056-2008 представлены в табл. 2.

Анализ представленных в табл. 2 и на рис. 1 данных показывает, что технологические линии с усовершенствованной техникой по сравнению с базовой установкой Р6-УПК экономически выгодны. Так, суммарные затраты на технологию приготовления жмыха (ТПЖ) уменьшаются и изменяются по следующим графическим зависимостям:

● Р6-УПК-1:

$$y = 2504,8x^2 - 2162x + 451184, \\ R^2 = 0,9773;$$

● патент № 2646092:

$$y = 1407,3x^2 - 12150x + 195553, \\ R^2 = 0,9773;$$

● патент № 2636474:

$$y = 891,4x^2 - 7696,2x + 137569, \\ R^2 = 0,9773;$$

● патент № 2685123:

$$y = 1645,3x^2 - 14205x + 231936, \\ R^2 = 0,9773;$$

где y – суммарные затраты на ТПЖ;

x – срок эксплуатации.

Годовая экономия совокупных затрат денежных средств в ТПЖ при сроке ее эксплуатации 5-25 лет снижается отдельно на 1006449, 928449 и 796047 руб. соответственно по патентам при одинаковой балансовой стоимости оборудования, входящего в нее (рис. 2).

Срок окупаемости дополнительных капиталовложений в ТПЖ в зависимости от срока ее эксплуатации (5-25 лет) увеличивается незначительно по патентам от 0,242 до 0,264, от 0,097 до 0,106 и от 0,274 до 0,299 лет соответственно (рис. 3).

Таблица 2. Показатели экономической эффективности технологических линий

Показатели	Сущест- вующий	Патент № 2646092	Патент № 2636474	Патент № 2685123
Затраты средств, руб.:				
на оплату труда	155977	36557	39824	45876
электроэнергию	3,76	2,64	1,31	2,62
ремонт и ТО	240713	167697	106223	196060
амортизацию техники в зависимости от срока ее эксплуатации*:				
5 лет	35661	24844	1537	29046
10 лет	17831	12422	7868	14523
15 лет	11887	8281	5246	9682
20 лет	8915	6211	3934	7261
25 лет	7132	4969	3147	5809
Прочие прямые затраты средств**, руб.	880	880	880	880
Суммарные затраты на машинную технологию приготовления жмыха, руб. (в зависимости от срока эксплуатации):				
5 лет	433235	185469	131182	219246
10 лет	415404	175451	124836	207534
15 лет	409461	172112	122721	203629
20 лет	406489	170442	121663	201677
25 лет	404706	169440	121029	200506
Капитальные вложения, руб.	1497769	4452055	2588700	4147765
Удельная остаточная стоимость, руб.	89153	62110	39342	72615
Зональная годовая наработка, т	-	35,84	32,9	28,56
Годовая экономия совокупных затрат денежных средств, руб. (в зависимости от срока эксплуатации):				
5 лет	-	12208541	11251227	9669847
10 лет	-	11579510	10670946	9172317
15 лет	-	11369833	10477519	9006474
20 лет	-	11264995	10380805	8923553
25 лет	-	11202092	10322777	8873800
Срок окупаемости дополнительных капиталовложений, лет (в зависимости от срока эксплуатации):				
5 лет	-	0,242	0,097	0,274
10 лет	-	0,255	0,102	0,289
15 лет	-	0,260	0,104	0,294
20 лет	-	0,262	0,105	0,297
25 лет	-	0,264	0,106	0,299
Верхний предел цены по новому комплексу, руб. (в зависимости от срока эксплуатации):				
5 лет	-	65494758	58844833	52496998
10 лет	-	120247157	109298158	95870938
15 лет	-	174999557	159751483	139244878
20 лет	-	229751956	210204809	182618817
25 лет	-	284504355	260658134	225992757

* Показатели рассчитаны при одинаковой балансовой стоимости техники.

** Источник [7].

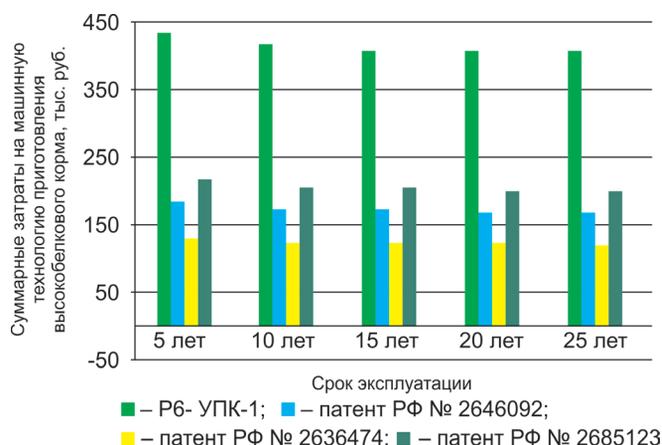


Рис. 1. Графическая зависимость суммарных затрат на ТПЖ от срока ее эксплуатации

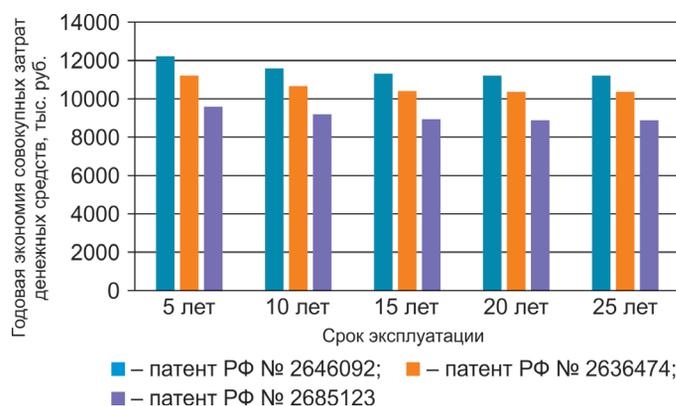


Рис. 2. Зависимость годовой экономии совокупных затрат денежных средств от срока реализации усовершенствованных ТПЖ

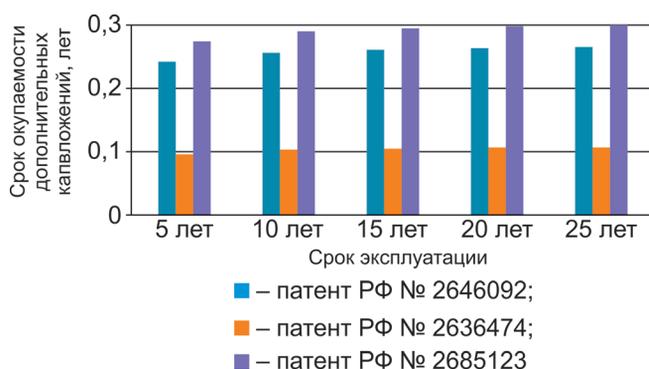


Рис. 3. Зависимость срока окупаемости дополнительных капвложений от срока реализации усовершенствованных ТПЖ

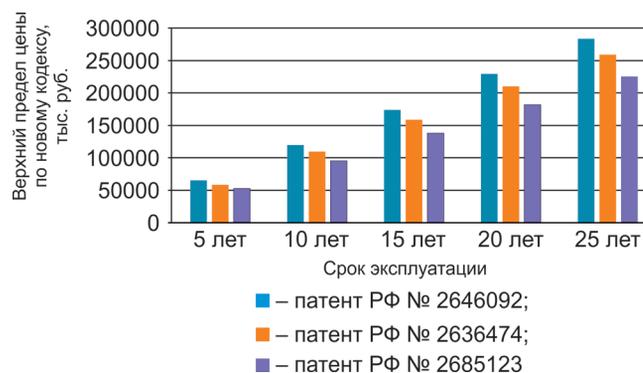


Рис. 4. Зависимость верхнего предела цены по новому комплексу от срока реализации усовершенствованных ТПЖ

Верхний предел цены по новому комплексу в ТПЖ в зависимости от срока ее эксплуатации (5-25 лет) увеличивается по патентам на 219009598 руб., или 77%, 201813301 руб., или 77,4% и 173495759 руб., или 76,8%, соответственно (см. табл. 2, рис. 4).

Приведенная структура хозяйствующих субъектов используется для определения интегрального показателя конкурентоспособности машин в ТПЖ. Данный показатель для сравниваемых технологий определяется по ГОСТ Р 53057-2008:

$$k_M = k_1\gamma_1 + k_2\gamma_2 + k_3\gamma_3. \quad (1)$$

Результаты расчета интегрального показателя конкурентоспособности сравниваемых ТПЖ представлены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты расчета интегрального показателя конкурентоспособности сравниваемых ТПЖ

Показатели	Значение по патентам		
	№ 2646092	№ 2636474	№ 2685123
Коэффициент цены конкурирующей машины (k_1)	2,42	1,59	2,83
Коэффициент прямых затрат денежных средств конкурирующей машины (k_2) в зависимости от срока эксплуатации:			
5 лет	0,428	0,303	0,506
10 лет	0,422	0,301	0,500
15 лет	0,420	0,300	0,497
20 лет	0,419	0,299	0,496
25 лет	0,419	0,299	0,495
Коэффициент производительности труда конкурирующей машины (k_3)	4,267	3,917	3,400
Интегральный показатель конкурентоспособности в зависимости от срока эксплуатации (k_M):			
5 лет	4,774	3,946	4,030
10 лет	4,771	3,945	4,028
15 лет	4,770	3,945	4,027
20 лет	4,770	3,944	4,026
25 лет	4,770	3,944	4,026

Интегральный показатель конкурентоспособности ТПЖ по представленным патентам находится на высоком уровне (от 1,3 и выше по ГОСТ Р 53057-2008) и в среднем изменяется от 3,945 до 4,771, это объясняется наличием усовершенствованных машин для вторичной очистки семян подсолнечника и приготовления жмыха с низкими удельными энергозатратами.

Выводы

1. В предложенных вариантах годовая экономия совокупных затрат денежных средств в ТПЖ при сроке ее эксплуатации от 5 до 25 лет снижается отдельно по патентам на 1006449, 928449 и 796047 руб. соответственно при одинаковой балансовой стоимости оборудования, входящего в неё.

2. Срок окупаемости дополнительных капиталовложений в ТПЖ увеличивается незначительно по патентам - от 0,242 до 0,264 лет, от 0,097 до 0,106 и от 0,274 до 0,299 лет. Верхний предел цены по новому комплексу в ТПЖ увеличивается по патентам на 219009598 руб., или 77%, 201813301 руб., или 77,4%, и 173495759 руб., или 76,8%.

3. Интегральный показатель конкурентоспособности машин в ТПЖ по представленным патентам находится на высоком уровне конкурентоспособности (от 1,3 и выше по ГОСТ Р 53057-2008) и изменяется от 3,945 до 4,771 за счет наличия усовершенствованных машин для вторичной очистки семян подсолнечника и приготовления жмыха с низкими удельными энергозатратами.

Список

использованных источников

1. **Симачкова М.С.** Анализ технологических линий и оборудования для приготовления комбикормов // Вестник НГИЭИ. 2023. № 6 (145). С. 18-36.

2. **Алимкулов Ж.С.** Оптимизационные математические модели измельчения сырья при производстве комбикормов на основе кормового обогатительного концентрата / Ж.С. Алимкулов, М.Т. Велямов, К.Н. Фазылова и др. // Вестник ЮУрГУ. 2020. Т. 8, № 2. С. 29-36.

3. **Савиных П.А., Сычугов Ю.В., Казаков В.А.** Комбикормовый цех для сельскохозяйственного предприятия // Вестник ВНИИМЖ. 2019. № 1(33). С. 71-76.

4. **Герасимова С.П., Зырянов Д.А., Турубанов Н.В., Чернятьев А.Н.** Технико-экономическое обоснование внутрихозяйственного комбикормового цеха // Владимирский земледелец. 2018. № 4. С. 58-63.

5. **Садов В.В.** Экспертная оценка комбикормовых агрегатов на основе нечетких множеств // Вестник Алтайского ГАУ. 2017. № 9 (155). С. 179-185.

6. **Koren Y., Gu Xi, Guo W.** Reconfigurable manufacturing systems: Principles, design, and future trends // Frontiers of Mechanical Engineering, 2017.

7. **Brunoe T.D., Andersen A.L., Nielsen K.** Reconfigurable Manufacturing Systems in Small and Medium Enterprises // Managing Complexity. Springer International Publishing, 2017. P. 205-213.

8. **Coppini A., Saliba M. A.** Towards practical guidelines for conversion from a fixed to a reconfigurable manufacturing automation system // Procedia Manufacturing. 2017. Vol. 11. P. 1102-1111.

9. **Lier S., Riese J., Cvetanoska G., Lesniak A. K., Muller S., Paul S., Sengen L., Grunewald M.** Innovative scaling strategies for a fast development of apparatuses by modular process engineering // Chemical Engineering and Processing: Process Intensification. 2018. Vol. 123. P. 111-125.

10. Методика определения экономической эффективности технологий сельскохозяйственной техники [Текст]. В 2-х ч. М.: Минсельхозпрод России, 1998.

11. **Садов В.В.** Обоснование структуры и состава технологических линий для производства комбикормов в сельскохозяйственных предприятиях: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01. Барнаул: Алтайский ГТУ им. И.И. Ползунова, 2018. 294 с.

12. ГОСТ Р 53057-2008. Машины сельскохозяйственные. Методы оценки конкурентоспособности. М.: Стандарт-информ, 2009. 5 с.

Economic Assessment of the Improved Technology for Preparing Cake from Sunflower Seeds

I.E. Priporov

(Kuban State Agrarian University)

Summary. The improved technologies for preparing sunflower seed cake, for which the Russian Federation patents have been obtained, are presented. The annual savings in total cash costs are reduced, and the payback period for additional investments increases from 0.097 to 0.299 years, the upper price limit increases on average by 77% and the integral indicator of competitiveness is in the range of 3.945-4.771.

Key words: improved technology, sunflower seed cake, economic indicators, secondary treatment machine, unit costs.

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Приглашаем вас принять участие в работе XVI Международной научно-практической конференции «Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК» (ИнформАгро-2024), которая состоится 6 июня 2024 г.

К участию в конференции приглашаются российские и зарубежные ученые, сотрудники научных учреждений, преподаватели и аспиранты высших учебных заведений, представители производственных организаций

В работе конференции предусмотрены секции:

1. Инновационные технологии селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур;
2. Природоподобные технологии и технические средства для агропромышленного производства;
3. Новые проектные и наукоемкие инженерные решения при проектировании и строительстве объектов предприятий АПК;
4. Информационные технологии в сфере сельского хозяйства;
5. Социально-экономические вопросы инновационного развития сельских территорий;
6. Формирование кадрового потенциала национального агропромышленного комплекса: опыт и перспективы.

Материалы конференции будут включены в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)

С более подробной информацией можно ознакомиться на сайте: rosinformagrotech.ru

Телефон для справок: 8 (495) 594-99-73 E-mail: inform-iko@mail.ru