

**Редакционная коллегия:**

главный редактор – **Федоренко В.Ф.**,  
д-р техн. наук, проф., академик РАН;  
зам. главного редактора – **Мишуоров Н.П.**,  
канд. техн. наук.

**Члены редколлегии:**

**Апатенко А.С.**, д-р техн. наук;  
**Виноградов А.В.**, д-р техн. наук;  
**Голубев И.Г.**, д-р техн. наук, проф.;  
**Ерохин М.Н.**, д-р техн. наук, проф., академик РАН;  
**Завражнов А.И.**, д-р техн. наук, проф.,  
академик РАН;  
**Кузьмин В.Н.**, д-р экон. наук;  
**Левшин А.Г.**, д-р техн. наук, проф.;  
**Лобачевский Я.П.**, д-р техн. наук, проф.,  
академик РАН;  
**Морозов Н.М.**, д-р экон. наук, проф.,  
академик РАН;  
**Папцов А.Г.**, д-р экон. наук, проф., академик РАН;  
**Полухин А.А.**, д-р экон. наук, проф. РАН;  
**Сторчевой В.Ф.**, д-р техн. наук, проф.;  
**Тихомиров Д.А.**, д-р техн. наук,  
проф. РАН, чл.-корр. РАН;  
**Цой Ю.А.**, д-р техн. наук, проф., чл.-корр. РАН;  
**Черноиванов В.И.**, д-р техн. наук, проф.,  
академик РАН;  
**Шогенов Ю.Х.**, д-р техн. наук,  
чл.-корр. РАН

**Editorial Board:**

Chief Editor – **Fedorenko V.F.**, Doctor of Technical  
Science, professor, academician  
of the Russian Academy of Sciences;  
Deputy Editor – **Mishurov N.P.**, Candidate  
of Technical Science.

**Members of Editorial Board:**

**Apatenko A.S.**, Doctor of Technical Science;  
**Vinogradov A.V.**, Doctor of Technical Science;  
**Golubev I.G.**, Doctor of Technical Science, professor;  
**Erokhin M.N.**, Doctor of Technical Science,  
professor, academician of the Russian Academy  
of Sciences;  
**Zavrzhnov A.I.**, Doctor of Technical Science,  
professor, academician of the Russian  
Academy of Sciences;  
**Kuzmin V.N.**, Doctor of Economics;  
**Levshin A.G.**,  
Doctor of Technical Science, professor;  
**Lobachevsky Ya.P.**, Doctor of Technical Science,  
professor, academician  
of the Russian Academy of Sciences;  
**Morozov N.M.**, Doctor of Economics, professor,  
academician of the Russian Academy of Sciences;  
**Papstov A.G.**, Doctor of Economics, professor,  
academician of the Russian Academy of Sciences;  
**Polukhin A.A.**, Doctor of Economics, professor  
of the Russian Academy of Sciences;  
**Storchev V.F.**, Doctor of Technical Science,  
professor;  
**Tikhomirov D.A.**, Doctor of Technical Science,  
professor  
of the Russian Academy of Sciences;  
corresponding member of the Russian Academy  
of Sciences;  
**Tsoi Yu.A.**, Doctor of Technical Science,  
professor, corresponding member  
of the Russian Academy of Sciences;  
**Chernoivanov V.I.**, Doctor of Technical Science,  
professor, academician  
of the Russian Academy of Sciences;  
**Shogenov Yu.H.**, Doctor of Technical Science,  
corresponding member  
of the Russian Academy of Sciences  
**Отдел рекламы**  
Горбенко И.В.  
**Верстка**  
Речкина Т.П.  
**Художник** Жуков П.В.

**ТЕХНИКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СЕЛА**  
MACHINERY AND EQUIPMENT FOR RURAL AREA

**В НОМЕРЕ**

**Техническая политика в АПК**

**Цой Ю.А., Кирсанов В.В., Мишуоров Н.П.** Модель внутриотраслевой конкуренции и системообразующие факторы молочной отрасли России..... 2

**Технико-технологическое оснащение АПК: проблемы и решения**

Кормозаготовка в четыре ротора от CLAAS..... 7  
Вся линейка тракторов Ростсельмаш 2022 ..... 8

**Технологии, машины и оборудование для АПК**

**Костенко М.Ю., Тетерин В.С., Липатов Н.В., Терентьев А.С.** К вопросу совершенствования гребнеобразующего культиватора-подкормщика..... 10  
**Гусев А.Ю., Купряшкин В.Ф., Уланов А.С., Кувшинов А.Н., Четверов Н.А., Овчинникова А.В.** Обоснование конструктивных параметров рабочих элементов привода навесного почвообрабатывающего модуля с комбинированным вращением активных рабочих органов ..... 15  
**Ужик В.Ф., Кузьмина О.С., Китаева О.В., Кабашко Я.В.** Результаты экспериментальных исследований датчика потока молока почтчетвертного доильного аппарата ..... 22  
**Аулов В.Ф., Рожков Ю.Н.** К вопросу о совмещении электроискрового и термодиффузионного методов для упрочнения поверхностей деталей машин в АПК .... 28

**Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение АПК**

**Тихомиров Д.А., Трунов С.С., Хищенко А.В.** Энергосберегающая система отопления с применением электрических тепловых аккумуляторов и потолочных вентиляторов ..... 34  
**Борычев С.Н., Успенский И.А., Каширин Д.Е., Симдянкин А.А., Юхин И.А.** Обоснование схемы симметрирующе-согласующего устройства для лечения коров электромагнитным полем высокой частоты ..... 39

**Аграрная экономика**

**Кузьмин В.Н., Петухов Д.А., Свиридова С.А., Труфляк Е.В.** Эффективность применения пневматических зерновых сеялок с энергонасыщенными тракторами ..... 44

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**:  
05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки);  
05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве (технические науки);  
05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве (технические науки);  
08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности) (экономические науки).

**Редакция журнала:**

141261, г.п. Правдинский Московской обл., ул. Лесная, 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», 2022  
Отпечатано в ФГБНУ «Росинформагротех»  
Подписано в печать 24.02.2022 Заказ 26

УДК 637.115

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-2-2-6

# Модель внутриотраслевой конкуренции и системообразующие факторы молочной отрасли России

**Ю.А. Цой,**

д-р техн. наук, проф.,  
чл.-корр. РАН, гл. науч. сотр.,  
yu.a.tsoy@mail.ru

**В.В. Кирсанов,**

д-р техн. наук, проф.,  
зав. отделом,  
kirvv2014@mail.ru  
(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

**Н.П. Мишуров,**

канд. техн. наук,  
первый заместитель-  
заместитель директора  
по научной работе  
mishurov@rosinformagrotech.ru  
(ФГБНУ «Росинформагротех»)

**Аннотация.** Приведена динамика производства молока в хозяйствах всех категорий Российской Федерации. С позиции теории функциональных систем рассмотрены противоречия между системообразующими факторами отрасли, стремящейся увеличить душевое производство натурального молока, и отраслевыми предприятиями перерабатывающего комплекса и торговли, в которых в качестве системообразующего фактора доминирует прибыль. На основе универсальной модели Майкла Портера предложена модель внутриотраслевой конкуренции молочной отрасли, учитывающая влияние кредитно-финансовой системы и других факторов.

**Ключевые слова:** душевое потребление молока, молочная отрасль, системообразующий фактор, кредитно-финансовый ресурс.

## Постановка проблемы

Согласно статистическим данным, в производстве валовой продукции сельского хозяйства России более 40% приходится на животноводство. В Советском Союзе поддерживался определенный паритет между от-

раслями растениеводства и животноводства, балансируя на уровне 50%. Растениеводство всегда снабжало животноводство основными видами кормов растительного происхождения, а отходы животноводства в виде органических удобрений (навоз) возвращались на поля, поддерживая биологическое плодородие почв. Соблюдаемый между этими отраслями баланс создавал в регионах нормальную экологическую ситуацию.

В рыночных условиях резко усилилась отраслевая неравномерность сельскохозяйственного производства. Отдельные регионы стали исключительно зерносеющими, а другие в избытке застроены крупными животноводческими комплексами. Поэтому в первом случае стало происходить засоление почв и истощение гумусного слоя, а во втором возникла угроза экологической безопасности, связанная с переизбытком и необходимостью утилизации навозных масс. С учетом этого задача восстановления межотраслевого равновесия сельскохозяйственного производства в регионах является крайне актуальной как с позиций их социально-экономического развития, так и с позиций экологической безопасности производства. В этом смысле регионам важно иметь не только высокоцентрализованные крупные формы производства (агрохолдинги), но и поддерживать развитие коллективных и фермерских хозяйств, особенно для развития животноводства.

В молочной отрасли России, несмотря на принимаемые меры, а в модернизацию отрасли только с 2008 г. вложено свыше 400 млрд руб., дефицит сырого молока ликвидировать не удалось. По данным Росстата, заметного прироста валового

производства молока не происходит. Дефицит сырого молока составляет около 7 млн т. Душевое потребление – 230 кг, что меньше рекомендуемой нормы [1, 2].

Рассматривая отрасль как систему, можно выделить три связанных между собой подсистемы: производство молока на фермах, его последующая переработка на молокозаводах и реализация в торговых сетях. Данную систему можно отнести к классу функциональных систем, принципы и особенности функционирования которых впервые были сформулированы П.К. Анохиным [3]. Дальнейшим развитием этой концепции явилась системно-эволюционная теория его ученика В.Б. Швыркова, предложившего расширить понятие – «социальная функциональная система» [4]. Ключевым элементом таких систем по П.К. Анохину является наличие системообразующего фактора. В молочной отрасли в качестве системообразующего фактора представляется целесообразным использовать такой показатель, как душевое потребление молока в стране.

В направлении изучения факторов конкуренции мировое признание получили работы Майкла Портера. Концептуальную основу его конкурентной стратегии составили разработанные положения о внутриотраслевой конкуренции, воплощенной в пяти конкурентных силах: власть поставщиков, власть покупателей, внутриотраслевая конкуренция, угроза появления новых игроков и угроза субститутов [5].

Введенная в конце 2019 г. новая редакция Доктрины продовольственной безопасности страны предусматривает новый критерий – «отношение отечественного производства

к объему внутреннего потребления, и сделать продукцию доступной всем слоям населения».

Согласно П.К. Анохину, для достижения поставленных целей системообразующий фактор должен «радикально ограничивать степень свободы участвующих в данном множестве компонентов». На практике в молочной отрасли страны в целом пока таких эффективных рычагов воздействия нет. Исключением являются лишь некоторые крупные предприятия и холдинги, сосредоточившие или стремящиеся сосредоточить в своих руках полный цикл производства, переработки и реализации готовой продукции.

**Цель исследований** – разработка структурно-экономической модели внутриотраслевой конкуренции молочной отрасли, учитывающей влияние основных системообразующих факторов в сфере производства, переработки и реализации молочной продукции для повышения объемов душевого производства и потребления молока и молочных продуктов.

### Материалы и методы исследования

Объектами исследования являются условия и механизмы повышения эффективности взаимодействия и функционирования отраслевой системы, включающей в себя предприятия по производству, переработке молока и сферы торговли. Для этого необходимо провести анализ системообразующих и конкурентных факторов развития основных функционирующих подсистем молочной отрасли с построением модели внутриотраслевой конкуренции для решения конечной задачи – увеличения душевого производства и потребления натуральной молочной продукции.

Основными задачами исследований являются:

- проведение сравнительного анализа структуры розничной цены на молоко в России и за рубежом;
- проведение отраслевого анализа системообразующих конкурентных сил и факторов производства, переработки и реализации молочной продукции населению России;

- рассмотрение экономических моделей и механизмов повышения прибыли и увеличения душевого потребления молока в различных подсистемах с учетом вариативности получения альтернативной молочной продукции из заменителей молочного жира и сухого молока.

Методической основой выполнения данной работы послужили разработанные Майклом Портером основные положения о внутриотраслевой конкуренции, статистический анализ рынка молочной продукции и структуры производителей молока и формирования его розничной цены в странах ЕС и России на основе данных портала Dairy News. Проведенный анализ развития молочного животноводства затрагивает период с 2008 г. по настоящее время.

### Результаты исследований и обсуждение

В молочной отрасли системообразующий фактор носит социальный характер, определен обществом и Доктриной продовольственной безопасности. Соответственно, регулятором, радикально ограничивающим степень свободы подсистем и обеспечивающим достижение поставленных обществом показателей, должно быть государство. Как справедливо отмечено в работе [7], «неопределенность с будущим резко ухудшает развитие системы, которая утрачивает динамику, снижает интегрированность, а также эффективность функционирования».

Об обоснованности второй силы (покупатели молока) применительно к рассматриваемой системе и подсистемам косвенно свидетельствует такой факт, что в среднем по Российской Федерации в розничной цене на молоко доля производителя составляет всего 39% (рис. 1) [10, 11].

М. Портер отмечает, что наибольший потенциал прибыльности приходится на сферу услуг, в нашем случае – торговлю. В условиях сложившихся в России реалий к пяти конкурентным силам М. Портера считаем целесообразным добавить шестую конкурентную силу – доступность финансово-кредитных ресурсов, которая для предприятий далеко не одинакова (рис. 2).

Ограниченные возможности бюджета и соответственно величины господдержки порождают диктат финансово-кредитных организаций [5]. Приоритет получают крупные холдинги с ориентацией на строительство мегаферм. По сообщениям СМИ, крупнейший холдинг по производству молока «ЭкоНива», на долю которого приходится менее 3% производимого в стране молока, получил 50% от общей суммы господдержки в стране, а все фермерские хозяйства – только 2% [6]. В стране на фермах с содержанием 400 коров и менее (более 80% всех предприятий по производству молока) производится 48% молока. По данным информационного агентства Dairy News, стоимость скотоместа на молочных фермах до 400 коров в несколько раз меньше, чем на крупных фермах [9].



Рис. 1. Структура розничной цены на молоко в России и за рубежом, %



Рис. 2. Системообразующие конкурентные силы в молочной отрасли

Проведенные расчеты показывают, что если 80% инвестиций направить на модернизацию ферм этого типоразмера, а 20% – на мегафермы (в настоящее время наблюдается противоположная тенденция), то валовое производство молока и прирост поголовья коров можно увеличить в 2 раза, продолжительность хозяйственного использования коров – в 2-2,5 раза благодаря организации и использованию прифермских пастбищ, в 2 раза сократить сроки ввода модернизированных мощностей.

В первой подсистеме, учитывая дефицит молока в стране, наибольший интерес для анализа и обоснования принятия каких-либо решений представляют три конкурентные силы: рыночная власть поставщиков, покупателей и угроза субститутов, т.е. перехода на другие, более рентабельные заменители молочной продукции.

«Рыночная власть поставщиков» определяется стоимостью оборудования и последующей его эксплуатации. «Рыночная власть покупателей» это, прежде всего, молоко- и мясоперерабатывающие предприятия и в редких случаях (при наличии собственной переработки) – население и торговля. Что касается реализации «угрозы субститутов», то нередко на практике хозяйства под влиянием других конкурентных сил сокращают производство молока, вплоть до его полного прекращения по соображе-

ниям экономической безопасности, переходя на производство менее трудоемкой продукции (овощи, зерновые культуры и др.). Отраслевой анализ конкурентных стратегий приведен в таблице.

Поскольку главная цель отраслевого анализа – выяснить адекватность системообразующих факторов системы и входящих в нее подсистем, то для удобства дальнейшего анализа формализуем рассматриваемые соотношения. Для этого введем следующие обозначения:

$V_m$  – валовое производство молока российскими предприятиями, л;

$V_{zm}$  – количество молока и молочных продуктов, приготовленное из заменителей (сухой порошок и пальмовое масло), л;

$V_{им}$  – количество импортируемого молока, л.

Соответственно прибыль в первой подсистеме будет равна

$$П_1 = V_m (Ц_1 - C_1), \quad (1)$$

где  $Ц_1$  – среднее значение цены 1 л молока, реализуемого производителями, руб.;

$C_1$  – средняя себестоимость производства 1 л молока в отрасли, руб.

В функционировании второй подсистемы (молокозаводы) имеется реальная угроза субститута в виде сухого молока и пальмового масла. Масштабы производства заменителей натурального молока приняли довольно значимые объемы.

Так, за прошлый год, по данным СМИ, в России было закуплено более 1 млн т пальмового масла. По данным Роспотребнадзора, доля молочных продуктов с использованием растительных жиров составляет около трети всего объема. В этой связи прибыль второй подсистемы будет состоять из двух частей: прибыль, получаемая от переработки и продажи натурального молока  $П_{2м}$ , и прибыль от организации производства на основе сухого молока и растительных жиров  $П_{2зм}$ . По сообщениям СМИ, себестоимость такого молока составляет 12 руб/л при закупочных ценах на натуральное молоко свыше 20 руб/л. При таком соотношении цен и норме прибыли, как писал К. Маркс, «Нет такого преступления, на которое бы не пошел капитал ради 300 % прибыли».

Прибыль от переработки и реализации натурального молока:

$$П_{2м} = B_m (Ц_{2м} - Ц_1 - C_{2сз}), \quad (2)$$

где  $Ц_{2м}$  – цена молока, поступающего с завода в торговую сеть, руб/л;

$Ц_1$  – цена закупки молока у производителей в первой подсистеме, руб/л;

$C_{2сз}$  – собственные затраты молокозаводов на переработку молока, руб/л.

Прибыль от производства молочной продукции из заменителей – сухого порошка и пальмового масла:

$$П_{2зм} = B_{зм} (Ц_{2зм} - C_{2зм}), \quad (3)$$

где  $Ц_{2зм}$  – цена реализации единицы молочной продукции, приведенная к 1 л молока, из сухого порошка и пальмового масла, руб.

$C_{2зм}$  – себестоимость единицы молочной продукции, приведенная к 1 л молока, из сухого порошка и пальмового масла.

В торговой сети реализуется другая угроза субститута в виде закупки импортных молочных продуктов, в частности, сливочного масла и сыра. Прибыль торговая сеть будет получать от продажи молочной продукции трех видов: из натурального молока –  $П_{3м}$ ; импортной молочной продукции –  $П_{3им}$  и из заменителей – сухого порошка и пальмового масла  $П_{3зм}$ .

Следовательно, объем продукции, реализованный через торговую сеть и равный затратам населения, составит

**Отраслевой анализ конкурентных стратегий производства, переработки и поставки молочной продукции населению России**

Системообразующие факторы конкурентной силы	Отраслевые подсистемы		
	производство молока	переработка молока	реализация молочной продукции населению
Отраслевые конкуренты	Производители молока: К(Ф)Х, бывшие колхозы и совхозы, агрохолдинги, ЛПХ	Молочные заводы, молочные цеха и предприятия К(Ф)Х, сельхозорганизации и холдинги	Магазины, торговая сеть
Потенциальные конкуренты	Создание новых К(Ф)Х, новое строительство и расширение существующих ферм	Строительство новых молочных предприятий и цехов, в том числе существующих производителей молока	Создание новых торговых предприятий
Поставщики (рыночная власть поставщиков)	Оборудование и сервисное обслуживание, энерготепловое снабжение и ТСМ, корма или их ингредиенты, налоговые отчисления, рабочая сила, ремонт стада и ветеринарное обслуживание, логистика и др.	Производители молока и сопутствующих ингредиентов, оборудование и сервисное обслуживание, энерготепловодоснабжение и ТСМ, налоговые отчисления, расходный материал, рабочая сила, логистика и др.	Молокоперерабатывающие предприятия, импортеры молочной продукции
Покупатели (рыночная власть покупателей)	Молокоперерабатывающие, мясоперерабатывающие заводы, хозяйства, закупающие племенной скот, население	Торговая сеть	Население, предприятия общепита, учебно-образовательные учреждения, армия и др.
Субституты. Угроза субститутов (другие виды продукции и услуг)	Резкое сокращение ЛПХ по производству молока по следующим причинам: ликвидация многих с.-х. организаций лишит возможности снабжать ЛПХ кормами, проблема с логистикой и сдачей молока. Многоотраслевой характер сельхозпроизводства нередко приводит к ситуации убыточности молочной и прибыльности других видов продукции	Снижение закупочных цен поставщика за счет перехода на производство молочной продукции из сухого порошка и растительных жиров. Снижение доли молочной продукции из натурального молока. Реклама замены молока на продукты из зерна, якобы идентичных натуральному молоку	Увеличение импорта молочной продукции (сыр, сливочные масла) ведет к снижению товарного производства молока в России и загрузке молокоперерабатывающих предприятий
Доступность к финансово-кредитным ресурсам	Кредитование предприятий, оказание лизинговых услуг по приобретению технологического оборудования. В льготном кредитовании приоритет отдается крупным агрохолдингам. Доступ малых форм хозяйствования (до 400 голов и меньше) к кредитно-финансовому обслуживанию затруднен	Кредитование предприятий, оказание лизинговых услуг по приобретению молокоперерабатывающего технологического оборудования. Затруднено кредитно-финансовое обслуживание предприятий малой мощности	Поддержка развития крупных торговых сетей. Затрудненность выхода на рынок ИП и К(Ф)Х

$$Z_n = \Pi_{3M} B_M + \Pi_{33M} B_{3M} + \Pi_{3UM} B_{UM}, \quad (4)$$

где  $Z_n$  – затраты населения на покупку молочной продукции, в том числе из натурального молока, произведенного в России, руб.;

$\Pi_{3M}, \Pi_{33M}, \Pi_{3UM}$  – соответственно розничная цена молочных продуктов в третьей подсистеме (торговой сети) из натурального молока, молочной смеси с заменителями – растительными жирами и импортного молока.

Душевое потребление натурального молока можно представить целевой функцией вида

$$q_m = \frac{B_m}{N} \rightarrow \max, \quad (5)$$

где  $N$  – численность населения.

Анализ последнего выражения показывает, что увеличить душевое потребление натуральных молочных продуктов  $q_m$  можно путем наращивания объемов его производства и сокращения численности населения, потребляющего молоко, однако последнее обстоятельство неприемлемо по соображениям ЗОЖ.

Остается вариант увеличения объемов производства натурального молока. Рассмотрим его как функцию, выраженную из уравнения (4):

$$B_M = \frac{Z_n - (\Pi_{33M} B_{3M} + \Pi_{3UM} B_{UM})}{\Pi_{3M}}. \quad (6)$$

Анализ выражения показывает, что повысить потребление натурального молока и молочной продукции при фиксированных доходах населения  $Z_n$  можно, если увеличить числитель выражения (6) путем уменьшения составляющей затрат на потребление заменителей молочной продукции  $(\Pi_{33M} B_{3M} + \Pi_{3UM} B_{UM})$  или уменьшить знаменатель дроби путем снижения потребительских цен (за счет повышения производительности труда, снижения издержек в сфере производства и переработки продукции,

а также увеличения дотаций сельхозтоваропроизводителям и регулирования цен на продукцию социального назначения в торговых сетях). Или увеличением доходов населения, однако последнее обстоятельство скорее приведет к росту цен и выравниванию процесса потребления.

Уменьшение составляющей импортного потребления ( $\Pi_{3\text{эм}}B_{3\text{эм}} + \Pi_{3\text{им}}B_{3\text{им}}$ ) – наиболее адекватный путь, соответствующий Доктрине продовольственной безопасности и увеличению спроса на продукцию отечественного производства, как это произошло с сырами и таким образом поддержало отечественный сектор производства, который стал быстро развиваться, в том числе путем увеличения количества малых форм хозяйствования (К(Ф)Х). Данное обстоятельство обуславливает развитие внутреннего рынка. Что касается развития внешнего рынка и экспорта молочной продукции, то это очень перспективное направление, которое позволит увеличить доходность российских предприятий и повысить их модернизационный потенциал, направив часть вырученных средств на развитие, по аналогии с развитием сектора производства зерновых и масличных культур в АПК.

### Выводы

1. Различие системообразующих факторов в разных подсистемах

(производство, переработка, реализация), которое сложилось в целом по стране из-за действия различных конкурентных сил, не создает благоприятных условий для увеличения душевого производства молока и доведения его потребления до медицинских норм.

2. Необходимо введение ограничительных мер против угрозы субститутов с целью минимизации поставок и производства заменителей молочной продукции.

3. Необходимо сбалансированное регулирование и развитие рынка молочной продукции на основе кооперации и учета интересов всех участвующих в нем подсистем, стимулирование сельхозтоваропроизводителей всех форм собственности для производства высококачественного натурального молока.

### Список

#### использованных источников

1. **Britt J.H., Gussmann R.A., Dechow C.D., Dobson H.** Invited review: Learning from the future-A vision for dairy farms and cows in 2067. : J Dairy Sci. 2018 May; 101(5): 3722-3741. doi: 10.3168/jds.2017-14025. Epub 2018 Mar 1.

2. **Анохин П.К.** Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем // Принципы системной организации функций. М.: Наука, 1973. С. 5-61.

3. **Швырков В.Д.** Введение в объективную психологию, нейрональные основы психики. М.: Институт психологии РАН, 1995. 162 с.

4. **Аверьянов А.Н.** Системное познание мира: методологические проблемы. М.: Политиздат, 1985. 263 с.

5. **Портнер М.** Конкурентная стратегия: методика анализа отраслей и конкурентов. М.: ООО «Альпина Паблишер», 2015. 600 с.

6. **Федеральный сельсовет: как имея все, потерять еще больше // Аргументы недели. № 34 (678). 04.08.2019.**

7. Проблема системообразующего фактора системы «человек – жизненная среда» [Электронный ресурс]. URL: <https://revolution.allbest.ru/philosophy/01033355-0.html> (дата обращения: 15.12.2021).

8. **Бейлис М.Е., Карев В.Ф., Радько В.А.** Истринское опытное хозяйство: молочный комплекс «Котово». М.: Московский рабочий, 1975. 18 с.

9. Сколько стоит построить ферму в 2018 г.? // The DairyNews [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dairynews.ru/news/skolko-stoit-postroit-fermu-v-2018-godu.html> 29.12.2018 (дата обращения: 22.12.2021).

10. Ценовая цепь на молоко // The DairyNews. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.dairynews.ru/photoreports/cenovaja\\_cer\\_na\\_moloko.html](http://www.dairynews.ru/photoreports/cenovaja_cer_na_moloko.html) (дата обращения: 22.12.2021).

11. **Кирсанов В.В., Филонов Р.Ф., Тареева О.А.** Алгоритм управления доильными установками типа «Карусель» // Техника и оборудование для села. 2012. № 10. С. 20-22.

### Model of Intra-industry Competition and System-forming Factors of the Dairy Industry in Russia

**Yu.A. Tsoi, V.V. Kirsanov**  
(VIM)

**N.P. Mishurov**

(Rosinformagrotekh)

**Summary.** The dynamics of milk production in farms of all categories of the Russian Federation is given. From the standpoint of the theory of functional systems, the contradictions between the system-forming factors of the industry, which seeks to increase the per capita production of natural milk, and the industry enterprises of the processing complex and trade, in which profit dominates as a system-forming factor, are reviewed. Based on the universal model of Michael Portner, a model of intra-industry competition in the dairy industry has been proposed, taking into account the influence of the credit and financial system and other factors.

**Keywords:** per capita milk consumption, dairy industry, system-forming factor, credit and financial resource.



# КОРМОЗАГОТОВКА В ЧЕТЫРЕ РОТОРА ОТ CLAAS

**Широкозахватные орудия становятся все более ярко выраженной тенденцией на российском рынке сельскохозяйственной техники. И речь идет не только о почвообработке или уходе за посевами, но и о заготовке кормов. Важным звеном в производственной цепочке из широкозахватных комбинированных косилок, мощных кормоуборочных комбайнов или пресс-подборщиков являются валкователи. В прошлом году компания CLAAS расширила линейку таких машин, выведя на рынок новые модели четырехроторных валкователей LINER 4000.**

Благодаря новым четырем моделям линейка стала более гибкой. Прежде всего, расширился диапазон ширины захвата, в котором могут работать орудия: скошенная масса может собираться на полосах от 9,3 – 12,7 до 10,1–15 м. Также может регулироваться и ширина валка, который затем подбирается или прессуется в тюки: у LINER 4700 — от 1,3 до 2,2 м, LINER 4800 — от 1,4 до 2,4 м и у LINER 4900 — от 1,4 до 2,5 м.

Значительное внимание разработчики CLAAS уделили повышению эксплуатационной надежности валкователей. Одной из главных их особенностей стала инновационная рама из высокопрочной стали с трапециевидной геометрией и большим поперечным сечением. Это повысило устойчивость к нагрузкам при вертикальных колебаниях и на скручивание, одновременно обеспечив размещение внутри, а не снаружи гидравлических и электронных соединений и защитив их тем самым от повреждений и загрязнений.

Учитывая, что четыре ротора диаметром от 3,3 до 3,8 м должны эффективно сгребать значительные объемы скошенной массы, инженеры CLAAS позаботились и о передаче мощности. Выбор был сделан в пользу механического привода, обеспечивающего максимально эффективную передачу усилия с карданных валов на роторы. Для защиты от перегрузок кулачковые муфты заменены на более мягкие и надежные фрикционные, а механизм свободного хода был помещен в Y-образный редуктор.

Более широкой и гибкой стала комплектация предлагаемых валкователей LINER 4000, которые теперь представлены сериями BUSINESS и TREND. Первые — максимально автоматизированные и оснащенные различными электронными вспомогательными решениями. Вторые — ориентированные на хозяйства, предпочитающие более бюджетные механические решения. К примеру, в валкователях серии BUSINESS доступна функция программирования порядка подъема отдельных роторов при разворотах, также можно сохранять несколько значений ширины валка и высоты граблин, регулируемых гидравлически из кабины трактора. При этом сама возможность гибко адаптировать настройки под меняющиеся условия присутствует в обеих версиях.

Разработчики новых LINER 4000 также позаботились о том, чтобы орудия можно было легко и быстро перемещать с поля на поле по дорогам общего пользования. Для этого телескопические стрелы полностью убираются и складываются под углом 90° по отношению к основной раме. При гидравлическом опускании основной рамы и без демонтажа граблин транспортная высота ограничивается 4 м, а ширина — менее 3 м.



На правах рекламы



# Вся линейка тракторов Ростсельмаш 2022

## Из России с любовью

Как только первый трактор Ростсельмаш сошел с производственного конвейера в Ростове-на-Дону, вопрос о расширении модельного ряда машин российского производства озвучивается постоянно. И вот теперь компания объявляет о том, что в 2022 г. вся линейка тракторов будет производиться в России. Модельный ряд составят четыре серии, 14 моделей колесных и гусеничных тракторов номинальной мощностью от 269 до 583 л.с.

## RSM 1000 — новые и уже известные тракторы Ростсельмаш

В новую серию RSM 1000 войдут пять машин: RSM 1270 мощностью (ном/маж) 269/291 л.с.; RSM 1290 (287/305 л.с.); RSM 1310 (306/320 л.с.); RSM 1350 (345/360 л.с.) и RSM 1370 (366/408 л.с.). На тракторы традиционно устанавливают двигатели объемом 9 л с системой впры-



ска Common Rail и уменьшенной шумностью и программируемую трансмиссию Full Powershift 16x9.

Заднее трехточечное навесное устройство, тяговый брус, двухскоростной ВОМ, гидравлическая система производительностью 208 л/мин

с комплектом Power Beyond, компрессор и двухконтурные тормоза прицепа предусмотрены уже в стандартной комплектации. Возможности тракторов RSM 1000 можно существенно расширить за счет фронтального ВОМ и навески, а также тягово-сцепного устройства лифтового типа.

Опытно-промышленную партию новых тракторов Ростсельмаш серии RSM 1000 планируют выпустить уже весной текущего года.

## RSM 2000 — тракторы, которые в представлении не нуждаются

Серия полноприводных колесных шарнирно-сочлененных тракторов RSM 2000 выпускается в России с 2016 г. Машины RSM 2375/23400 номинальной мощностью 380 и 405 л.с. соответственно комплектуются трансмиссией с механической коробкой передач, отличающейся



высоким КПД, надежностью и долговечностью. Тракторы легки в освоении, неприхотливы, высокопроизводительны, просты в управлении и обслуживании.

Неудивительно, что именно самая «старая» серия тракторов Ростсельмаш выбрана для первоочередного оснащения умными электронными системами компании. Производитель предлагает дооснастить машины системой автовождения собственного производства, которая позволит повысить производительность работ на 20-30 %, одновременно сэкономить до 10 % горючего. Установка систем РСМ Умная метка и РСМ Изобас упрощает управление агрегатами и учет их износа. РСМ Контроль давления в шинах помогает предотвратить преждевременный износ шин, снизить удельное давление на грунт, а система РСМ Фейс АйДи не позволяет использовать технику несанкционированно.

### RSM 3000 — тракторы, которые могут много

Серия колесных шарнирно-сочлененных тракторов RSM 3000 была запущена в производство в 2019 г. Эти мощные агромашины пришлись «ко двору» крупным хозяйствам, позволив им значительно ускорить почвообработку и одновременно

оптимизировать парк самоходной техники.

RSM 3000 — это четыре энергонасыщенных трактора (RSM 3435/3485/3535/3575) с двигателями объемом 15 л, номинальной мощностью 440/492/542/583 л.с., номинальным крутящим моментом 1475/1645/1814/1950 Н·м. Машины комплектуют трансмиссией PowerShift 16x4 с АКПП с переключением передач без разрыва потока.

В кабине с высокими показателями эргономики механизатору обеспечены комфортные и безопасные условия труда. В базовой комплектации тракторы поставляются с радаром скорости и круиз-контролем, опционально на них можно установить электрическую или гидравлическую систему автовождения.

### RSM 3000 DT — тракторы с повышенной рентабельностью

Серия гусеничных тракторов с шарнирно-сочлененной рамой RSM 3000 DT включает в себя три машины: RSM 3485 DT/3535 DT/3575 DT с двигателями номинальной мощностью 492/542/583 л.с. с запасом 7-8 % и номинальным крутящим моментом 1645/1814/1950 Н·м с запасом 30-35 %. В пару мотору ставят транс-

миссию PowerShift 16x4 с АКПП. Кабина и комплектация аналогичны тракторам серии RSM 3000.

Практикой доказано: тракторы серии RSM 3000 DT способны «тащить» орудия на 15-20 % шире, чем колесные машины той же мощности со спаренными колесами. При этом расход топлива у них ниже примерно на 10 %, а удельное давление на грунт — в 2 раза. При агрегатировании с одинаковыми орудиями гусеничные «шарнирники» способны работать на 15 % быстрее и до 20 % экономичнее. Секрет заключается в исключительно удачной компоновке самого трактора и уникальных движителях.

Благодаря указанным особенностям машины легко и изящно «копируют» неровности, гусеницы всегда остаются в зацеплении с грунтом. Еще один секрет — постоянство зацепления траков с ведущей звездочкой, за счет чего исключается проскальзывание гусеницы относительно приводных колес во влажных условиях. Работать одинаково комфортно как вдоль, так и поперек борозды, а, по мнению механизаторов, управлять тракторами RSM 3000 DT даже проще, чем колесными.

Опытно-промышленная партия тракторов Ростсельмаш с дельта-видными траками сошла с конвейера в 2021 г. Ждем запуск в серию!



УДК 631.333: 631.816.3

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-2-10-14

# К вопросу совершенствования гребнеобразующего культиватора-подкормщика

**М.Ю. Костенко,**

*д-р техн. наук, проф.,  
kt340010@rambler.ru*

**В.С. Тетерин,**

*канд. техн. наук,  
ст. науч. сотр.,  
labio-giant@mail.ru  
(ИТОСХ – филиал ФГБНУ ВНАЦ ВИМ);*

**Н.В. Липатов,**

*аспирант,  
lipatov.nikolai62@gmail.com  
(ФГБОУ ВО «Рязанский ГАТУ  
им. П.А. Костычева»);*

**А.С. Терентьев,**

*канд. техн. наук, доц.,  
asterentev.78@mail.ru  
(ФКОУ ВО «Академия ФСИН России»)*

**Аннотация.** Предложена конструкция гребнеобразующего культиватора-подкормщика, повышающая универсальность его использования как путем основного локального внесения удобрений, так и за счет подкормки растений в различные периоды вегетации, использования стимуляторов роста и средств защиты растений.

**Ключевые слова:** гребнеобразующий культиватор-подкормщик, защитно-стимулирующие препараты, дифференцированное внесение удобрений, посадки картофеля.

## Постановка проблемы

В настоящее время в нашей стране уделяется особое внимание проблеме увеличения объёмов производства картофеля. Так, согласно Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации, объём его производства должен составлять около 25 млн т [1]. При этом потребительские показатели качества культуры должны также оставаться на высоком уровне. К продовольственному картофелю при выращивании предъявляют требования по 50 хозяйственным признакам (содержание сухого веще-

ства, товарность по размеру клубней, устойчивость к болезням и вредителям, урожайности и др.).

Важную роль в получении качественного урожая картофеля играет используемый посадочный материал. На данный момент в государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию, зарегистрировано около 500 сортов картофеля, каждый из которых рекомендуется к возделыванию в конкретных регионах. При этом используемые клубни должны быть здоровыми, типичными по форме для выбранного сорта, не иметь очагов загнивания, ожогов и других повреждений. Для улучшения посадочных качеств семенного материала клубни, как правило, проходят предпосадочную обработку, заключающуюся в сортировке и калибровке, протравливании, прогреве и обработке стимулирующими веществами [2-5].

Кроме того, выбор средств защиты растений, норм и способов внесения удобрений, а также технологий возделывания оказывает большое влияние как на урожайность картофеля, так и на его качество. Внесение удобрений позволяет повысить почвенное плодородие, тем самым обеспечивая растение необходимыми питательными элементами для его развития, а использование защитно-стимулирующих препаратов в процессе возделывания культуры позволяет предотвратить поражение посадок вредителями, болезнями и бороться с сорняками [6].

В настоящее время основным способом внесения твёрдых органических и минеральных удобрений остаётся технология сплошного внесения с последующим их заделыванием различными почвообрабатывающими орудиями, такими как бороны, плуги,

культиваторы. Внесение удобрений осуществляется, как правило, распределителями центробежного типа, несмотря на то, что современные машины позволяют вносить удобрения на поля дифференцированно, согласно картам заданий, созданным на основе показателей почвенного плодородия. Однако данный способ имеет ряд недостатков: повышенный расход удобрений, ограниченное использование разбрасывателей при рассеивании сухих пылящих удобрений, необходимость дополнительного их заделывания, что в конечном итоге влияет на рентабельность получаемого продукта [2, 7].

В свою очередь, локальное внесение удобрений является более совершенной технологией, позволяющая совмещать несколько операций одновременно. В частности, оно может производиться непосредственно во время посадки или в процессе нарезки гребней. С этой целью могут использоваться картофелесажалки с установленной на них системой подачи минеральных удобрений или культиваторы-гребнеобразователи с аналогичной системой. Данная технология внесения позволяет рационально использовать удобрения путем более равномерного распределения питательных веществ в зоне рядка клубней [7-10].

Кроме того, с целью создания благоприятных условий для роста и развития растений картофеля в течение вегетационного периода необходимо производить различные операции по уходу за посадками. В частности, для удаления сорной растительности через 4-7 дней после посадки производится обработка почвенными гербицидами, которые вносятся с помощью штанговых опрыскивателей. При появлении всходов высотой

8-10 см выполняют рыхление гряд, а при достижении растениями высоты 18-20 см – окучивание [7, 11, 12].

Для получения максимально высоких урожаев картофеля и обеспечения полной отдачи от использования минеральных удобрений важно грамотно управлять питанием растений, в частности, проводить подкормки в различные фазы вегетации, которые могут быть как корневыми, так и внекорневыми.

Внекорневые подкормки, как правило, осуществляются с помощью штанговых опрыскивателей типа ОПГ-200 «Заря», ОП-2000 «Руслан» и других, способствуют увеличению урожая, количественного выхода клубней крупной и средней фракции. Как правило, их проведение совмещают с обработкой посадок средствами защиты растений.

Корневые подкормки выполняют культиваторами-растениепитателями при обработке почвы в междурядьях. В данном случае производится дополнительное рыхление почвы и механическое уничтожение сорной растительности в борозде и на откосах гребней. Одновременно с этим выполняется внутрпочвенное внесение твердых или жидких минеральных удобрений. С этой целью могут использоваться культиваторы типа КОН-2,8, КРН-5,6Г, КОР-4

и другие, дополнительно оборудованные бункерами для удобрений с дозирующей системой и тукопроводами либо емкостями для жидких удобрений с системой растениепитателей [13-15].

### Материалы и методы исследования

Анализ существующих технологий производства картофеля показывает, что хозяйствам для его возделывания необходимо обладать достаточно широким парком сельскохозяйственной техники, предназначенной как для подготовки почвы, посадки семенного материала, так и для ухода за растениями. Данный фактор влечёт за собой необходимость содержания дополнительных трудовых ресурсов для её обслуживания и ремонта.

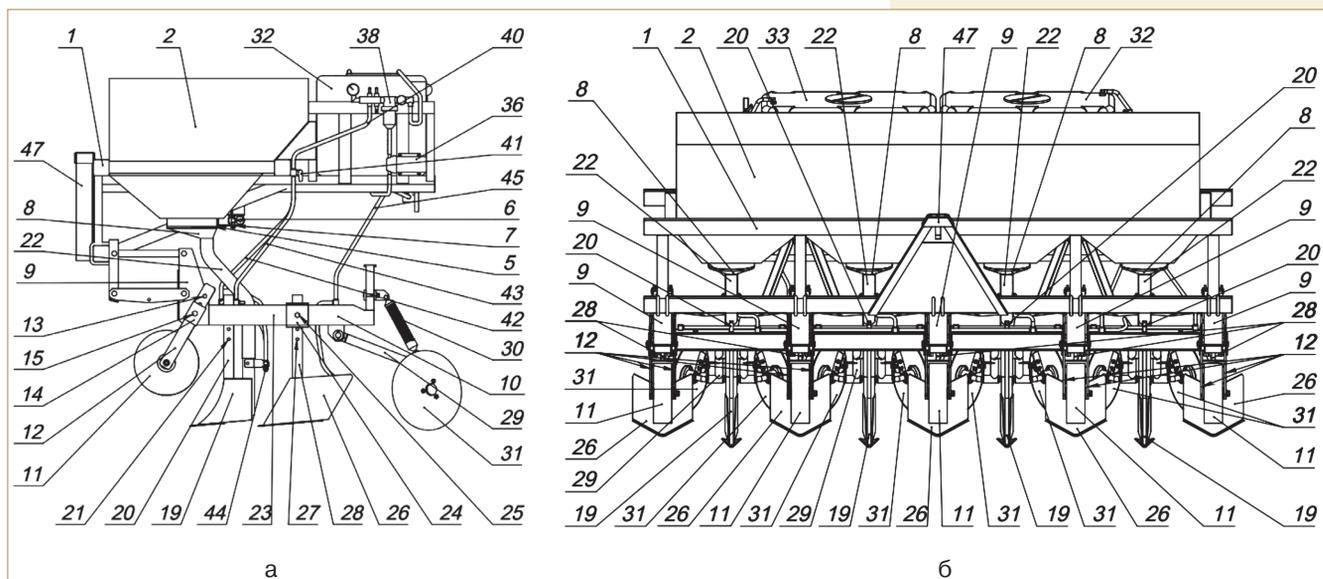
В связи с этим актуальной задачей является разработка универсального культиватора-подкормщика, позволяющего проводить основное локальное внесение удобрений и осуществлять подкормки растений в различные периоды вегетации, вносить стимуляторы роста и средства защиты растений. При этом важным фактором является то, что совместное применение органических и минеральных удобрений способствует лучшему усвоению питательных

веществ растениями и, как следствие, позволяет получать картофель высокого качества, что также необходимо учитывать при разработке машин.

### Результаты исследований и обсуждение

Для снижения затрат, связанных с необходимостью проведения различных обработок посадок картофеля и сокращения парка техники, необходимого для этих целей, был разработан гребнеобразующий культиватор-подкормщик, конструкция которого позволяет выполнять различные технологические операции по обработке почвы совместно с внесением удобрений и средств защиты растений (рис. 1).

Разработанный гребнеобразующий культиватор-подкормщик содержит раму 1 с установленным на ней бункером 2 для твердых минеральных удобрений, имеющим в нижней части туковысевающие аппараты 3 с отверстиями 4, снабженные шиберными заслонками 5, соединенными с актуатором 6 через общую рейку 7. Актуатор, в свою очередь, соединен с бортовым компьютером. Нижняя часть туковысевающих аппаратов имеет возможность крепления конусных распределителей 8 (под один или два тукопровода).



**Рис. 1. Схема компоновки гребнеобразующего культиватора-подкормщика для проведения предпосадочной обработки почвы:**

а – вид сбоку; б – вид спереди

На раме 1 шарнирно закреплена навеска 9, состоящая из рамы 10 с закреплёнными на ней опорными колёсами 11, при этом для возможности их регулировки по высоте кронштейны крепления 12 имеют отверстия 13, а на раме 10 навески имеются проушины 14 с фиксирующим болтом 15. Рама 10 имеет на передней поперечной балке 16 проушины 17 с фиксирующим болтом 18, предназначенные для крепления и регулировки по высоте подкормочных сошников 19, которые имеют на стойке 20 крепления отверстия 21.

К подкормочным сошникам 19 от конусных распределителей 8 подходят тукопроводы 22. Также рама 10 имеет на продольных балках 23 проушины 24 с фиксирующими болтами 25, предназначенные для крепления и регулировки по высоте окучивающих лап 26, которые, в свою очередь, имеют отверстия 27, расположенные на стойках 28 крепления.

В задней части рамы 10 через систему тяг 29 и амортизатор 30 установлены загортаци-гребнеобразователи 31. Для внесения жидких удобрений и средств защиты растений на раме 1 установлены ёмкости 32 и 33, соединённые между собой в нижней части трубопроводом 34 через кран 35. Ёмкости оборудованы насосами 36 и 37 и регуляторами давления 38 и 39, которые также подключены к бортовому компьютеру. От регулятора давления 38 проложен трубопровод 40 к переключающему тройнику 41, от которого отходят трубопроводы 42 и 43 к форсункам 44, установленным на подкормочных сошниках 19. От регулятора давления 39 проложен трубопровод 45 к форсункам 46, установленным в задней части окучивающих лап 26. Для крепления к трактору рама 1 оборудована креплением 47, выполненным по типу треугольника.

Перед началом работы при предпосадочной обработке почвы и внесении основной дозы удобрений проводится настройка оборудования. В бортовой компьютер загружается карта заданий, на навеске на необходимой высоте выставляются опорные колеса, затем на необходимой высоте

устанавливаются основные рабочие органы, а на поперечной передней балке – четыре подкормочных сошника, которые, в свою очередь, соединяются с системой тукопроводов и трубопроводом. При этом переключающий тройник выставляется в необходимое положение.

На грядилых с помощью фиксирующих болтов на заданной высоте крепятся окучивающие лапы, а в задней части рамы навески через систему тяг и амортизатор – загортаци-гребнеобразователи. После чего в бункер загружают твердые минеральные удобрения, а емкости заправляют жидкими гуматами или бактериальными биопрепаратами, при этом кран переводится в положение открыто, соединяя емкости.

После проведения подготовительных операций агрегат с гребнеобразующим культиватором-подкормщиком приступает к работе согласно загруженной карте заданий. При движении агрегата подкормочные сошники открывают борозды, в которые поступают удобрения. Для этого согласно карте заданий с бортового компьютера поступает сигнал на актуатор, который через общую рейку приводит в движение шибберные заслонки, тем самым открывая или закрывая их на необходимую величину, регулируя норму внесения твердых минеральных удобрений, которые поступают в борозды через конусные распределители и тукопроводы.

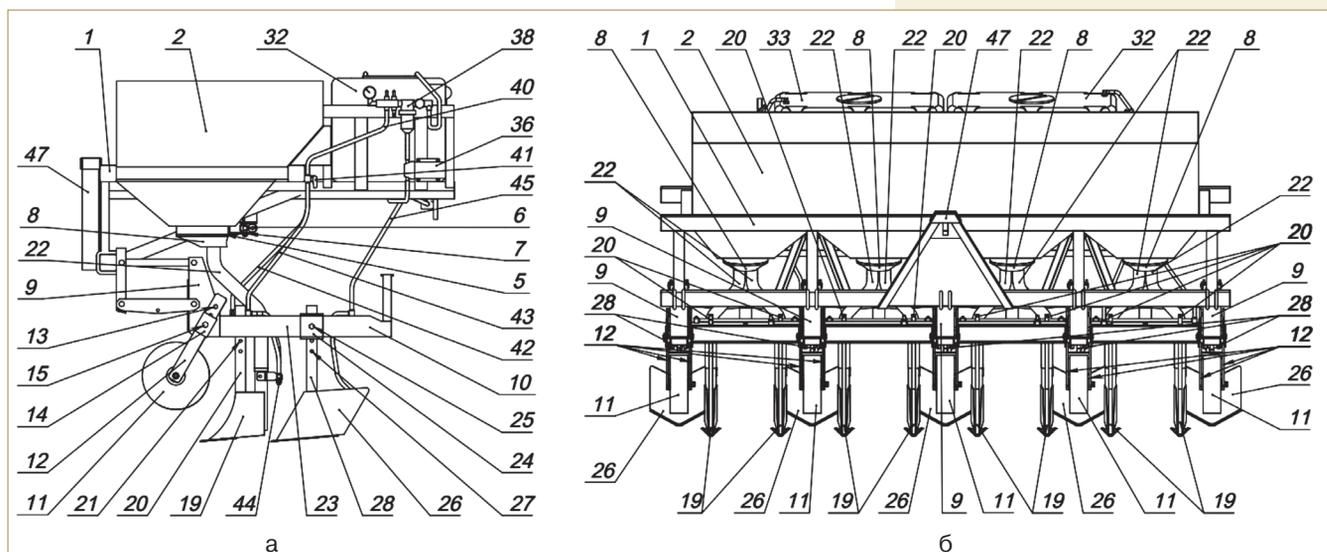
Одновременно с этим с бортового компьютера подаётся сигнал на насос и регулятор давления. После получения сигнала насос начинает подачу жидких гуматов к регулятору давления, который, в свою очередь, согласно полученному сигналу выставляет необходимое рабочее давление и норму внесения, после чего жидкие гуматы или бактериальные биопрепараты поступают по трубопроводу к переключающему тройнику и затем через подающий трубопровод к форсункам, где происходит их распыление в образовавшиеся борозды. Далее окучивающие лапы производят подрезание и подъем почвенного пласта с заделыванием удобрений и окончательное формирование гряды (рис. 2).

Перед началом работы при междурядной обработке с подкормкой и внесением средств защиты растений проводится настройка оборудования. В бортовой компьютер загружается карта заданий, на навеске на необходимой высоте выставляют опорные колеса, после чего, согласно рис. 2, по ширине устанавливают основные рабочие органы. На передней поперечной балке закрепляются восемь подкормочных сошников, которые, в свою очередь, соединяются с системой тукопроводов и трубопроводом, при этом переключающий тройник выставляется в соответствующее положение.

На грядилых на необходимой высоте с помощью болтов фиксируются окучивающие лапы, после чего бункер загружают твердыми минеральными удобрениями. Одна из емкостей заправляется жидкими гуматами или бактериальными биопрепаратами, вторая – гербицидами, при этом кран между ёмкостями переводится в положение «закрыто».

После проведения подготовительных операций гребнеобразующий культиватор-подкормщик в сцепке с трактором выезжает в поле и приступает к работе согласно загруженной карте заданий. При движении агрегата подкормочные сошники с двух сторон гребня образуют борозды, в которые поступают удобрения. Для этого согласно карте заданий с бортового компьютера поступает сигнал на актуатор, который через общую рейку приводит в движение шибберные заслонки, тем самым открывая или закрывая их на необходимую величину, регулируя норму внесения твердых минеральных удобрений, поступающих в образованные борозды через конусные распределители и тукопроводы.

Одновременно с этим с бортового компьютера подаётся сигнал на первый насос и регулятор давления. Насос начинает подачу жидких гуматов или бактериальных биопрепаратов к регулятору давления, который, в свою очередь, согласно полученному сигналу выставляет необходимое рабочее давление и норму внесения, после чего жидкие гуматы или био-



**Рис. 2. Схема компоновки гребнеобразующего культиватора-подкормщика для проведения междурядной обработки почвы с подкормкой и внесением защитно-стимулирующих препаратов:**  
а – вид сбоку; б – вид спереди

препараты поступают по трубопроводу к переключающему тройнику и затем по трубопроводу к форсункам, где происходит их распыление в образовавшиеся борозды.

Окучивающие лапы выполняют подрезание и подъем почвенного пласта, формируя гряды. При этом с бортового компьютера подаётся сигнал на второй насос и регулятор давления. Насос начинает подачу жидких гербицидов к регулятору давления, который, в свою очередь, согласно полученному сигналу выставляет необходимое рабочее давление и дозу внесения, после чего жидкие гербициды с помощью форсунок распределяются по поверхности междурядий.

При данной обработке возможно отдельное внесение как твердых минеральных, так и жидких минеральных или органических удобрений при одновременном внесении средств защиты растений.

### Выводы

1. Использование предлагаемого гребнеобразующего культиватора-подкормщика способствует повышению экономической эффективности возделывания картофеля за счёт дифференцированного внесения твердых минеральных и жидких удобрений во время проведения предпосадочной обработки почвы.

2. Применение гребнеобразующего культиватора-подкормщика для ухода за растениями позволит одновременно проводить операции по окучиванию и подкормке, обработке растений защитно-стимулирующими препаратами и гербицидами и в результате значительно сократить парк техники, необходимой для возделывания картофеля, а также уменьшить количество ее технологических проходов, тем самым снижая нагрузку на почву и сокращая расход топливосмазочных материалов.

### Список

#### использованных источников

1. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020.
2. Старовойтова О.А. Конкуренционные технологии семеноводства, производства и хранения картофеля / О.А. Старовойтова, С.В. Жевора и др. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. 236 с.
3. Тетерина О.А. Аэрозольная обработка семян стимуляторами роста / О.А. Тетерина, М.Ю. Костенко, В.С. Тетерин // Вестник Совета молодых ученых Рязанского ГАТУ им. П.А. Костычева. 2016. № 2 (3). С. 6-10.
4. Горячкина И.Н. Установка для обработки корнеклубнеплодов аэрозо-

лем гуматов в потоке / И.Н. Горячкина, О.А. Тетерина, М.Ю. Костенко, Г.К. Рембалович, И.А. Юхин // Инновации в сел. хоз-ве. 2017. № 4 (25). С. 269-273.

5. Дорохов А.С. Картофелесажалка для клонового семеноводства с автоматизированной системой обработки клубней / А.С. Дорохов, Н.С. Панферов, В.С. Тетерин, Е.В. Пестряков // Техника и оборудование для села. 2020. № 7 (277). С. 16-21.

6. Колчина Л.М. Технологии и оборудование для производства картофеля: справ. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014.

7. Belenkov A. Impact of various cultivation technologies on productivity of potato (*Solanum tuberosum*) in central non-cenozoic zone of russia / A. Belenkov, A. Peliy, A. Vasyukova, V. Burlutskiy, E. Borodina, A. Diop, A. Moskin // Research on Crops. 2020. 21(3). С. 512-519.

8. Старовойтова О.А. Техническое обеспечение внесения минеральных удобрений и средств защиты при возделывании картофеля / О.А. Старовойтова, В.И. Старовойтов, А.А. Манохина // Актуальные вопросы совершенствования систем земледелия в современных условиях: сб. матер. Всерос. науч.-практ. конф. (с международным участием). 2020. С. 243-247.

9. Старовойтова О.А. Дифференцированное внесение удобрений и средств защиты при возделывании картофеля / О.А. Старовойтова, В.И. Старовойтов,

А.А. Манохина // Инновационные технологии в АПК: теория и практика: сб. статей по матер. Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. Курган, 2021. С. 203-207.

10. **Неменуцкая Л.А.** Применение элементов точного земледелия при возделывании картофеля / Л.А. Неменуцкая, Л.Ю. Коноваленко, Т.А. Щеголихина // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК : матер. XII Междунар. науч.-практ. интернет-конф. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. С. 250-253.

11. **Kalimullin M.** Improvement of potato cultivation technology / M. Kalimullin, R. Abdrahmanov, R. Andreev, A. Semenov, O. Vasilyev, P. Zaitsev, S. Arkhipov // В сб.: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. С. 012017.

12. **Бутов А.В.** Эффективность современных приемов в технологии возделывания продовольственного картофеля

в черноземной лесостепи / А.В. Бутов, А.А. Мандрова // Защита картофеля. 2014. № 1. С. 37-38.

13. **Galeev R.R.** Tests of new products for improving the yield of potato and the quality of the crop / R.R. Galeev, O.N. Sergeeva, N.A. Perchenko, N.B. Maslova // International Journal of Pharmaceutical Research. 2018. Т. 10. № 4. С. 619-625.

14. **Киргинцева Е.А.** Влияние способов применения регуляторов роста на урожайность и качество картофеля ранней группы спелости (Любава) в лесостепи Новосибирского Приобья / Е.А. Киргинцева, Р.Р. Галеев // Теория и практика современной аграрной науки: сб. II Национальной (всерос.) конф. 2019. С. 40-42.

15. **Алдошин Н.В.** Машины для внутрипочвенного внесения жидких органических удобрений / Н.В. Алдошин, А.А. Манохина, В.В. Семин // Техника и оборудование для села. 2021. № 1 (283). С. 7-10.

### On the Issue of Improving the Ridge-forming Cultivator-Feeder

**M.Yu. Kostenko, V.S. Teterin**

(Institute for Technical Support of Agriculture, a branch of VIM)

**N.V. Lipatov**

(Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev)

**A.S. Terentyev**

(The Academy of the FPS of Russia)

**Summary.** The design of a ridge-forming cultivator-feeder is proposed, which increases the versatility of its use, both by the main local application of fertilizers, and by feeding plants in different periods of the growing season, as well as the use of growth stimulants and plant protection products.

**Keywords:** ridge-forming cultivator-feeder, protective and stimulating preparations, differentiated fertilization, potato plantations.

2-4 марта 2022



ВЫСТАВКИ

# ИНТЕРАГРОМАШ АГРОТЕХНОЛОГИИ

190 экспонентов из России, Беларуси, Польши

Более 50 новинок в области сельхозтехники и агротехнологий

Более 35 деловых мероприятий для специалистов в рамках Аграрного конгресса

23 000 м<sup>2</sup> выставочной экспозиции

180 единиц крупногабаритной прицепной и самоходной техники

130 брендов агрохимической продукции

**БОЛЕЕ 11 500 ПОСЕТИТЕЛЕЙ:** владельцы, руководители и ведущие специалисты хозяйств, а также региональные дилеры и молодые специалисты

**50 ДЕЛЕГАЦИЙ ФЕРМЕРОВ** из районов Ростовской области и Юга РФ

Выставка «ИНТЕРАГРОМАШ» – это современная площадка для демонстрации новинок в области сельхозтехники аграриям юга России

Выставка «АГРОТЕХНОЛОГИИ» – это уникальная возможность для компаний-производителей семян и удобрений презентовать современные разработки конечным покупателям перед стартом весенне-полевых работ

РОСТОВ-НА-ДОНУ, ПР. М. НАГИБИНА, 30  
Тел. (863) 268-77-94; [www.interagromash.net](http://www.interagromash.net)



Альтаир

РОСТСЕЛЬМАШ  
Агротехника Профессионалов



УДК.631.317.3.072.16.17

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-2-15-21

# Обоснование конструктивных параметров рабочих элементов привода навесного почвообрабатывающего модуля с комбинированным вращением активных рабочих органов

**А.Ю. Гусев,**

аспирант,  
a.gusev57@yandex.ru

**В.Ф. Купряшкин,**

канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой,  
kirwif@mail.ru

**А.С. Уланов,**

канд. техн. наук,  
ulanow.aleksandr2010@yandex.ru

**А.Н. Кувшинов,**

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

**Н.А. Четверов,**

аспирант,  
tchetverov.nikolai@yandex.ru

**А.В. Овчинникова,**

аспирант,  
ovchinnikow81@yandex.ru  
(ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва»)

**Аннотация.** Приведено обоснование конструктивных параметров рабочих элементов привода опытного образца навесного почвообрабатывающего модуля для мотоблоков и мотокультиваторов с комбинированным или одновременным вращением отдельных секций активных рабочих органов «сверху вниз» и «снизу вверх» с использованием известных современных ме-

тодик расчета и конструирования деталей машин, включающих в себя сочетание проектировочных и проверочных расчетов, с учетом практического применения в конструкциях почвообрабатывающих машин.

**Ключевые слова:** навесной почвообрабатывающий модуль, активные рабочие органы, комбинированное вращение.

## Постановка проблемы

В настоящее время для обработки почвы на приусадебных участках достаточно широко используются средства малой механизации (мотоблоки и мотокультиваторы) в агрегате с навесными почвообрабатывающими сменными модулями, имеющими активные рабочие органы (АРО), как правило, с горизонтальной осью вращения [1]. В применяемых почвообрабатывающих модулях АРО могут вращаться сверху вниз (рис. 1а) или снизу вверх (рис. 1б). Однако данные модули имеют ряд существенных недостатков – ограниченность по глубине обработки и твердости почвы, меньшие подача на нож, рабочая скорость движения и производительность, а также более высокая энергоёмкость процесса обработки почвы [2, 3]

Для устранения отмеченных недостатков в работе мотоблоков и мотокультиваторов, агрегируемых с почвообрабатывающими модулями, имеющими АРО, можно использовать сочетание комбинированного



**Рис. 1. Направление вращения активных рабочих органов (АРО):**  
а – сверху вниз; б – снизу вверх

Таблица 1. Основные параметры почвообрабатывающей фрезы

Направление вращения	Тип рабочего органа	$h$ , м	$S$ , м	$r$ , м	$\lambda$	$n_{\phi}$ , мин <sup>-1</sup>	$v_o$ , м/с	$v_n$ , м/с
Сверху вниз	Г-образные ножи	0,20	0,11	0,16	4,5	167,2	2,8	0,63
Снизу вверх			0,16		3	113,5	1,9	

или одновременного вращения (сверху вниз и снизу вверх) отдельных секций рабочих органов [3].

Для реализации комбинированного вращения АРО у навесных почвообрабатывающих модулей, агрегируемых со средствами малой механизации, была предложена конструкция почвообрабатывающего модуля с одновременным вращением отдельных его секций сверху вниз и снизу вверх [4]. В ранее проведенных исследованиях на основе предложенной конструкции навесного почвообрабатывающего модуля были обоснованы кинематическая схема почвообрабатывающего агрегата на базе мотокультиватора МК-200 НЕВА (рис. 2) и его основные параметры, а также параметры и режимы работы [5-7], представленные в табл. 1.

**Цель исследования** – обоснование основных конструктивных параметров рабочих элементов привода АРО, имеющих комбинированное вращение, а именно цепных и зубчатой цилиндрической передач, валов, подшипников качения, шлицевых и шпоночных соединений.

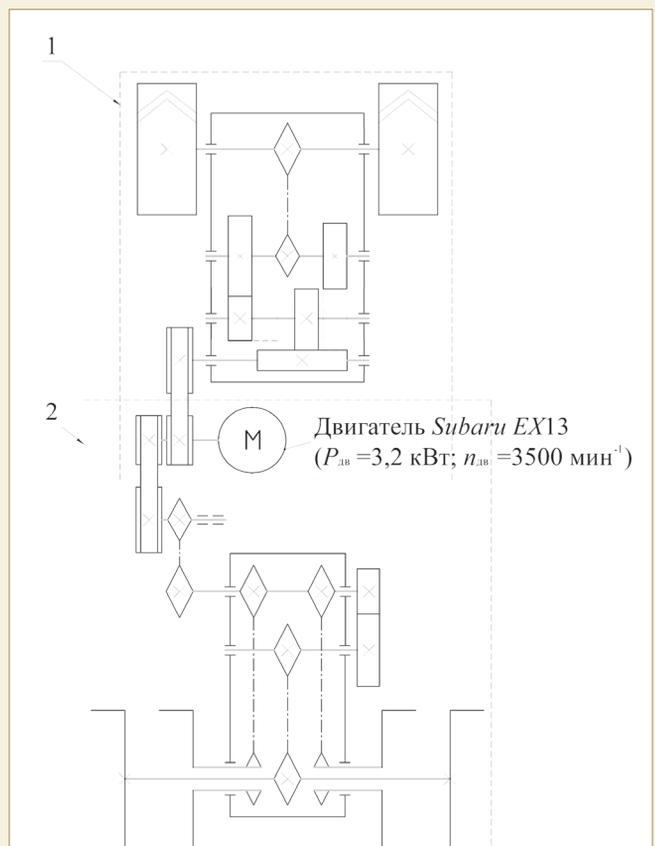


Рис. 2. Кинематическая схема самоходного почвообрабатывающего агрегата на базе мотокультиватора (1) с навесным почвообрабатывающим модулем (2), имеющим комбинированное вращение АРО

**Материалы и методы исследования**

При проведении исследования использовались известные современные методики расчета и конструирования деталей машин [8, 9, 11, 12], включающие в себя сочетание проектировочных и проверочных расчетов, с учетом их практического применения в конструкциях почвообрабатывающих машин [9].

Опираясь на ранее обоснованную кинематическую схему почвообрабатывающего агрегата с комбинированным вращением АРО, выполненного на базе мотокультиватора МК-200 НЕВА [2-4, 7], и полученные основные параметры и режимы его работы [5, 6], определены конструктивные параметры цепных и зубчатой цилиндрической передач, валов, подшипников качения, шлицевых и шпоночных соединений, входящих в конструкцию проектируемого опытного образца навесного модуля.

**Результаты исследований и обсуждение**

На предварительном этапе обоснования основных конструктивных параметров рабочих элементов привода АРО предлагаемого навесного почвообрабатывающего модуля произведем его кинематический и силовой расчет.

Для этого на основе рис. 6 из работы [7] составим кинематическую схему почвообрабатывающей фрезы с комбинированным вращением АРО (рис. 3).

Определим общие передаточные отношения  $i_{o1}$  и  $i_{o2}$  приводов АРО, имеющих вращение соответственно сверху вниз и снизу вверх:

$$i_{o1} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_5}; \tag{1}$$

$$i_{o2} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_4}, \tag{2}$$

где  $n_{\text{дв}}$  – частота вращения двигателя, мин<sup>-1</sup>; для двигателя Subaru EX13 –  $n_{\text{дв}} = 3500$  мин<sup>-1</sup>;  $n_4$  – частота вращения центрального вала 4, мин<sup>-1</sup>;  $n_5$  – частота вращения боковых валов 5, мин<sup>-1</sup>. Из табл. 4 [7]:  $n_4 = 167,2$  мин<sup>-1</sup>,  $n_5 = 113,5$  мин<sup>-1</sup>.

После подстановки значений в уравнения (1) и (2) получим:

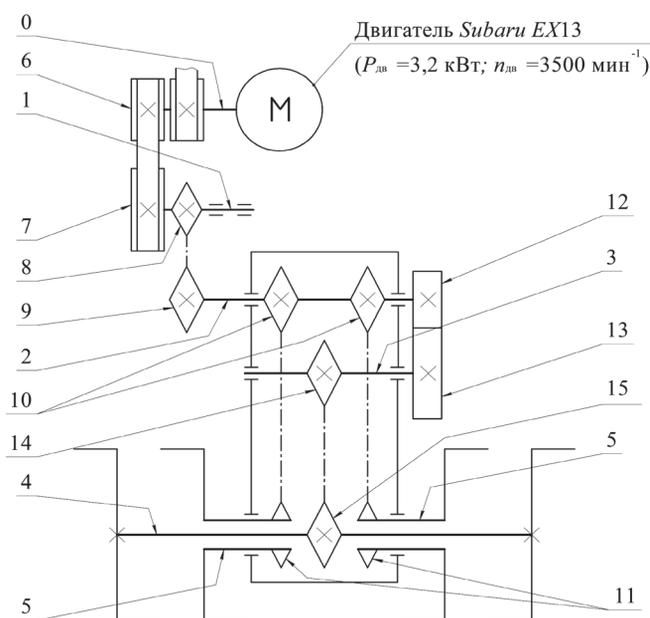
$$i_{o1} = \frac{3500}{167,2} = 20,93 \text{ и } i_{o2} = \frac{3500}{113,5} = 30,84.$$

С учетом рис. 3 передаточные отношения  $i_{o1}$  и  $i_{o2}$  будут определяться следующими зависимостями:

$$i_{o1} = i_{67} i_{89} i_{1011}; \tag{3}$$

$$i_{o2} = i_{67} i_{89} i_{1415} i_{1213}, \tag{4}$$

где  $i_{67}$ ,  $i_{89}$ ,  $i_{1011}$ ,  $i_{1415}$  и  $i_{1213}$  – передаточные отношения клиноременной, открытой цепной, закрытых цепных и зубчатой цилиндрической передач соответственно.



**Рис. 3. Кинематическая схема почвообрабатывающего модуля с комбинированным вращением АРО:**  
0-5 – номера валов; 6-15 – номера ведущих и ведомых рабочих элементов передач

Для унификации деталей и узлов проектируемого навесного почвообрабатывающего модуля с комбинированным вращением АРО с мотокультиватором МК-200 НЕВА примем в качестве ременной передачи существующие детали привода его ходовых колес, а именно ведущий и ведомый шкивы размером  $d_1 = 71$  мм и  $d_2 = 250$  мм, а также ремень для привода А-1250 ГОСТ 1284-80. Передаточное отношение данной ременной передачи равно  $i_{67} = 3,52$ . Кроме того, для обеспечения компактности цепного редуктора примем передаточное отношение закрытых цепных передач равным  $i_{1011} = i_{1415} = 1,5$ .

Тогда, предварительно выразив из зависимости (3) значение передаточного отношения открытой цепной передачи  $i_{89}$  и подставив значения  $i_{67} = 3,52$  и  $i_{1011} = 1,5$ , получим:

$$i_{89} = i_{01} / i_{67} i_{1011} = 20,23 / 3,28 \cdot 1,5 = 4,1. \quad (5)$$

Далее из уравнения (4), предварительно выражая  $i_{1415}$  и подставляя известные значения, получим:

$$i_{1213} = i_{02} / i_{67} i_{89} i_{1415} = 30,84 / 3,28 \cdot 4,1 \cdot 1,5 = 1,53 \quad (6)$$

Определяем частоты вращения валов 1, 2 и 3 с учетом рабочих элементов привода (см. рис. 3):

$$n_1 = n_{06} / i_{67} = 3500 / 3,28 = 1067 \text{ мин}^{-1}; \quad (7)$$

$$n_2 = n_1 / i_{89} = 1067 / 4,1 = 260,2 \text{ мин}^{-1}; \quad (8)$$

$$n_3 = n_2 / i_{1213} = 260,2 / 1,53 = 170,1 \text{ мин}^{-1}. \quad (9)$$

Определяем значения требуемых мощностей на валах АРО с учетом максимальных значений моментов  $M_{кр.ср}$ :

$$P_5 = \frac{M_{кр.ср.маx1} n_5}{9550}; \quad (10)$$

$$P_4 = \frac{M_{кр.ср.маx2} n_4 z_c}{9550}. \quad (11)$$

где  $M_{кр.ср}$  – максимальные значения моментов, Н·м;  
 $M_{кр.ср.маx1} = 24,2$  Н·м и  $M_{кр.ср.маx2} = 32$  Н·м.

$$P_3 = P_4 / (\eta_1^2 \eta_2), \quad (12)$$

где  $\eta_1$  и  $\eta_2$  – соответственно КПД одной пары подшипников качения и закрытой цепной передачи;  
согласно табл. 3.1 из работы [8],  $\eta_1 = 0,99$  и  $\eta_2 = 0,97$ .

$$P_2 = \frac{2P_3}{\eta_1^2 \eta_2} + \frac{P_3}{\eta_1 \eta_3}, \quad (13)$$

где  $\eta_3$  – КПД закрытой зубчатой цилиндрической передачи;

согласно табл. 3.1 из работы [10],  $\eta_2 = 0,98$ .

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta_1 \eta_4}, \quad (14)$$

где  $\eta_4$  – КПД открытой цепной передачи;  
согласно табл. 3.1 из работы [8],  $\eta_2 = 0,93$ .

После подстановки известных значений в выражения (10)-(14) получим:

$$P_5 = \frac{24,2 \cdot 167,2}{9550} = 0,42 \text{ кВт};$$

$$P_4 = \frac{32 \cdot 113,5 \cdot 2}{9550} = 0,76 \text{ кВт};$$

$$P_3 = \frac{0,76}{0,99^2 \cdot 0,97} = 0,8 \text{ кВт};$$

$$P_2 = \frac{2 \cdot 0,42}{0,99^2 \cdot 0,97} + \frac{0,8}{0,99 \cdot 0,98} = 1,71 \text{ кВт};$$

$$P_1 = \frac{1,71}{0,99 \cdot 0,93} = 1,86 \text{ кВт}.$$

Определяем значения требуемых вращающих моментов на валах привода по формуле

$$M_i = \frac{9550 \cdot P_i}{n_i}. \quad (15)$$

Подставляя ранее найденные значения в выражение (15), получим:

$$M_5 = \frac{9550 \cdot 0,42}{167,2} = 24 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_4 = \frac{9550 \cdot 0,76}{113,5} = 64 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_3 = \frac{9550 \cdot 0,8}{170,1} = 45 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_2 = \frac{9550 \cdot 1,71}{260,2} = 63 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_1 = \frac{9550 \cdot 1,86}{1067} = 16,6 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Далее, используя известную методику расчета цепных передач [10], проведем проектировочный и проверочный расчеты открытой цепной передачи 8-9 (см. рис. 3).

При проектировочном расчете определяем основные параметры, а именно количество рядов  $\nu$  и шаг цепи  $p$  (мм). Далее по каталогу [10] выбираем типоразмер цепи: ПР-12,7-1820-1 ГОСТ 135968-97. Затем определяем геометрические параметры ведущей (индекс 8) и ведомой (индекс 9) звездочек: диаметры делительных окружностей  $d_{\partial 1}$  и  $d_{\partial 2}$  (мм), диаметры окружностей выступов  $D_{e1}$  и  $D_{e2}$  (мм) и диаметры окружностей впадин  $D_{i1}$  и  $D_{i2}$  (мм).

На завершающем этапе с учетом особенности конструкции проектируемой открытой передачи, режимов работы и силового нагружения ее элементов проводим проверочный расчет. Результаты проверочного расчета свидетельствуют, что прочность рабочих элементов цепной передачи достаточна для передачи внешних заданных нагрузок.

По аналогии с расчетом открытой цепной передачи 8-9 проведем проектировочные и проверочные расчеты боковых 10-11 и центральной 14-15 цепных передач. Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Анализ проверочных расчетов цепных передач 10-11 и 14-15 также свидетельствует о достаточной прочности их рабочих элементов для передачи внешних заданных нагрузок.

Далее, используя известную методику [11], произведем выбор материала и расчет допускаемых напряжений, а также проведем проектировочный и проверочный расчеты закрытой зубчатой цилиндрической передачи 12-13 (см. рис. 3).

На первом этапе из табл. 2.1 [11] выберем материал и проведем расчет допускаемых напряжений. При проектировочном расчете определим межосевое расстояние  $a$  (мм), модуль передачи  $m$  (мм) для шестерни (индекс 12) и колеса (индекс 13), определим число зубьев  $z$ , диаметры колес  $d_1$  и  $d_2$  (мм), окружностей вершин  $d_a$  (мм) и впадин  $d_f$  (мм) зубьев, а также силы, действующие в зацеплении, а именно окружную  $F_t$  (Н) и радиальную  $F_r$  (Н).

На завершающем этапе проектирования зубчатой цилиндрической передачи с учетом особенностей ее конструкции, режимов работы и силового нагружения элементов проводим проверочный расчет. Результаты расчета свидетельствуют, что прочность зубьев шестерни и колеса достаточна для передачи внешних заданных нагрузок.

Результаты расчетов зубчатой цилиндрической передачи 12-13 представлены в табл. 3.

Для расчета валов цепного редуктора воспользуемся известной методикой [11]. Для этого на основании кинематической схемы (см. рис. 3) определим размеры ведущего 2, промежуточного 3, приводных центрального 4 и боковых 5 валов.

Таблица 2. Характеристика цепных передач

Показатели	Номер цепной передачи		
	8-9	10-11 (боковые)	14-15 (центральная)
Передаточное отношение $i$	4,1	1,5	
Число рядов $\nu$	1		2
Шаг цепи $p$ , мм	12,7		
Цепь по ГОСТ 135968-75	ПР-12,7-1820-1		
Число зубьев:			
$z_1$	16		
$z_2$	65	24	
Минимальное межосевое расстояние $a$ , мм	393,7	381	
Делительные диаметры окружностей зубьев, мм:			
$d_{\partial 1}$	65,1		
$d_{\partial 2}$	262,8	92	
Диаметры окружностей вершин зубьев, мм:			
$D_{e1}$	71		
$D_{e2}$	270,4	104	
Диаметры окружностей впадин зубьев, мм:			
$D_{i1}$	62,1		
$D_{i2}$	261,2	89,2	
Сила давления цепной передачи $F_{on}$ , Н	514	504	1378

На первом этапе определим размеры ведущего вала, а именно диаметры его основных ступеней: выходных концов  $d_e$  (мм) и вала под подшипник  $d_n$  (мм). Далее из табл. 5.5 [11] принимаем размеры участка вала под установку звездочек 10 с учетом шлицевого соединения:  $d_3 = 36$  мм.

По аналогии с расчетом ведущего вала проведем расчет промежуточного, центрального и боковых валов. Результаты расчета представлены в табл. 4.

Выбор и расчет подшипников опор валов цепного редуктора проведем по методике, изложенной в работе [10]. В качестве опор всех валов цепного редуктора примем шариковые подшипники радиальные сферические однорядные по ГОСТ 8338 – 75. Предварительный выбор подшипников для валов цепного редуктора производим с учетом ранее определенных значений диаметров участков валов под подшипники (см. табл. 4), т.е. для опор ведущего и промежуточного валов при  $d_n = 30$  мм примем подшипник № 206, для опор центрального вала при  $d_n = 25$  мм – подшипник № 205, а для опор боковых валов

**Таблица 3. Характеристика зубчатой цилиндрической передачи**

Показатели	Шестерня 12	Колесо 13
Материал	Сталь 40X	
Допускаемые напряжения, Н/мм <sup>2</sup> :		
$[\sigma_H]$	581	294
$[\sigma_F]$	294	256
Межосевое расстояние $a_w$ , мм	75	
Модуль передачи $m$ , мм	1,5	
Число зубьев $z$	60	40
Ширина зубчатого венца шестерни $b_1$ и колеса $b_2$ , мм	25	25
Диаметры окружностей зубьев, мм:		
вершин $d_a$	63	93
впадин $d_f$	56,75	86,75
Силы в зацеплении, Н:		
окружная $F_t$	1000	
радиальная $F_r$	364	
Напряжения изгиба в зубьях, Н/мм <sup>2</sup> :		
колеса $\sigma_{F2}$	135	
шестерни $\sigma_{F1}$	138	
Контактные напряжения в зубьях колеса $\sigma_{H2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	507	

**Таблица 4. Размеры валов цепного редуктора, мм**

Диаметр	Ведущий вал	Промежуточный вал	Центральный вал	Боковые валы
Выходных концов вала $d_6$	25	25	25	55
Вала под подшипник $d_n$	30	30	25	40
Вала под установку звездочек $d_3$	36	36	36	36

**Таблица 5. Результаты выбора и расчета подшипниковых опор валов цепного редуктора**

Показатели	Вал							
	ведущий		промежуточный		приводной центральный		приводной боковой	
Номера опор	1	2	3	4	5	6	5Σ	7
Типоразмер подшипника ГОСТ 8338-75	206				205		208	
Табличная динамическая грузоподъемность $C_r$ , Н	19500				14000		32000	
Число подшипников	1	1	1	1	2	2	1	1
Эквивалентная динамическая нагрузка $R_{ei}$ , Н	2886	3166	790	2558	756	756	545	984
Наиболее нагруженная опора	2		4		5; 6		7	
Расчетная долговечность для более нагруженной опоры $L_{10h}$ , ч	14966		43405		932548		3428286	
Требуемая долговечность $L_{Hr}$ , ч	12000							
Заключение	Пригоден		Пригоден		Пригоден		Пригоден	

при  $d_n = 40$  мм – подшипник № 208. Выбранные подшипники согласно методике [10] проверяем на требуемую долговечность. Проведенный проверочный расчет показал, что расчетная долговечность  $L_{10h}$  превышает требуемую  $L_n$ , т.е. принятые ранее подшипники № 206, 205 и 208 пригодны к эксплуатации. Результаты выбора подшипников и их проверочного расчета сведем в табл. 5.

На завершающем этапе расчета рабочих элементов привода навесного модуля произведем расчет шпоночных и шлицевых соединений спроектированных звездочек и зубчатых колес с валами привода активных рабочих органов.

Шпоночные соединения в нашем случае предусматриваются в сопряжениях ведомой звездочки 9 открытой цепной передачи 8-9 и ведущего зубчатого колеса 12 цилиндрической передачи 12-13 с ведущим валом 2, а также в сопряжении ведомого колеса 13 цилиндрической передачи 12-13 с промежуточным валом 3.

Используя известную методику [10], проведем выбор и расчет шпоночного соединения ведомой звездочки, открытой цепной с ведущим валом цепного редуктора. Для начала из таблицы К.42 [10] для диаметра вала  $d_{в1} = 25$  мм (см. табл. 4) примем сечение шпонки  $b \times h \times l = 8 \times 7 \times 20$  по ГОСТ 23360-78 (здесь  $b$ ,  $h$  и  $l$  – соответственно ширина, высота и полная длина шпонки, мм). Далее определим расчетное напряжение смятия  $\sigma_{см}$  (МПа).

Учитывая, что расчетное напряжение смятия  $\sigma_{см} = 140$  МПа  $< [\sigma_{см}] = 145$  МПа (здесь  $[\sigma_{см}]$  – допускаемое напряжение смятия), можно сделать вывод, что условие прочности выбранного шпоночного соединения выполняется.

По этой методике проведем выбор и расчет шпоночных соединений для ведущего и ведомого колес зубчатой цилиндрической передачи соответственно с ведущим и промежуточными валами цепного редуктора. Результаты расчета представлены в табл. 6.

Расчет шлицевых соединений, которые предусматриваются в сопряжениях ведущего вала 2 с ведущими звездочками 10 боковых цепных передач 10-11 (см. рис. 3), ведомых звездочек 11 боковых цепных передач 10-11 с полыми валами 5, промежуточного вала 3 с ведущей звездочкой 14 центральной цепной передачи 14-15 и ведомой звездочкой 15 центральной цепной передачи 14-15 с центральным валом 4, производим с учетом равномерного распределения нагрузки по длине шлицев из условия прочности на смятие.

Используя известную методику [10], проведем выбор и расчет шлицевого соединения ведущего вала 2 с ведущими звездочками 10 боковых цепных передач 10-11. Для начала из таблицы К.42 [10] для диаметра вала  $d_3 = 36$  мм (см. табл. 4) примем сечение шлицевого соединения  $z \times d \times D \times b = 8 \times 32 \times 36 \times 8$  по ГОСТ 1139-58 (здесь  $z, d, D,$  и  $b$  – соответственно количество, внутренний диаметр, наружный диаметр и ширина шлицев, мм). Далее определим расчетное напряжение смятия  $\sigma_{см}$  (МПа).

Выполнение условия  $\sigma_{см} = 22$  МПа  $< [\sigma_{см}] = 50$  МПа свидетельствует о том, что требование прочности выбранного шлицевого соединения выполняется. По указанной методике проведем выбор и расчет шлицевых соединений для других сопряжений деталей передач. Результаты расчетов представлены в табл. 7.

Полученные результаты расчетов с учетом предложенной кинематической схемы почвообрабатывающего модуля, имеющего комбинированное вращение АРО (см. рис. 3), дают возможность разработать основную конструкторскую документацию на детали его привода и изготовить натурные образцы, а последующая их сборка между собой с учетом корпусных и стандартных изделий позволяет выполнить опытный образец почвообрабатывающего орудия для дальнейших исследований и испытаний в полевых условиях (рис. 4).

### Выводы

1. Проведенные проектировочные и проверочные расчеты открытой цепной передачи позволили выбрать необходимый материал для изготовления деталей и определить ее параметры. Анализ проверочных расчетов цепных передач показал, что прочности их рабочих элементов достаточно для передачи внешних заданных нагрузок.

**Таблица 6. Результаты выбора и расчета шпоночных соединений**

Показатели	Вид соединения		
	ведомой звездочки открытой цепной передачи с ведущим валом	ведущего колеса зубчатой цилиндрической передачи с ведущим валом	ведомого колеса зубчатой цилиндрической передачи с промежуточным валом
Сечение шпонки $b \times h \times l$ ГОСТ 23360 –78	8×7×20		
Расчетное напряжение $\sigma_{см}$ , Н/мм <sup>2</sup>	140	68	100
Допускаемое напряжение $\sigma_{см}$ , Н/мм <sup>2</sup>	145		



**Рис. 4. Опытный образец навесного почвообрабатывающего фрезерного модуля с комбинированным вращением активных рабочих органов**

**Таблица 7. Результаты расчета шлицевых соединений**

Показатели	Вид соединения			
	ведущей звездочки боковой цепной передачи с ведущим валом	ведущей звездочки центральной цепной передачи с промежуточным валом	ведомой звездочки боковой цепной передачи с приводным валом	ведомой звездочки центральной цепной передачи с приводным валом
Сечение шлицевого соединения $z \times d \times D \times b$ ГОСТ 1139-58	8×32×36×6			
Расчетное напряжение $\sigma_{см}$ , МПа	22	30	32	42
Допускаемое напряжение $[\sigma_{см}]$ , МПа	50			

2. На основании кинематической схемы выполнены расчеты валов цепного редуктора, определены размеры ведущего, промежуточного, центрального и боковых валов (диаметры основных ступеней: выходных концов  $d_b$  (мм) и диаметр под подшипник, выбраны размеры участка вала под установку звездочек с учетом шлицевых соединений).

3. На завершающем этапе расчета рабочих элементов привода навесного модуля были выбраны подшипники и выполнен расчет шпоночных и шлицевых соединений спроектированных звездочек и зубчатых колес с валами привода активных рабочих органов.

4. Полученные в ходе исследования результаты позволяют разработать основную конструкторскую документацию на изготовление основных деталей и выполнить натурные образцы. Все это в целом позволяет изготовить и обеспечить сборку навесного почвообрабатывающего модуля для агрегатирования с мотокультиватором МК-200 НЕВА и практической апробации его в ходе лабораторных и полевых экспериментальных исследований.

#### Список использованных источников

1. **Чаткин М. Н.** Кинематика и динамика ротационных почвообрабатывающих машин. – Саранск: Мордов. ун-т, 2008. 316 с.
2. **Гусев А.Ю., Купряшкин В.Ф., Звонов С.Н., Лоскутов С.С.** Анализ конструкций почвообрабатывающих фрез с комбинированным вращением активных рабочих органов // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : матер. Междунар. науч.-практ. конф. 2019. С. 114-119.
3. **Купряшкин В.Ф., Гусев А.Ю., Борисов П.В.** Анализ конструкций почвообрабатывающих съемных модулей с активными рабочими органами для средств малой механизации // Развитие инженерного образования и его роль в технической модернизации АПК: матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 65-летию подготовки инженеров-механиков Ижевской ГСХА. Ижевск, 2021. С. 113-120.
4. Пат. 188609 Российская Федерация, МПК А 01 В 33/02; 39/22. Почвообрабатывающая фреза с комбинированным вращением роторов / В.Ф. Купряшкин, А.Ю. Гусев, Н.И. Наумкин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва». № 2019102898; заявл. 01.02.2019; опубл. 17.04.2019, Бюл. № 11. 4 с.: ил.
5. Руководство по эксплуатации мотокультиватора «Нева» МК-200 и его модификаций. Закрытое акционерное общество ЗАО «Красный Октябрь – Нева». СПб, 2011. 11 с.
6. **Купряшкин В.Ф., Гусев А.Ю.** Обоснование параметров и режимов работы самоходной почвообрабатывающей фрезы с комбинированным вращением активных рабочих органов // Научное обозрение. Междунар. науч.-практ. журнал. 2020. № 2. С. 20.
7. Обоснование кинематической схемы почвообрабатывающей фрезы с комбинированным вращением активных рабочих органов / А.Ю. Гусев, В.Ф. Купряшкин, С.Н. Звонов, С.С. Лоскутов // E-SCIO. 2019. № 12. С. 1-10. URL: <https://e-scio.ru/?p=9169> (дата обращения: 13.01.2022).
8. **Наумкин Н.И., Купряшкин В.Ф.** Проектирование приводов рабочих машин: учеб. пособ. Саранск: Мордов.ун-т, 2017. 160 с.
9. **Синеоков Г.Н.** Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. М.: Машиностроение, 1977. 328 с.
10. **Шейнблит А.Е.** Курсовое проектирование деталей машин. М.: ВШ, 1981. 432 с.

11. **Дунаев П.Ф.** Конструирование узлов и деталей машин / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. М.: Издательский центр «Академия», 2007. 496 с.

#### **Substantiation of the Design Parameters of the Working Elements of the Drive of a Mounted Soil-cultivating Module with Combined Rotation of Active Working Bodies**

**A.Yu. Gusev, V.F. Kupryshkin, A.S. Ulanov, N.N. Kuvshinov, N.A. Chetverov, A.V. Ovchinnikova**  
(N.P.Ogarev Mordovia State University)

**Summary.** *The substantiation of the design parameters of the working elements of the drive of a prototype mounted soil-cultivating module for motor blocks and motor cultivators with combined or simultaneous rotation of individual sections of active working bodies "top down" and "bottom up" using well-known modern methods for calculating and designing machine parts, including a combination of design and verification calculations, taking into account practical application in the designs of tillage machines.*

**Keywords.** *Mounted soil-cultivating module, active working bodies, combined rotation.*

## **Би** **масса** **ТОПЛИВО И ЭНЕРГИЯ** Конгресс & экспо

### **КОНГРЕСС И ВЫСТАВКА ПО ПРОИЗВОДСТВУ И ПРИМЕНЕНИЮ АВТОМОБИЛЬНЫХ И КОТЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ ИЗ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ**

(биобутанол, биоэтанол, бионефть, pellets, брикеты и другие биотоплива)

**13-14 апреля 2022**

Отель «Холидей Инн Лесная», Москва

**Тел: +7 (495) 585 5167**  
**info@biotoplivo.com**  
**www.biotoplivo.com**



УДК 637.116

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-2-22-27

# Результаты экспериментальных исследований датчика потока молока почетвертного доильного аппарата

**В.Ф. Ужик,**

д-р техн. наук, проф.,  
uzhik16@rambler.ru

**О.С. Кузьмина,**

преподаватель,  
osk9592@mail.ru

**О.В. Китаёва,**

д-р техн. наук, доц.,  
osk9592@mail.ru  
(ФГБОУ ВО «БелГАУ им. В.Я. Горина»);

**Я.В. Кабашко,**

экономист,  
ya-nauzhik@gmail.com

**Аннотация.** Показана целесообразность использования почетвертного адаптивного доильного аппарата. Разработаны стенды и методики экспериментальных исследований датчика потока молока. Экспериментально установлены параметры элементов конструкции: расстояние от дна молоколовушки до буртика подвижного патрубка – 25,6 мм; диаметр выемки в подвижном патрубке, образующей калиброванный канал, –  $1 \pm 0,1$  мм; диаметр калиброванного отверстия жиклера –  $0,58 \pm 0,01$  мм; внутренний диаметр подвижного патрубка – не менее  $7 \pm 0,1$  мм; высота щели, образуемой нижним обрезом подвижного патрубка и коническим посадочным гнездом, –  $1,94 \pm 0,1$  мм; диаметр мембраны –  $48 \pm 0,1$  мм при толщине  $2 \pm 0,1$  мм и одностороннем давлении на нее  $0,46 \pm 0,1$  кПа.

**Ключевые слова:** коллектор, молоколовушка, калиброванное отверстие, калиброванный канал, патрубок, мембрана, жиклер.

## Постановка проблемы

В последнее десятилетие в регионах Российской Федерации все большую популярность приобретает технология так называемого «добровольного» доения коров, основанная на применении роботизированных

систем [1-5]. Эти системы обладают двумя основными отличительными особенностями: возможностью животного самостоятельно регулировать число доек, что, как показали исследования, не снижает количество продуцируемого молока [6], и наличием функции отслеживания динамики потока молока по каждой доле вымени коровы в отдельности, завершающегося снятием доильного стакана при снижении его интенсивности относительно установленного контрольного значения. Благодаря этому уменьшается риск поражения соска вымени высоким вакуумом при завершении процесса извлечения молока, что положительно сказывается на качестве получаемого продукта и эффективности его производства [7].

Современное оборудование для доения коров, применяемое как при привязном, так и беспривязном содержании животных, может быть снабжено элементами автоматики контроля и корректировки параметров режима доения в ответ на изменение интенсивности потока молока, выводимого из вымени. Однако, в отличие от доильных роботов, в нем никак не учитывается неравномерность развития долей вымени коровы, хотя целесообразность этого не вызывает сомнения.

Частичное решение проблемы – на переходный период до полной роботизации молочного скотоводства разработать доильный аппарат с почетвертной адаптацией режима доения к интенсивности потока, выводимого из вымени. Разработана компоновочная схема такого аппарата [8, 9]. Его отличительной особенностью является наличие четырехсекционного коллектора с датчиками

потока молока, совмещенными с регуляторами вакуумметрического давления в подсосковых камерах доильных стаканов и выполненными в виде поплавковых камер с герконом, магнитом и коаксиально расположенным подвижным патрубком, взаимодействующим с мембраной, отделяющей поплавок камеру от камеры управления.

Путем моделирования рабочего процесса датчика потока молока получены математические выражения, описывающие рабочие процессы элементов его конструкции [10-12]. Для проверки теоретических положений и уточнения ряда параметров выполнен расчет и изготовлен экспериментальный образец доильного аппарата (рис. 1).

Цель исследований – проверка теоретических положений и обоснование параметров элементов конструкции датчика потока молока почетвертного доильного аппарата.

## Материалы и методы исследования

С помощью математического моделирования процессов взаимодействия магнита, установленного на поплавок, и геркона, истечения молока под воздействием перепада давлений и свободного напора из молоколовушки, поступления атмосферного воздуха для транспортировки молока и поддержания заданного вакуумметрического давления под соском, а также процесса деформации мембраны выявлены зависимости конструктивных параметров молоколовушки от требуемых режимных параметров.

Для проверки математических моделей и обоснования конструктивных



**Рис. 1. Экспериментальный образец доильного аппарата**

и режимных параметров молоколовушки, при которых обеспечивается замыкание-размыкание контактов геркона, разработан и изготовлен стенд, включающий в себя микрометр для измерения перемещения магнита относительно геркона, блок питания и контрольную лампу для визуального контроля момента замыкания и размыкания контактов геркона (ПМ №202514) [13, 14]. Исследовали взаимодействие неодимовых магнитов (неодим-железо-бор (NdFeB)) размером 2×2×2, 4×4×4 и 6×6×6 мм и герконов КЭМ-2 группы Б (МДС срабатывания 21-42 А). Анализ результатов измерения выполняли с использованием программы Excel и стандартных методов статистической обработки [15, 16].

Для изучения расхода жидкости через калиброванный канал в подвижном патрубке из молоколовушки в молокоприемную камеру коллектора, а также через щель, образуемую посадочным гнездом, выполненным в дне молоколовушки, и подвижным патрубком при его перемещении штоком микрометра вверх, и взаимосвязи параметров калиброванного канала и калиброванного отверстия для поступления атмосферного воздуха в

патрубков, которым молоколовушка соединена с подсосковой камерой доильного стакана, при изучении закономерности изменения вакуумметрического давления в трубке, разработан стенд, включающий в себя: реле времени, управляющее отсекаемостью потока жидкости, вертикально перемещаемой вдоль мерной линейки; поплавковую камеру для имитации напора истечения жидкости из поплавковой камеры, а также тензометрический датчик давления (патент № 2727358) [17].

При проверке математических моделей, характеризующих процесс истечения жидкости, были заложены полные факторные эксперименты (ПФЭ) 3<sup>2</sup> [18, 19]. Параметр оптимизации – расход жидкости. Анализ результатов измерения расхода жидкости выполняли с использованием программы Excel, стандартных методов статистической обработки и обработки данных факторного эксперимента [15, 16, 18, 19]. Оценку адекватности теоретических уравнений, полученных в результате математического моделирования рабочего процесса, и уравнений, полученных на основе экспериментальных исследований, оценивали по F-критерию Фишера [15].

При отыскании оптимального соотношения диаметров выемки в подвижном патрубке и калиброванного отверстия в трубке для подсоса воздуха из атмосферы, сообщаемой молоколовушке с подсосковой камерой доильного стакана, в основу исследования также был заложен полный факторный эксперимент (ПФЭ) 3<sup>2</sup> [18, 19].

При анализе математической модели, характеризующей процесс деформации мембраны под нагрузкой, установлено, что стрела прогиба зависит от диаметра мембраны, ее толщины и перепада давления на ней, поэтому здесь также применялся полный факторный эксперимент (ПФЭ) 3<sup>3</sup> [33, 34]. При этом использовали разработанный стенд, позволяющий исследовать характер деформации мембраны в зависимости от ее диаметра, толщины и действующего одностороннего давления рабочей среды (патент № 205593) [20].

### Результаты исследований и обсуждение

Для проверки математических моделей, а также обоснования конструктивных и режимных параметров молоколовушки, при которых обеспечивается замыкание-размыкание контактов геркона, проведено исследование взаимодействия магнита и геркона. Для этого на основании предварительно проведенных теоретических исследований были отобраны неодимовые магниты (неодим-железо-бор (NdFeB)) размером 2×2×2, 4×4×4 и 6×6×6 мм и герконы КЭМ-2 группы Б (МДС срабатывания 21-42 А).

По результатам обработки данных исследований в программе Excel получены эмпирические уравнения, характеризующие зависимость расстояния между магнитом и герконом в момент замыкания-размыкания его контактов от габаритных размеров магнита. Уравнение взаимосвязи указанных параметров в момент замыкания контактов при сближении магнита и геркона имеет вид:

$$y_1 = 0,3266x^2 + 1,8862x - 1,4516, \quad (1)$$

где  $y_1$  – расстояние между герконом и магнитом в момент замыкания контактов геркона, мм;

$x$  – размер стороны равностороннего магнита, мм.

Уравнение взаимосвязи указанных параметров в момент размыкания контактов при удалении магнита и геркона друг от друга имеет вид

$$y_2 = 0,4179^2 + 3,1761x - 2,672, \quad (2)$$

где  $y_2$  – расстояние между герконом и магнитом в момент размыкания контактов геркона, мм.

Как свидетельствует анализ расчетов, выполненных по уравнению (1) и на базе теоретического уравнения, характеризующего зависимость магнитодвижущей силы на герконе от удаления от него магнита, расстояние между магнитом и герконом в момент замыкания контактов геркона при их сближении, определенное экспериментально, превышает данный параметр, полученный расчетным путем.

Анализ расчетов, выполненных по теоретическому уравнению и на базе уравнения (2), характеризующего зависимость магнитодвижущей силы на герконе от удаления от него магнита, показал, что расстояние между магнитом и герконом в момент замыкания контактов последнего при их удалении друг от друга, полученное опытным путем, меньше параметра, выведенного путем расчета по уравнению (2).

Графическая интерпретация эмпирических уравнений регрессии (1) и (2), а также теоретических исследований процесса взаимодействия геркона и магнита представлена на рис. 2.

Доля отклонения в большую сторону экспериментально изучаемого параметра по отношению к его расчетному значению в режиме замыкания контактов геркона варьируется в интервале 0,37-1,6%, а отклонения в меньшую сторону в режиме размыкания контактов – 2,76-4,60%. Этим подтверждается возможность использования уравнений (1) и (2) для расчета магнитодвижущей силы магнита и на их основе, используя характеристики магнита и геркона, установления максимально допустимого расстояния между магнитом и герконом в момент замыкания контактов и минимально допустимого в момент размыкания.

Так, при использовании неодимового магнита (неодим-железо-бор (NdFeB)) размером 4×4×4 и геркона КЭМ-2 группы Б (МДС срабатывания 21-42 А) максимально допустимое удаление магнита от геркона составляет 11,2 мм, а минимальное в момент размыкания – 17,12 мм.

Обработка данных, полученных в результате выполнения двухфакторного эксперимента по изучению зависимости интенсивности потока истекающей через калиброванный канал жидкости от напора истечения и диаметра выемки в подвижном патрубке, позволила получить уравнение, в раскодированном виде имеющее вид:

$$Q_k = 0,017169109 - 0,051079512d_k + 0,00045335342P_{ds} + 0,00680889868P_{ds}d_k + 0,02906606d_k^2 - 0,00021930479P_{ds}^2, \quad (3)$$

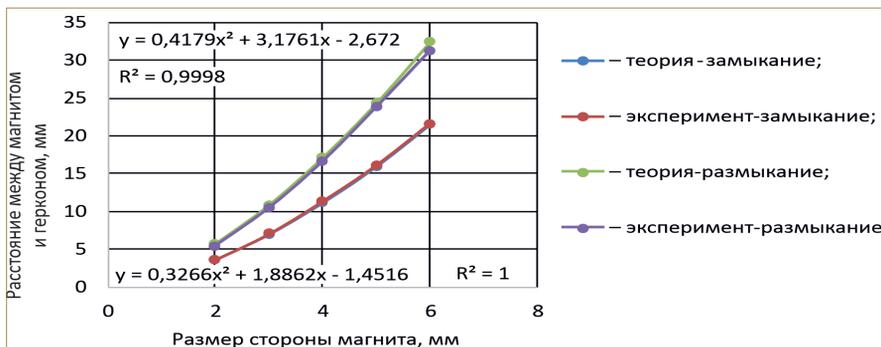


Рис. 2. Зависимость расстояния между магнитом и герконом в момент замыкания-размыкания контактов геркона

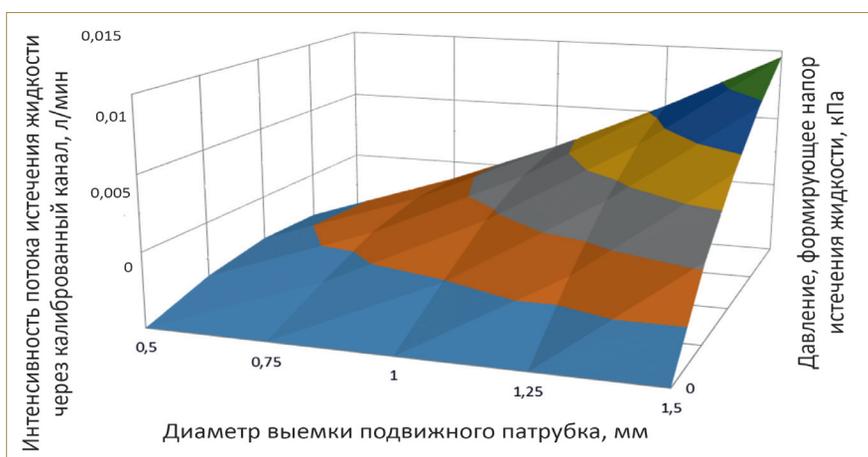


Рис. 3. Зависимости интенсивности потока истекающей через калиброванный канал жидкости от напора истечения и диаметра выемки в подвижном патрубке

где  $Q_k$  – интенсивность потока истекающей через калиброванный канал жидкости, л/мин;

$P_{ds}$  – перепад давлений между камерой рабочего вакуумметрического давления и молокоприемной камерой коллектора в стимулирующем режиме доения, кПа.

Указанная зависимость приведена на рис. 3.

Сравнивая результаты расчетов по теоретическому уравнению и экспериментальных исследований процесса истечения жидкости через калиброванный канал, описываемых уравнением (3), можно отметить, что при табличном значении F-критерия Фишера 4,63 его фактическое значение равно 1,12, что является доказательством верности рассматриваемых теоретических положений.

Установлено, что для обеспечения интенсивности потока истечения жидкости из молоколовушки коллектора 50-60 мл/мин при перепаде давлений в ней и молокоприемной камере коллектора  $15 \pm 0,1$  кПа диаметр выемки в подвижном патрубке, образующей калиброванный канал, должен быть равен  $1 \pm 0,1$  мм.

Обработка с использованием программы Excel данных, полученных в результате проведения двухфакторного эксперимента по изучению зависимости расхода жидкости из молоколовушки в молокоприемную камеру коллектора через щель, образуемую посадочным гнездом и стержнем при его перемещении вверх штоком микрометра при принятом внутреннем диаметре подвижного патрубке и диаметре меньшего отверстия конического посадочного гнезда в дне молоколовушки  $8 \pm 0,1$  мм позволила получить уравне-

ние, в раскодированном виде имею-  
щем вид:

$$Q_n = -0,05938 + 0,64026h_{pn1} + 0,14172P_{dn1} + 0,27824P_{dn1}h_{pn1} + (4) + 0,0017h_{pn1}^2 - 0,02832P_{dn1}^2,$$

где  $Q_n$  – интенсивность потока истекающей через щель жидкости, л/мин;

$P_{dn1}$  – перепад давлений между камерой рабочего вакуумметрического давления и молокоприемной камерой коллектора в номинальном режиме доения, кПа;

$h_{pn1}$  – высота щели, мм.

Графическая интерпретация данной зависимости приведена на рис. 4.

Сравнивая результаты расчетов по теоретическим уравнениям с экспериментальными данными, установили, что при табличном значении F-критерия Фишера 3,11 его фактическое значение равно 1,27, что является доказательством верности рассматриваемых теоретических положений. Этим доказано, что для обеспечения интенсивности потока истечения жидкости из молоколовушки  $2 \pm 0,1$  л/мин при перепаде давлений в ней и в молокоприемной камере коллектора  $1,25 \pm 0,1$  кПа высота щели, образуемой нижним обрезом подвижного патрубка и коническим посадочным гнездом, должна быть равна  $1,94 \pm 0,1$  мм.

Обработка данных, полученных в результате проведения двухфакторного эксперимента, позволила получить уравнение, представляющее собой характер зависимости вакуумметрического давления в патрубке, а равно в молоколовушке и подсосковой камере доильного стакана, от диаметра выемки в исследуемом стержне и калиброванного отверстия жиклера, в раскодированном виде имеющее вид:

$$P_{exp} = 56,6659175 - 49,8930625d_k + 132,690725d_{otv} - 75,465625d_k d_{otv} + (5) + 29,1051875d_k^2 - 4,87925d_{otv}^2,$$

где  $P_{exp}$  – абсолютное давление в патрубке, кПа;

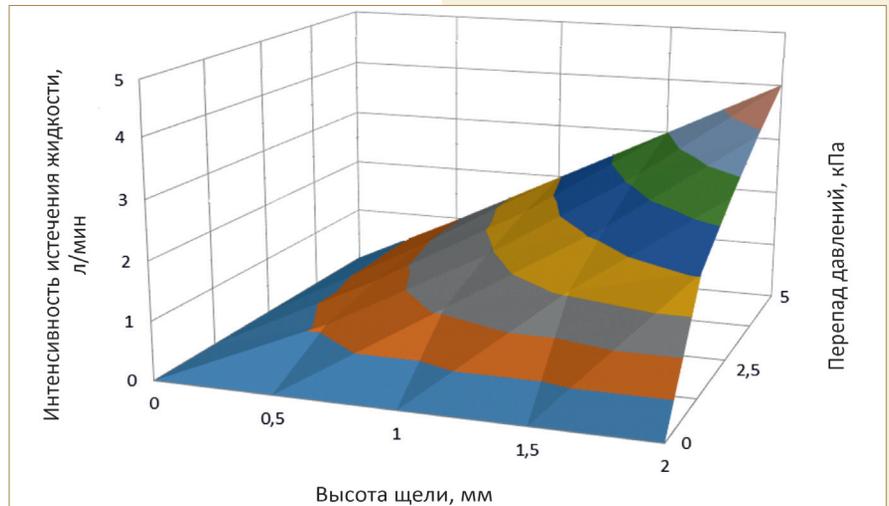


Рис. 4. Зависимость интенсивности потока жидкости, истекающей через щель, от напора истечения и высоты щели

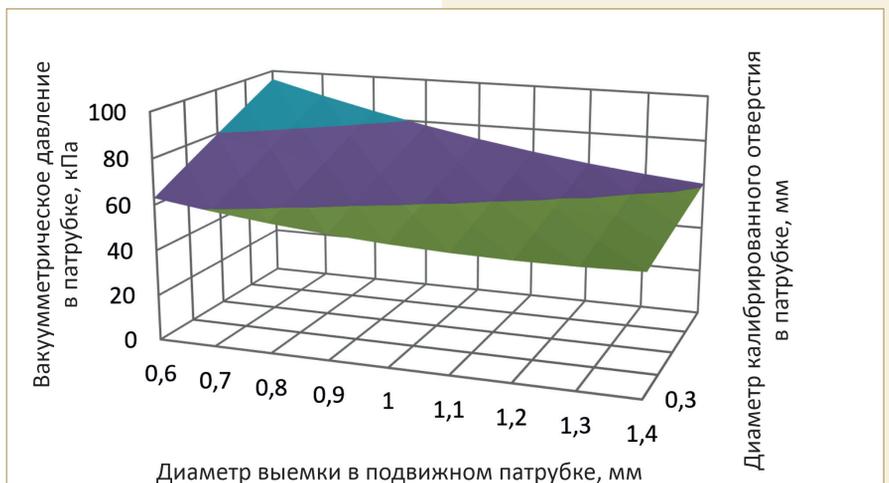


Рис. 5. Зависимость абсолютного давления в патрубке от диаметра выемки в стержне и диаметра калиброванного отверстия жиклера

$d_k$  – диаметр выемки в стержне, мм;

$d_{otv}$  – диаметр калиброванного отверстия жиклера, мм.

Графическая интерпретация данной зависимости приведена на рис. 5.

Сравнение результатов расчетов по теоретическим уравнениям и результатов экспериментальных исследований показало, что при табличном значении F-критерия Фишера 3,13 его фактическое значение равно 1,05, что подтверждает верность

рассматриваемых теоретических положений. Это доказывает, что для обеспечения вакуумметрического давления в патрубке, а равно в молоколовушке и подсосковой камере доильного стакана, равного  $33 \pm 0,1$  кПа, в стимулирующем режиме доения при диаметре выемки в подвижном патрубке  $1 \pm 0,1$  мм и номинальном вакуумметрическом давлении в молокоприемной камере коллектора  $48 \pm 0,1$  кПа диаметр калиброванного отверстия жиклера должен быть не менее  $0,58 \pm 0,01$  мм.

Обработку материалов исследований, полученных в результате выполнения трехфакторного эксперимента, вели с использованием программы Excel, что позволило получить уравнение, выражающее зависимость

стрелы прогиба мембраны от ее диаметра и толщины, а также перепада давления на ней. В раскодированном виде зависимость имеет вид:

$$\omega = -5,15472 + 0,118713D_m + 2,6368\delta + 0,362542\Delta p + 0,0329D_m\Delta p + 0,04\delta\Delta p - 0,0042D_m\delta\Delta p - 0,0014255D_m^2 - 0,5702\delta^2 - 0,1430352\Delta p^2, \quad (6)$$

где  $\omega$  – стрела прогиба мембраны, мм;

$D_m$  – диаметр мембраны, мм;

$\delta$  – толщина мембраны, мм;

$\Delta p$  – давление, кПа.

Достоверность теоретических уравнений подтверждается полученными экспериментальными данными. При табличном значении F-критерия Фишера 2,28 фактическое значение составляет 1,04.

Как свидетельствует анализ математических моделей деформации мембраны, а также эмпирического уравнения (6), стрела прогиба мембраны, равная  $0,97 \pm 0,1$  мм, при которой обеспечивается образование щели между нижним обрезом подвижного патрубка и дном молоколовушки высотой  $1,94 \pm 0,1$  мм для обеспечения интенсивности потока истечения жидкости из молоколовушки коллектора  $2 \pm 0,1$  л/мин и внутреннем диаметре подвижного патрубка, а также диаметре меньшего отверстия конического посадочного гнезда в дне молоколовушки  $8 \pm 0,1$  мм, может быть достигнута при диаметре мембраны  $48 \pm 0,1$  мм, ее толщине  $2 \pm 0,1$  мм и одностороннем давлении на нее  $0,46 \pm 0,1$  кПа.

## Выводы

1. Анализ технологий машинного доения коров и известных конструкций доильного оборудования позволил установить, что для доения коров целесообразно использовать почетвертной адаптивный доильный аппарат.

2. Теоретическими и экспериментальными исследованиями установлено, что при весе поплавка 0,11 Н, магнита – 0,02 Н и подвижного патрубка – 0,02 Н, наружном и внутреннем диаметре поплавка соответственно 0,043 и 0,013 м и использовании нео-

димового магнита (NdFeB) размером  $4 \times 4$  мм и геркона КЭМ-2 группы Б минимально допустимое расстояние от дна молоколовушки до буртика подвижного патрубка при крайнем нижнем его положении, равном 25,6 мм, может быть при удалении геркона в противоположном направлении от направления всплытия поплавка на расстояние 11,20 мм.

3. Доказано, что для обеспечения интенсивности потока истечения жидкости из молоколовушки 500-60 мл/мин при перепаде давлений в ней и в молокоприемной камере коллектора  $15 \pm 0,1$  кПа диаметр выемки в подвижном патрубке должен быть равен  $1 \pm 0,1$  мм.

4. Математическое моделирование и проведенный эксперимент позволили доказать, что для обеспечения вакуумметрического давления в подсосковой камере доильного стакана  $33 \pm 0,1$  кПа в стимулирующем режиме доения при диаметре выемки в подвижном патрубке  $1 \pm 0,1$  мм и номинальном вакуумметрическом давлении в молокоприемной камере коллектора  $48 \pm 0,1$  кПа, толщине стенки патрубка  $1 \pm 0,1$  мм диаметр калиброванного отверстия жиклера должен быть не менее  $0,58 \pm 0,01$  мм.

5. Установлено, что при увеличении интенсивности истечения молока из молоколовушки в молокоприемную камеру коллектора до 20000 мл/мин при сохранении в ней абсолютного давления 52 кПа внутренний диаметр подвижного патрубка должен быть не менее  $7 \pm 0,1$  мм. При этом доказано, что для обеспечения интенсивности потока истечения жидкости из молоколовушки коллектора  $2 \pm 0,1$  л/мин при перепаде давлений в ней и в молокоприемной камере коллектора  $1,25 \pm 0,1$  кПа и внутреннем диаметре подвижного патрубка, а также диаметре меньшего отверстия конического посадочного гнезда в дне молоколовушки  $8 \pm 0,1$  мм высота щели, образуемой нижним обрезом подвижного патрубка и коническим посадочным гнездом, должна быть равной  $1,94 \pm 0,1$  мм.

6. Доказано, что при диаметре отверстия в патрубке для подсоса атмосферного воздуха, равном

$0,49$  мм, толщине стенки патрубка  $1$  мм, толщине стенки подвижного патрубка  $2$  мм, внутреннем диаметре подвижного патрубка  $8$  мм и абсолютном давлении доения  $53$  кПа размер калиброванной щели равен  $0,07$  мм. Исходя из теоретических и экспериментальных исследований следует, что минимально допустимая глубина молоколовушки должна быть  $31,54$  мм.

7. Как свидетельствует анализ математических моделей деформации мембраны, стрела ее прогиба, равная  $0,97 \pm 0,1$  мм, может быть достигнута при диаметре мембраны  $48 \pm 0,1$  мм, толщине  $2 \pm 0,1$  мм и одностороннем давлении на нее  $0,46 \pm 0,1$  кПа.

## Список использованных источников

1. Мишакова С.А., Павлова И.М., Воронкова О.А. Необходимые условия для применения роботизированных технологий в молочном скотоводстве // Экономика сельского хозяйства России. 2021. № 3. С. 61-64.
2. Чутчева Ю.В., Мишакова С.А. Внедрение роботизированных технологий в молочном скотоводстве на примере Калужской области [Текст]: матер. I Междунар. науч.-практ. конф. по проблемам развития аграрной экономики (14-15 октября 2020 г.) [Электронный ресурс]. М.: Научный консультант, 2020. С. 257-261.
3. Иванов Ю.Г. Сравнительная оценка энерго-, трудо- и эксплуатационных затрат при переводе коров с доения в молокопровод на робот «lelyastronaut» [Текст] // Вестник ВНИИМЖ. 2013. № 3. С. 188-191.
4. Чутчева Ю.В., Мишакова С.А. Влияние роботизированных технологий на молочное скотоводство Калужской области // Экономика сельского хозяйства России. 2020. № 7. С. 49-52.
5. Екенин В.В., Коротаев А.А. Мировая тенденция развития роботов сельскохозяйственного назначения [Текст] // Молодежь и наука. 2016. № 7. С. 54-58.
6. Хисамов Р.Р., Загидуллин Л.Р., Сафиуллин Н.А. Реакция коров-первотелок на систему добровольного доения // Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 3. С. 23-25.
7. Суровцев В.Н., Никулина Ю.Н. Эффективность освоения систем роботизированного доения // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 8. С. 3-7.
8. Переносной манипулятор для доения коров: пат. РФ № 2695868 /

Ужик В.Ф., Кузьмина О.С., Китаёва О.В. № 2018139401; заявл. 06.11.2018; опубл. 29.07.2019. Бюл. № 22.

9. **Кузьмина О.С.** Переносной манипулятор с почетвертным управляемым режимом доения коров / В.Ф. Ужик, О.С. Кузьмина, О.В. Китаёва, С.И. Непипелов // Вестник ВНИИМЖ. 2019. № 4 (36). С. 51-56.

10. **Кузьмина О.С.** К обоснованию параметров молоколовушки переносного манипулятора доения коров с почетвертным управлением режимом доения / В.Ф. Ужик, О.С. Кузьмина, О.В. Китаёва, А.И. Тетерядченко // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 4 (24). С. 89-108.

11. **Кузьмина О.С.** К обоснованию параметров молоколовушки манипулятора для доения коров / В.Ф. Ужик, О.С. Кузьмина, О.В. Китаёва, А.И. Тетерядченко // Техника и оборудование для села. 2020. № 1 (271). С. 28-35.

12. **Кузьмина О.С.** Моделирование рабочего процесса поплавковых датчиков потока молока переносного адаптивного манипулятора доения коров / В.Ф. Ужик, О.С. Кузьмина, О.В. Китаёва, Ю.А. Китаёв // Вестник Воронежского ГАУ. 2020. № 2 (65). С. 55-64.

13. Стенд для имитации и исследования взаимодействия магнита и геркона датчика потока молока доильного аппарата / Кузьмина О.С., Ужик В.Ф., Китаёва О.В., Тетерядченко А.И., Китаёв Ю.А. Патент на полезную модель RUS 202514, заявл. 06.11.2020, опубл. 20.02.2021. Бюл. № 5.

14. **Ужик В.Ф., Кузьмина О.С., Китаёва О.В., Тетерядченко А.И.** Методика экспериментальных исследований взаимодействия магнита и геркона // Решение проблем взаимодействия науки и бизнеса: матер. Национальной науч.-практ. конф. «Инновационные решения в агроинженерии в XXI веке». п. Майский: Белгородский ГАУ, 2021. С. 171-175.

15. **Веденяпин Г.В.** Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. М.: Колос, 1973, изд. 3. 194 с.

16. **Вадзинский Р.** Статистические вычисления в среде Excel. Библиотека пользователя. СПб: Питер, 2008. 608 с.

17. Стенд для имитации работы и испытания датчика потока молока доильного аппарата / Ужик В.Ф., Кузьмина О.С., Китаёва О.В., Тетерядченко А.И., Прокофьев В.В. Патент на изобретение RUS 2727358, заявл. 22.10.2019, опубл. 07.2020. Бюл. № 21.

18. **Петков А.А.** Ортогональное центральное композиционное планирование в технике и электрофизике высоких напряжений : учеб.-метод. пособ. Харьков: НТУ ХПИ, 2007. 61 с.

19. **Дегтярев Д.А.** Пошаговая методика проведения многофакторного эксперимента [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://manyfactors.ru> (дата обращения: 07.01.2019).

20. Стенд для измерения стрелы прогиба мембраны под действием одностороннего давления рабочей средой / Кузьмина О.С., Ужик В.Ф., Китаёва О.В.,

Тетерядченко А.И., Китаёв Ю.А. Патент на полезную модель RUS 205593, заявл. 13.01.2021, опубл. 22.07.2021. Бюл. № 21.

### The Results of Experimental Studies of the Milk Flow Sensor of the Quarter-by-quarter Milking Machine

V.F. Uzhik, O.S. Kuzmina, O.V. Kitaeva (Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin)

Ya.V. Kabashko

**Summary.** The expediency of using a quarter-by-quarter adaptive milking machine is shown. Stands and methods for experimental researches of the milk flow sensor have been developed. The parameters of the structural elements were experimentally established: the distance from the bottom of the milk catcher to the shoulder of the movable branch pipe is 25.6mm; the diameter of the recess in the movable branch pipe, forming a calibrated channel, is  $1.0 \pm 0.1$  mm; diameter of the calibrated hole of the jet –  $0.58 \pm 0.01$  mm; internal diameter of the movable branch pipe - not less than  $7 \pm 0.1$  mm; the height of the gap formed by the lower edge of the movable branch pipe and the conical landing socket is  $1.94 \pm 0.1$  mm, the membrane diameter is  $48 \pm 0.1$  mm; with a thickness of  $2 \pm 0.1$  mm and a one-sided pressure on it of  $0.46 \pm 0.1$  kPa.

**Keywords.** Collector, milk catcher, calibrated hole, calibrated channel, branch pipe, membrane, jet.

XIV МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ ВЫСТАВКА

КАРТОФЕЛЬ

3-4 марта 2022



В ТОРГОВО-ВЫСТАВОЧНОМ  
КОМПЛЕКСЕ «ЭКСПО-КОНТУР»  
Г. ЧЕБОКСАРЫ,  
ЯДРИНСКОЕ ШОССЕ, 3

ТЕЛ. +7(8352)45-93-26  
AGRO-IN.CAP.RU

УДК 621.785.53; 621.793

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-2-28-32

# К вопросу о совмещении электроискрового и термодиффузионного методов для упрочнения поверхностей деталей машин в АПК

**В.Ф. Аулов,**

канд. техн. наук, вед. науч. сотр.,

**Ю.Н. Рожков,**

мл. науч. сотр.,

gosniti@mail.ru

(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

**Аннотация.** Рассмотрены процессы получения износостойких покрытий при электроискровом легировании стали 40 с последующим ТВЧ-борированием под слоем шихты на основе карбида бора с добавками алюминидов. Толщина покрытий достигает 600-1000 мкм, время наплавки – 1-2 мин.

Представлены результаты металлографических исследований, а также испытаний на износостойкость в условиях абразивного изнашивания образцов из стали 40 с упрочняющими покрытиями и без них.

**Ключевые слова:** электроискровое легирование, ТВЧ-нагрев, ТВЧ-борирование, железо-боридная эвтектика, интерметаллиды.

## Постановка проблемы

Для улучшения физико-механических характеристик восстановленных поверхностей различных деталей, их поверхностного упрочнения и повышения ресурса техники в машиностроении применяются различные методы нанесения покрытий наплавкой, напылением и электроискровой обработкой, химико-термической обработкой и др. [1-3]. Особое место среди процессов упрочнения занимает борирование, когда на стальной поверхности формируют слои (до 500-800 мкм), отличающиеся высокой твердостью, прочностью, износ- и коррозионностойкостью [4-5]. Однако большинство известных методов борирования (печное, газовое, электролитическое) стальных деталей длительны по времени, трудоемки, не автоматизированы и плохо встраиваются в технологические схемы современных производств.

Значительная интенсификация процессов борирования происходит при ТВЧ-нагреве обрабатываемой поверхности под слоем специальной борировочной шихты до температур образования новых боридных фаз и эвтектик 1100-1350 °С. [6] Такие покрытия применяются для увеличения срока службы различных деталей [7], а учитывая высокую скорость борирования, технологический процесс был назван скоростным ТВЧ-борированием.

В процессе совершенствования скоростного ТВЧ-борирования и разработки пилотных технологий были

проведены исследования структуры и свойств износостойких покрытий, формирующихся на образцах из конструкционных сталей различных марок, а также влияния на них разных технологических факторов [8]. Существенными недостатками таких покрытий являются структурная неоднородность, поры и трещины, образующиеся из-за большой разницы в физических свойствах и отличающихся в 1,5-2 раза температурных коэффициентов линейного расширения основного материала и покрытия, а также ограниченная область их применения.

Для повышения функциональности боридных покрытий, устранения трещин и расширения области их применения предложено модифицировать их состав различными интерметаллидами, температуры плавления которых близки к 1100-1350 °С.

**Цели исследований** – формирование и материаловедческие исследования износостойких покрытий, полученных при скоростном ТВЧ-борировании стали 40, предварительно модифицированных электроискровым легированием электродом Т15К6 для увеличения толщины покрытия, а также изучение влияния технологических параметров совмещенной обработки ЭИЛ + ТДП на свойства полученных покрытий.

## Материалы и методы исследования

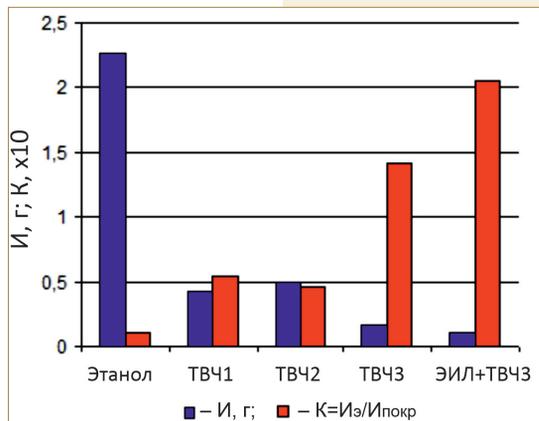
Развивая экспериментальные исследования измененных поверхностных слоев (ИПС) образцов из среднеуглеродистой стали 40 при совмещении ЭИ-метода нанесения покрытий и термодиффузионного процесса (ТДП) и их свойств, были исследованы пять видов образцов из стали 40 после аналогичной обработки, включая образцы без покрытия, принятые эталонными. Особенность заключалась как в изменении материала образцов, так и в технологии ТДП – обработка образцов с ЭИ-покрытиями не просто скоростным ТВЧ-борированием с использованием традиционной технологии, а с применением легирующих добавок в борировочную шихту. Основанием для этих исследований послужили ранее выполненные работы [1-5].

Испытания проводили на испытательном стенде «Машина 1» (рис. 1) на образцах без покрытий – 8 шт. (эталон) и 4 серии образцов по 3 шт. с различными покрытиями (рис. 2).

В качестве абразивного инструмента использовали лепестковый радиальный круг (КЛ 150-30-32 КК19ХВ25Н)



**Рис. 1. Стенд для испытаний образцов на абразивную износостойкость «М1»**



ТВЧ1 –  $B_4C$  + флюс П-0.66;  
 ТВЧ2 –  $B_4C+Fe_2Al_5$ ; флюс П-0.66;  
 ТВЧ3 –  $B_4C$ , флюс П-0.66; ЭИЛ + ТВЧ3

**Рис. 2. Гистограмма результатов испытаний образцов из стали 40 в условиях абразивного изнашивания**



**Рис. 3. Весы ВЛР-200**

зернистостью 25 мкм на основе шлифовального материала из электрокорунда.

Режимы испытаний:

давление круга на образец – 300 Н (деформация пружины 12 мм);

частота вращения круга – 47 мин<sup>-1</sup> (линейная скорость 0,37 м/с);

длительность испытания – 5 мин.

Каждый образец взвешивался на весах ВЛР-200 (рис. 3) с точностью 0,0001 г до и после испытания.

Использование метода упрочнения железоуглеродистых сплавов путем совмещения электроискрового и термодиффузионного процессов расширяет диапазон технологических методов обработки металлических материалов и способствует повышению износостойкости высоконагруженных поверхностей различных деталей, работающих в условиях абразивного изнашивания.

Для определения шероховатости поверхности покрытия использовался профилограф-профилометр Surtronic 25. Определяемые параметры: Ra, Rz ГОСТ Р ИСО 4287-2014.

С целью выявления микроструктуры были проведены металлографические исследования. Для этого предварительно подготавливались металлографические шлифы.

Нарезка образцов необходимого размера осуществлялась на ручном отрезном станке «Labotom-3 Struerus» с водяным охлаждением, которое предупреждает изменение структуры в процессе пробоподготовки. Образцы закреплялись на автоматическом электрогидравлическом прессе «CitoPress-1 Struerus» путем запрессовки в цилиндрическую шайбу из полимерной смолы Ø 40 мм. Подготовка поверхности закрепленного образца состояла в механической обработке с целью получения плоской поверхности требуемого качества и включала в себя шлифование и полирование на шлифовально-полировальном станке «LaboPol-5 Struerus».



**Рис. 4. Микроскоп Olympus GX51**

Контроль качества поверхности осуществлялся визуально и с помощью микроскопа. У подготовленного металлографического шлифа была получена зеркальная поверхность без царапин и посторонних включений. Химическое травление с целью выявления структуры стальных образцов и покрытий производилось 4%-ным спиртовым раствором азотной кислоты ( $HNO_3$ ), образцов и покрытий цветных металлов – концентрированным спиртовым раствором азотной кислоты.

Определение и фотографирование микроструктуры выполнялось с помощью инвертированного металлографического микроскопа Olympus GX51 (50-1000-кратное увеличение) (рис. 4).

### Результаты исследований и обсуждение

В табл. 1 приведены данные по технологии обработки испытанных модельных образцов. Внешний вид образцов с покрытиями после испытаний на абразивное изнашивание представлен на рис. 5.

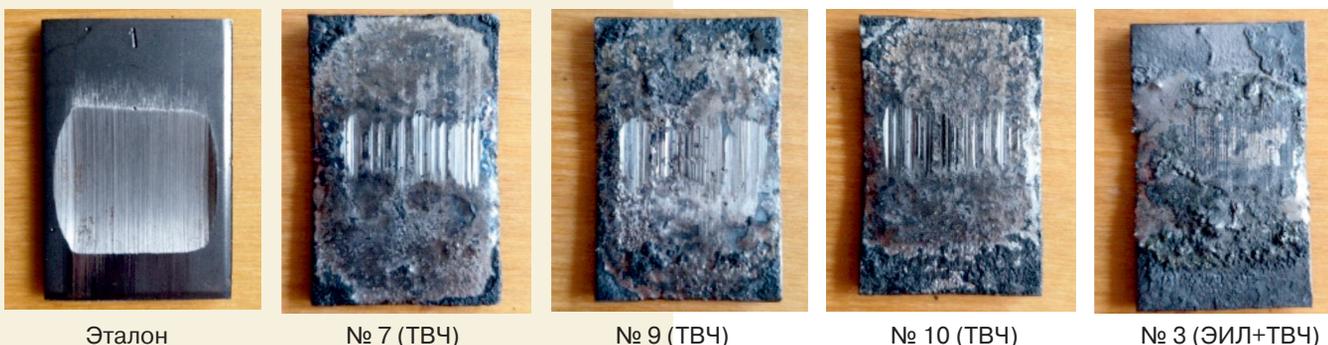


Рис. 5. Образцы из стали 40:

эталонный; с ТД покрытиями (№ 7, 9, 10); с комбинированным ЭИ+ТВЧ покрытием (№ 3) – см. табл. 1

Таблица 1. Технология обработки модельных образцов из стали 40 (размеры 60×40×3 мм)

Номер образца	Вид покрытия	Шихта	
		состав	описание
1, 7*, 4	Термодиффузионное (ТВЧ)	$V_4C+$ + (флюс П-0.66)	Смесь борирову- щая
5, 6, 9*		$V_4C+Fe_2Al_5$ (флюс П-0.66)	Смесь борирову- щая + железо- алюминий
2, 8, 10*		$V_4C+П-0.66$	Смесь борирову- щая
3*, 11, 12	Комбиниро- ванное (ЭИЛ+ТВЧ)**	ЭИЛ + напла- вочная смесь с бором	Совмещение ме- тодов последова- тельного нане- сения покрытий ЭИЛ+ТВЧ

\* Образцы, подвергнутые металлографическим исследованиям.

\*\* ЭИ-покрытия нанесены на установке «БИГ-5» (режим № 65), удельное время обработки 2 τ, электрод ВК8 сечением 48 мм<sup>2</sup>.

Выбор режимов обработки основывался на использовании результатов ранее выполненных исследований с получением математической модели [9]:

а) касающихся обработки методом ЭИЛ:

$$y = (-0,061) + (-0,017) \cdot x_1 + (-0,002) \cdot x_2 + (0,026) \cdot x_3 + (0,03) \cdot (x_1)^2 + (0,058) \cdot (x_2)^2 + (0,084) \cdot (x_3)^2 + (0,02) \cdot x_1 \cdot x_2 + (-0,06) \cdot x_1 \cdot x_3 + (-0,061) \cdot x_2 \cdot x_3, \quad (1)$$

где y – прирост массы образца (катода), г;  
x<sub>1</sub> – энергия искровых импульсов, Дж;  
x<sub>2</sub> – частота следования искровых импульсов f<sub>имп</sub>;  
x<sub>3</sub> – удельное время обработки τ (условное значение);

б) касающихся обработки методом скоростного ТВЧ-борирования:

$$y = 537,938 - 0,557 \cdot x_1 - 10,569 \cdot x_2 - 17,487 \cdot x_3 + 0,011 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,018 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,339 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0,0003 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3, \quad (2)$$

где y – толщина боридного покрытия;  
x<sub>1</sub> – температура нагрева, °С;  
x<sub>2</sub> – время выдержки при заданной температуре, с;  
x<sub>3</sub> – скорость нагрева, °С/с.

В процессе выполнения данного этапа работ образцы из стали 40 (эталонные и с упрочняющими покрытиями) исследовались в Наноцентре ФНАЦ ВИМ (определение толщины, микротвердости и сплошности измененных зон образцов и микроструктуры). Результаты испытаний приведены в табл. 2 и на рис. 6.

Таблица 2. Сводная таблица результатов исследований в Наноцентре

Измененные слои	Средние значения характеристик			
	h, мкм	H <sub>m50</sub>	C, %	Д (1/мм)
Образец № 7 (ТВЧ1)				
Белый слой	595,4	11000	78,5	2,8
Подслой	222,2	2310	100	Нет
Образец № 9 (ТВЧ2)				
Белый слой	367,9	9300	90,1	2
Подслой	577,6	2430	100	Нет
Образец № 10 (ТВЧ3)				
Белый слой	161,9	9500	95,4	2,2
Подслой	185,5	2550	100	Нет
Образец № 3 (ЭИЛ + ТВЧ3)				
Белый слой	504,3	11410	100	1,4
Подслой	239,5	2920	100	Нет

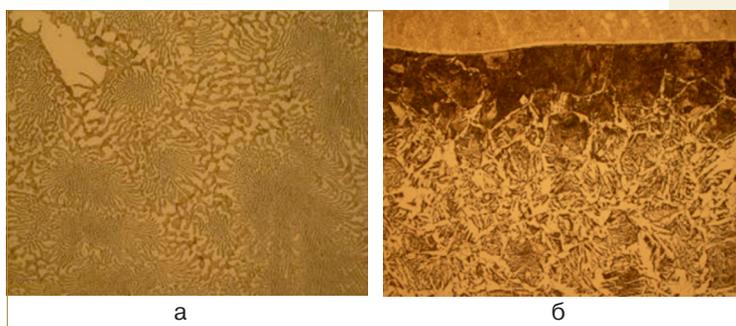
Микроструктура представляет собой наплавленный слой борированных добавок и электроискрового легирования. Расчет относительной износостойкости проводился по формуле

$$E = \frac{A_{qn}}{A_{qi}}, \quad (3)$$

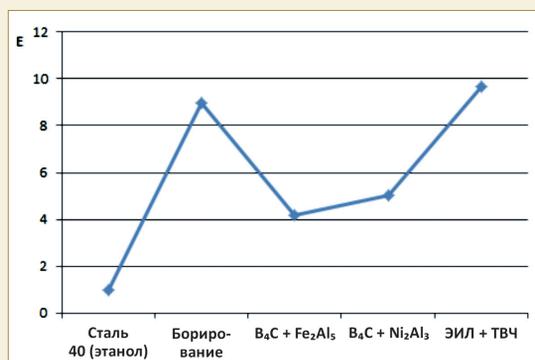
где A<sub>qn</sub> – величина математического ожидания эталонного образца;

A<sub>qi</sub> – износ исследуемого образца. Результаты расчета относительной износостойкости представлены в табл. 3 и на рис. 7.

Сравнительные испытания относительной износостойкости материала покрытий на стали 40 с добавлением в основную шихту для скоростного борирования интерметаллидов Fe<sub>2</sub>Al<sub>5</sub> с эталоном (сталь 40) показали, что введение этих добавок повышает износостойкость в 4-5 раз.



**Рис. 6. Образец № 3 (ЭИЛ + ТВЧ):**  
а – наплавленный слой (×1000);  
б – зона термического влияния (×200)



**Рис. 7. График относительной износостойкости (E)**

Совмещение методов упрочнения ЭИЛ+ТВЧ с добавками интерметаллидов позволило получить повышение относительной износостойкости в 9,7 раза.

**Таблица 3. Относительная износостойкость образцов**

Материал	Относительная износостойкость (E)
Сталь 40 (эталон)	1
Борирование	8,974
Борирование с добавлением интерметаллида Fe <sub>2</sub> Al <sub>5</sub>	4,159
Борирование с добавлением интерметаллида	5,015
Электроискровое легирование с последующим борированием	9,688

### Выводы

1. Использование метода упрочнения железоуглеродистых сплавов путем совмещения электроискрового и термодиффузионного процессов расширяет диапазон и способствует повышению износостойкости высоконагруженных поверхностей различных деталей, работающих в условиях абразивного изнашивания.

2. Сравнительные испытания относительной износостойкости материала покрытий на стали 40 с добавлением в основную шихту для скоростного борирования интерметаллидов Fe<sub>2</sub>Al<sub>5</sub> с эталоном (сталь 40) показали, что введение этих добавок повышает износостойкость в 4-5 раз.

3. Использование метода упрочнения железоуглеродистых сплавов путем совмещения электроискрового и термодиффузионного процессов позволяет повысить относительную износостойкость покрытий до 9,7 раз по сравнению с неупрочненными покрытиями.

### Список использованных источников

- Ivanov V. I., Lyalyakin V. P. Improving the efficiency of electrospark treatment of metallic surfaces by combining the method with other methods // Welding International, 2017. Vol. 31. № 2. 157-160.
- Иванов Г.П. Технология электроискрового упрочнения инструмента и деталей машин. М.: Машгиз, 1961. 304 с.

3. Верхотуров А.Д. Формирование поверхностного слоя металлов при электроискровом легировании. Владивосток: Дальнаука, 1995. 324 с.

4. Бурумкулов Ф.Х., Лезин П.П., Сенин П.В., Иванов В.И., Величко С.А., Ионов П.А. Электроискровые технологии восстановления и упрочнения деталей машин и инструментов (теория и практика). Саранск: Красный Октябрь, 2003. 504 с.

5 Иванов В.И. Электроискровые толстослойные покрытия повышенной сплошности: формирование, свойства, применение: монография / Под ред. В.И. Черноиванова. М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2020. 228 с.

6. Ишков А.В., Кривочуров Н.Т., Мишустин Н.М. и др. Износостойкие боридные покрытия для почвообрабатывающих органов сельхозтехники // Вестник АГАУ. 2010. Т. 71. № 9. С. 71-75.

7. Мишустин Н.М., Иванайский В.В., Ишков А.В. Состав, структура и свойства износостойких покрытий, полученных на сталях 65Г и 50ХГА при скоростном ТВЧ-борировании // Известия ТПУ. 2012. Т. 320. № 2. С. 68-72.

8. Ткачев В.Н., Фиштейн Б.Ч., Казинцев Н.В., Алдырев Д.А. Индукционная наплавка твердых сплавов. М.: Машиностроение, 1970.

9. Кузнецова Е.В. Математическое планирование эксперимента: учебно-метод. пособ. Пермь: Перм. гос. техн. ун-т, 2011. 36 с.

### On the Issue of Combining Electrospark and Thermodiffusion Methods for Hardening the Machine Parts Surfaces in the Agribusiness

V.F. Aulov, Yu.N. Rozhkov  
(VIM)

**Summary.** The processes of obtaining wear-resistant coatings during electrospark alloying of steel 40 followed by high-frequency boronizing under a charge layer based on boron carbide with aluminide additives are considered. The thickness of the coatings reaches 600-1000 microns, the surfacing time is 1-2 minutes.

The results of metallographic studies are presented, as well as tests for enduring quality under abrasive wear conditions of specimens made of steel 40 with and without hardening coatings.

**Keywords:** electrospark alloying, high-frequency current heating, high-frequency current boronizing, iron-boride eutectic, intermetallics.

Реферат

**Цель исследований** – формирование и материаловедческие исследования износостойких покрытий, полученных при скоростном ТВЧ-борировании стали 40, предварительно модифицированных электроискровым легированием электродом Т15К6 для увеличения толщины покрытия, изучение влияния технологических параметров совмещенной обработки ЭИЛ + ТДП на свойства полученных покрытий. Развивая экспериментальные исследования измененных поверхностных слоев образцов из среднеуглеродистой стали 40 при совмещении ЭИ-метода нанесения покрытий и термодиффузионного процесса (ТДП) и их свойств, были исследованы пять видов образцов. Особенность заключалась как в изменении материала образцов, так и в технологии ТДП – обработка образцов с ЭИ-покрытиями не просто скоростным ТВЧ-борированием с использованием традиционной технологии, а с применением легирующих добавок в борирующую шихту. Использование метода упрочнения железоуглеродистых сплавов путем совмещения электроискрового и термодиффузионного процессов расширяет диапазон и способствует повышению износостойкости высоконагруженных поверхностей различных деталей, работающих в условиях абразивного изнашивания. Испытания выполнены на испытательном стенде «Машина 1» на образцах без покрытий (эталон) и с различными покрытиями. С целью выявления микроструктуры были проведены металлографические исследования. Сравнительные испытания относительной износостойкости материала покрытий на стали 40 с добавлением в основную шихту для скоростного борирования интерметаллидов  $Fe_2Al_5$  с эталоном (сталь 40) показали, что введение этих добавок повышает износостойкость в 4-5 раз. Использование метода упрочнения железоуглеродистых сплавов путем совмещения электроискрового и термодиффузионного процессов позволяет повысить относительную износостойкость покрытий до 9,7 раз по сравнению с неупрочненными покрытиями.

Abstract

**The purpose of the research** is to the form and to explore material science of the wear-resistant coatings of steel 40 that have been obtained by high-speed high-frequency current boronizing, and have been pre-modified by electrospark alloying with a T15K6 electrode for the coating thickness increasing, and to study the effect of technological parameters of the combined electrospark alloying and thermordiffusion processes on the properties of the obtained coatings. Five types of specimens were studied when developing experimental studies of the modified surface layers of specimens made of medium carbon steel 40 by combining the electrospark coating method and the thermordiffusion process (TDP) and their properties. The special feature was both in changing the specimens material and in the TDP technology i.e. processing samples with electrospark coatings not just by high-speed high-frequency current boronizing using traditional technology, but with the use of alloying additives in the boronizing charge. The use of the method of hardening iron-carbon alloys by combining electric spark and thermordiffusion processes expands the range and improves the enduring quality of highly loaded surfaces of various parts operating under abrasive wear conditions. The tests were performed on the test bench "Machine 1" on specimens without coatings (reference specimen) and with various coatings. Metallographic studies were carried out in order to identify the microstructure. Comparative tests of the relative enduring quality of the coating material on steel 40 with the addition of  $Fe_2Al_5$  intermetallic compounds to the main charge for high-speed boronizing with the reference specimen (steel 40) showed that the introduction of these additives increases enduring quality by 4-5 times. The use of the method of strengthening iron-carbon alloys by combining the electrospark and thermordiffusion processes makes it possible to increase the relative enduring quality of coatings up to 9.7 times versus non-hardened coatings.


  
**АССОЦИАЦИЯ  
ТЕПЛИЦЫ РОССИИ**

**XIX Специализированная выставка**  
**Защищенный грунт России**

**8-10**  
 ИЮНЯ

**2022**  
 Москва, ВДНХ,  
 павильон 57





(495) 651 08 39, (499) 178 01 59, info@rusteplica.ru

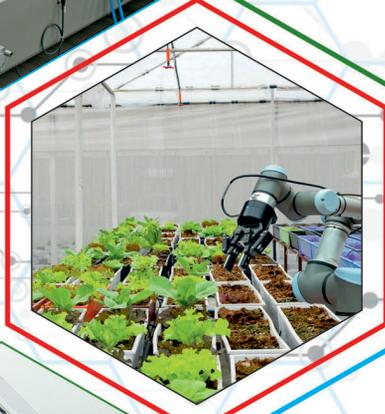
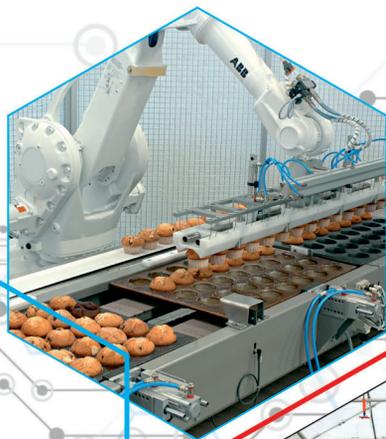
22-25 марта 2022 УФА  ВАНХ ЭКСПО

# Агропромышленный форум



# АгроКомплекс

32-я специализированная выставка



[www.agrobvk.ru](http://www.agrobvk.ru)  
[www.agrocomplex.online](http://www.agrocomplex.online)

## ОРГАНИЗАТОРЫ



ПРАВИТЕЛЬСТВО  
РЕСПУБЛИКИ  
БАШКОРТОСТАН



МИНИСТЕРСТВО  
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН



**БВК** БАШКИРСКАЯ  
ВЫСТАВОЧНАЯ  
КОМПАНИЯ

## ПОДДЕРЖКА



МИНИСТЕРСТВО  
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

+7 (347) 246-42-00  
[agro@bvkepo.ru](mailto:agro@bvkepo.ru)

 **AGROCOMPLEX**  
#агрокомпексуфа  
#агровыставкауфа  
#agrocomplex

УДК 631.171:621.577

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-2-34-38

# Энергосберегающая система отопления с применением электрических тепловых аккумуляторов и потолочных вентиляторов

**Д.А. Тихомиров,**

*д-р техн. наук, чл.-корр. РАН,*

*гл. науч. сотр.,*

*tihda@mail.ru*

**С.С. Трунов,**

*канд. техн. наук,*

*доц., вед. специалист,*

*alla-rika@yandex.ru*

**А.В. Хименко,**

*канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,*

*education.science@yandex.ru*

*(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)*

**Аннотация.** Предложена энергосберегающая система отопления с применением электрических тепловых аккумуляторов и потолочных вентиляторов. Проведен сравнительный анализ распределения температуры и относительной влажности воздуха по высоте зала профилактория в режимах отключения и включения в работу потолочного вентилятора.

**Ключевые слова:** микроклимат, потолочные вентиляторы, электрическая теплоаккумуляционная установка, энергосбережение, система теплообеспечения.

## Постановка проблемы

Высокая концентрация поголовья телят при их групповом содержании в ограниченном по объёму пространстве приводит к резкому ухудшению среды обитания и увеличению отхода поголовья (в некоторых случаях – до 30-40%), снижению продуктивности до 15% при одновременном увеличении расхода кормов на единицу продукции на 10-15% [1, 2]. Поэтому созданию оптимального микроклимата (в основном температуры и влажности) в условиях интенсивного содержания животных должно уделяться особое внимание.

Как показывают технико-экономические исследования, в качестве внутренних источников тепла для

обогрева небольших помещений при групповом содержании телят (боксы, профилактории, клетки и т.д.) целесообразно использовать электроустановки аккумуляционного типа для нагрева воздуха [3], действие которых основано на конвективном теплообмене.

При выборе рационального способа тепло- и воздухораспределения в помещении исходят из необходимости обеспечения заданного воздушно-теплого режима в рабочей зоне размещения телят, в том числе в клетках.

Возможны различные конструкции приточно-вытяжных вентиляционных установок и систем, позволяющих частично решить поставленные задачи:

- оборудование естественной вентиляции;
- традиционные воздухораспределители (воздуховод равномерной раздачи воздуха);
- душирующие насадки;
- приточно-вытяжные установки типа ПВУ;
- воздухораспределители типа ВЭЦ (воздухораспределитель эжекционный центробежный);
- традиционные воздухораспределители и т.д. [4].

Однако при использовании таких систем наблюдается неравномерное распределение температуры воздуха по высоте помещения. Теплый воздух как более легкий скапливается под потолком, образуя воздушную подушку, а холодный и излишне влажный воздух – внизу на уровне расположения телят, что неблагоприятно сказывается на них. Скорость движения воздуха в местах расположения молодняка в холодный и переходный периоды года не должна превышать 0,3 м/с [5].

Эксплуатационные и энергетические показатели установок и систем тепло- и воздухораспределения могут быть ощутимо улучшены путем применения потолочных вентиляторов. Такие вентиляторы, установленные в дополнение к традиционной схеме, обеспечивают хорошую циркуляцию воздуха (с допустимой скоростью движения в зоне нахождения животных), вследствие чего выравнивается температура воздуха по высоте помещения, снижаются тепловые потери через ограждающие конструкции, увеличивается коэффициент теплоотдачи отопительных приборов. Производительность потолочных вентиляторов регулируется частотой вращения двигателя, соответственно, изменяется скорость движения воздуха. Вентиляторы можно устанавливать в любом месте помещения, что, в свою очередь, позволяет локально воздействовать на животных в зависимости от их возраста и состояния.

Размещенный в верхней зоне помещения потолочный вентилятор засасывает воздух сверху, выбрасывая вниз закрученную струю с внутренним вихревым ядром. Воздушная струя, дойдя до пола, настилающимся потоком растекается по помещению к стенкам через места расположения животных. При этом достигается необходимая подвижность воздуха и осуществляется подача теплого воздуха в зону нахождения животных и под клетки, что способствует выравниванию температуры по высоте помещения, а также снижению мощности системы отопления и энергосбережению.

**Цель исследования** – снижение потребной мощности системы теплообеспечения и энергозатрат при групповом содержании телят благодаря

использованию энергоэффективных электроустановок с аккумуляцией тепловой энергии и потолочных вентиляторов.

### Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования рассмотрена система теплообеспечения зала профилактория для телят длиной 8 м, шириной 4 м и высотой 4 м. Рекомендованная температура воздуха в помещении – 17°C, максимально допустимая относительная влажность – 75% [5].

В качестве отопительной установки выбрана электрическая теплоаккумулирующая установка для нагрева воздуха комбинированного типа [6], предназначенная для работы по дифференцированному тарифу на электроэнергию в течение суток, в качестве устройства выравнивания температуры и создания равномерного движения воздуха в помещении – потолочный вентилятор типа МР-1 [7].

По результатам проведенных испытаний выполнен сравнительный анализ распределения температуры и относительной влажности воздуха по высоте зала профилактория в режимах отключения и включения в работу потолочного вентилятора. Проведена предварительная оценка энергоэффективности работы системы с потолочными вентиляторами.

### Результаты исследований и обсуждение

В настоящее время в животноводческих зданиях наиболее распространены системы воздушного отопления с подачей подогретого воздуха в верхнюю зону. При этом за счет интенсивного турбулентного перемешивания температура воздуха в верхней зоне быстро выравнивается (здесь перепад температур по высоте практически отсутствует), а в нижнюю зону помещения (застойную) воздушные потоки практически не доходят. Это объясняется тем, что для неизотермических струй температура воздуха, вытекающего из отверстия в неограниченное пространство, отличается от температуры в помещении. Поэтому на параметры струи и

траекторию ее движения, помимо сил инерции, оказывают влияние гравитационные силы [8].

На характер циркуляции воздушных потоков, создаваемых потолочными вентиляторами, большое влияние оказывают следующие факторы: высота помещения, длина подвеса вентилятора от потолка, место установки и число вентиляторов и др.

Длину подвеса потолочного вентилятора  $h_b$  (рис. 1), при которой достигается максимальная скорость движения воздуха в рабочей зоне, можно определить из уравнения

$$h_b = \frac{H_{\Pi} - L}{4}, \quad (1)$$

где  $H_{\Pi}$  – расстояние от пола до потолка помещения, м;

$L$  – расстояние от пола до холки животного, м.

При этом диаметр ( $D = 2R$ ) лопастей вентилятора не должен превышать 1/3 ширины помещения [9]. Применительно к современным помещениям, в которых содержатся телята, вентиляторы следует располагать по продольной оси.

Число вентиляторов  $N$ , обеспечивающих заданную скорость потока и подачу при рациональной длине подвески, находят из выражения, полученного экспериментальным путем [9]:

$$N_B = c_{\Pi} \Pi^{2,91} H_{\Pi}^{-2,14} \omega_{cp}^{4,43}, \quad (2)$$

где  $\Pi$  – периметр помещения, м;  
 $\omega_{cp}$  – средняя скорость потока воздуха в рабочей зоне (зона стояния, зона лежания), м/с;

$c_{\Pi}$  – коэффициент, зависящий от конструкции потолочного вентилятора и условий его работы.

Поскольку наблюдается практически равномерное поле скорости воздуха, можно принять, что  $\omega_{cp} = 0,5 \omega_0$ , где  $\omega_0$  – начальная скорость воздуха, м/с.

Установлено, что для потолочных вентиляторов типа МР-1 при размере помещения в плане 4×8 м и высоте 4 м коэффициент  $c_{\Pi} = 0,07$ . Подставив известное значение в формулу (2), получим  $N_B = 1,3$ . Выбираем один вентилятор типа МР-1 мощностью 60 Вт с регулируемой производительностью по воздуху. Длина лопасти – 620 мм, число лопастей – 3.

Применение электрической теплоаккумулирующей установки для нагрева воздуха комбинированного типа обеспечивает снижение текущих годовых затрат у потребителя на оплату электроэнергии до 30 % за счет работы по дифференцированному тарифу в течение суток (рис. 2) [10, 11].

Установка состоит из двух независимых нагревателей – аккумулярующего сердечника и конвектора. Аккумулярующий тепловую энергию сердечник заряжается в период действия минимального тарифа на электроэнергию, а отдает тепло

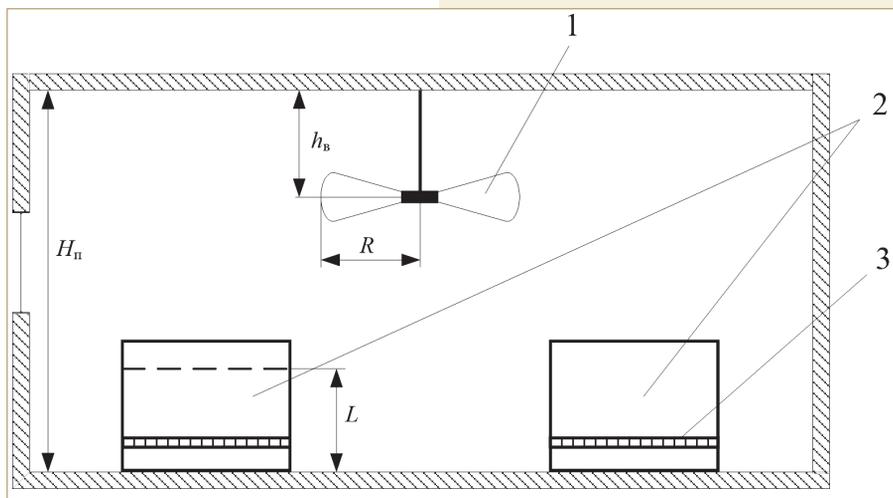


Рис. 1. Схема установки потолочного вентилятора:

1 – потолочный вентилятор; 2 – клетки для телят; 3 – решетчатый пол клеток



**Рис. 2.**  
Электрическая теплоаккумулирующая установка для нагрева воздуха

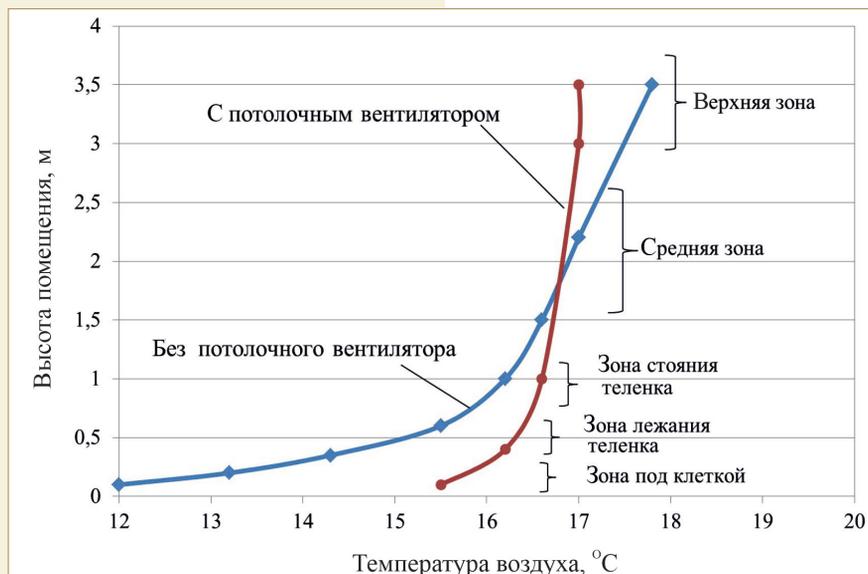
в период действия повышенного тарифа. Источник тепловой энергии прямого нагрева – электрический конвектор отдает тепло, как правило, в период зарядки аккумуляторного сердечника.

**Техническая характеристика**

Напряжение питания, В	380/220
Мощность, кВт:	
теплоаккумулятора	4,8
электродогревателя	2,4
Время зарядки/разрядки теплоаккумулятора, ч	4 / 4-8
Масса установки, кг	200

В соответствии с рекомендациями технологического проектирования [5] оптимальная температура воздуха, при которой содержатся телята, должна обеспечиваться как в самой клетке, так и под решетчатым полом. Температурный режим и расход теплоты на отопление во многом зависят от распределения температуры в объеме помещения. Распределение температуры воздуха по высоте помещения профилактория для телят показано на рис. 3.

В ходе исследования были рассмотрены и проанализированы два варианта работы системы. В первом



**Рис. 3.** Распределение температуры воздуха по высоте в профилактории для телят

варианте в профилактории работала приточная вентиляция с подогревом внутреннего воздуха от электрической теплоаккумулирующей установки для нагрева воздуха комбинированного типа (без потолочных вентиляторов). При этом в нижних зонах и под клеткой, т.е. непосредственно под решетчатым полом, существовал перепад температур и образовывалась «застойная зона». Кроме того, в зонах расположения животных не обеспечивалась заданная температура воздуха (17°C). В этом случае требуется увеличение мощности отопительной установки либо продолжительности периода ее работы.

Во втором варианте воздушные потоки под действием потолочных вентиляторов циркулируют с допустимой скоростью, ограниченной рекомендациями на технологическое проектирование (не более 0,3 м/с) [5]. Устранение тепловой подушки у потолка способствует тому, что в рабочую зону вносится определенное количество теплоты, обеспечивающей заданный температурный режим. Также снижаются тепловые потери через ограждающие конструкции помещения и, в первую очередь, через потолок. Режим включенных потолочных вентиляторов приводит к снижению величины относительной влажности воздуха до 5% в местах расположения животных за счет подачи в эти зоны более теплого воздуха (рис. 4).

Для поддержания температуры внутреннего воздуха в заданных пределах, как правило, применяют двухпозиционное регулирование. Если в отопительно-вентиляционной системе не использованы потолочные вентиляторы, время на подогрев воздуха до установленной температуры  $\tau_{p1}$  составит [12]

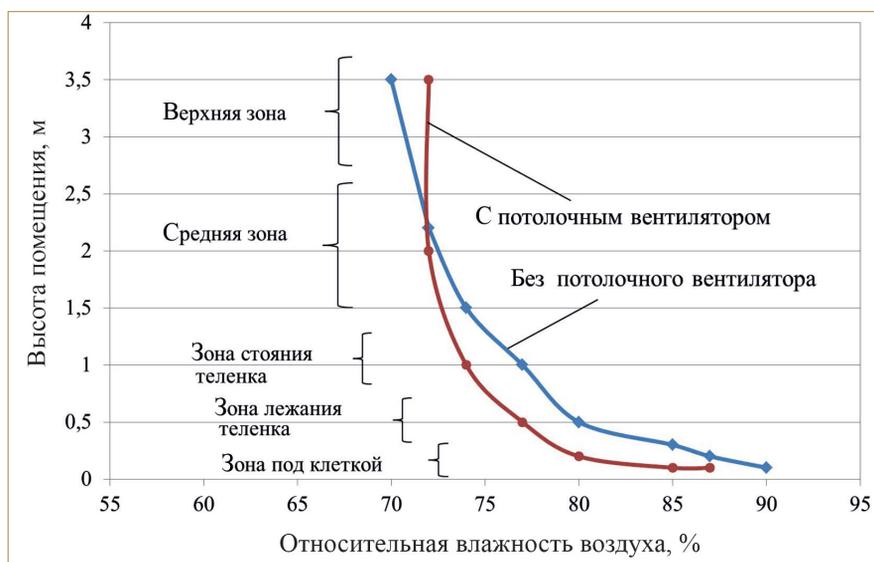
$$\tau_{p1} = c_B G \Delta t / Q_{п1}, \quad (3)$$

где  $c_B$  – теплоемкость воздуха, Дж/кг°C;

$G$  – масса воздуха, кг;

$\Delta t$  – заданный диапазон регулирования температуры воздуха в рабочей зоне, °C;

$Q_{п1}$  – поступление теплоты от отопительной установки, Вт.



**Рис. 4. Распределение относительной влажности воздуха по высоте в профилактории для телят**

При использовании потолочных вентиляторов время  $\tau_{p2}$  на подогрев воздуха до установленной температуры составит

$$\tau_{p2} = c_v G \Delta t / k Q_{п}, \quad (4)$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий дополнительное получение теплоты благодаря работе потолочных вентиляторов.

Экспериментальным путем установлено, что  $k = 1,2-1,25$ .

Тогда из выражений (4) и (5) следует, что  $\tau_{p2} = 0,8 \tau_{p1}$ .

Рассмотрим влияние потолочных вентиляторов на время охлаждения воздуха в помещении. Время охлаждения зависит от оттока теплоты:

$$Q_{от} = \alpha_{огр}(t_{в} - t_{огр})F_{огр} + Q_{в}, \quad (5)$$

где  $\alpha_{огр}$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения, Вт/м<sup>2</sup>°С;

$t_{в}$  – температура воздуха в помещении, °С;

$t_{огр}$  и  $F_{огр}$  – температура, °С, и площадь внутренней поверхности ограждения, м<sup>2</sup>;

$Q_{в}$  – потери теплоты с удаляемым воздухом, Вт.

Коэффициент теплоотдачи  $\alpha_{огр}$  включает в себя конвективную  $\alpha_{к}$  и лучистую  $\alpha_{л}$  составляющие:

$$\alpha_{огр} = \alpha_{к} + \alpha_{л}. \quad (6)$$

При обдувании поверхностей помещения потоками воздуха наблюдается режим вынужденной и смешанной конвекции, для которого с учетом [13]

$$\alpha_{к} = 3,38(\omega/l)^{0,5}, \quad (7)$$

где  $\omega$  – скорость движения потоков воздуха, м/с;

$l$  – расстояние от пола до рассматриваемого (произвольного) сечения, м.

Как показали исследования [9], при использовании потолочных вентиляторов скорость воздушных потоков, обдувающих поверхности, изменяется в среднем от 0,15 до 0,18 м/с, т.е. увеличивается в 1,2 раза. Если принять  $l = 1$  м (зона расположения животных), то коэффициент конвективного теплообмена при работе потолочных вентиляторов в 1,1 раза больше, чем без них. Коэффициент  $\alpha_{л} = const$ , так как не зависит от скорости воздушных потоков и для животноводческих помещений может быть принят равным 4-4,5 Вт/м<sup>2</sup> [13].

После соответствующих преобразований получим выражение, связывающее время остывания воздуха в помещении при использовании потолочных вентиляторов  $\tau_{o2}$  и без них  $\tau_{o1}$  (при допущении, что  $Q_{в} = 0$ ):

$$\tau_{o2} = \tau_{o1} \frac{\alpha_{к} + \alpha_{л}}{1,1\alpha_{к} + \alpha_{л}}. \quad (8)$$

С учетом оптических и теплотехнических параметров типовых зданий [13] по содержанию молодняка КРС выражение (8) можно записать как  $\tau_{o2} = 0,95\tau_{o1}$ . Таким образом, период автоколебательного процесса по поддержанию заданной температуры воздуха в месте расположения животных составляет:

без потолочных вентиляторов:

$$T_1 = \tau_{p1} + \tau_{o1}, \quad (9)$$

при использовании потолочных вентиляторов:

$$T_2 = 0,8\tau_{p1} + 0,95\tau_{o1}. \quad (10)$$

Из выражений (9) и (10) определяем относительную частоту включения отопительных приборов без потолочных вентиляторов:

$$n_1 = \tau_{p1} / (\tau_{p1} + \tau_{o1}). \quad (11)$$

При их использовании:

$$n_2 = 0,8\tau_{p1} / (0,8\tau_{p1} + 0,95\tau_{o1}). \quad (12)$$

Из формул (11) и (12) очевидно, что  $n_1 > n_2$ . Следовательно, средний приток теплоты  $Q_{п1} = Q_{п}n_1$  больше притока  $Q_{п2} = Q_{п}n_2$ , соответственно, в первом случае расход тепловой энергии больше.

Расход электроэнергии на привод потолочного вентилятора незначителен (его максимальная мощность составляет 0,06 кВт), при этом теплота, выделяемая электродвигателем, остается в помещении, являясь положительной составляющей теплового баланса. По результатам ряда испытаний и предварительной технико-экономической оценке предложенной системы теплообеспечения зала профилактория для телят получили, что в течение одного месяца отопительного периода потребление электроэнергии составило 1760 кВт·ч без использования потолочных вентиляторов и 1520 кВт·ч – с их использованием. Снижение потребления электроэнергии за один месяц – около 14%.

### Выводы

1. Экспериментальные исследования отопительно-вентиляционной системы с потолочными вентиляторами, проведенные в зимний период

в профилактории для телят, показали, что в этом случае уменьшаются время разогрева и остывания воздуха в помещении, расход энергии на систему отопления. Может быть снижена мощность отопительной установки или изменены режимы ее работы.

2. Применение потолочных вентиляторов улучшает качество двухпозиционного регулирования температуры воздуха в рабочей зоне, поскольку уменьшается время запаздывания и температура воздуха чаще принимает среднее заданное значение.

3. Использование электрической теплоаккумулирующей установки для нагрева воздуха комбинированного типа при условии ввода дифференцированного в течение суток учета электроэнергии приводит к снижению текущих годовых затрат у потребителя на оплату электроэнергии до 25% [14].

4. Наряду с экономией электроэнергии обеспечивается выравнивание суточных графиков электрических нагрузок в сетях, что дает возможность ощутимого увеличения энерговооруженности хозяйства без значительного увеличения нагрузки на электрические сети и распределительные подстанции, снижение установленной мощности электрооборудования.

**Список**

**использованных источников**

1. **Roland L., Drillich M., Klein-Jobstl D., Iwersen M.** Invited review: Influence of climatic conditions on the development, performance, and health of calves // JOURNAL OF DAIRY SCIENCE. Apr 2016. 99 (4), pp. 2438-2452.
2. **Luis Lypez-Bellido, Jacques Wery, Rafael J. Lypez-Bellido.** Indicators of energy efficiency of agricultural production and perspective directions of their growth // Energy crops: Prospects in the context of sustainable agriculture. Vol. 60. October 2014. P. 1-12.
3. **Трунов С.С., Дудин С.Н.** Определение оптимальной доли использования теплоаккумуляторов в общем энергобалансе электро-тепловых установок фермы // Вестник ВИЭСХ. 2017. № 4 (29). С. 13-20.
4. **Павлухин Л.В.** Производственный микроклимат, вентиляция и кондиционирование. М.: Стройиздат, 2003. 216 с.
5. РД-АПК 1.10.01.01-18. Методические рекомендации по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота. М.: Минсельхоз России, 2018. 167 с.
6. **Tikhomirov D., Dudin S., Trunov S., Rastimeshin S., Tikhomirov A., Kuzmichov A.** Combined electric accumulation unit for air heating // REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA. May-aug. 2019. 10 (27), pp. 168-183.
7. Каталог продукции Группы Компаний «Евромаш». Потолочные вентиляторы МР-1.

[Электронный ресурс]. URL: <http://evromash.ru/catalog/venti/pov/mr1/> (дата обращения: 03.02.2022).

8. **Шепелев И.А.** Аэродинамика воздушных потоков в помещении. М.: Стройиздат, 1978. 144 с.
9. **Растимешин С.А., Трунов С.С.** Энергосберегающие системы и технические средства отопления и вентиляции животноводческих помещений. М.: ФГБНУ ВИЭСХ, 2016. 180 с.
10. **Tikhomirov D., Vasiliev A., Dudin S.** Energy-saving electrical installations for heat supply of agricultural objects // Advanced Agro-Engineering Technologies for Rural Business Development Hershey, PA, USA, 2019. P.96-122.
11. **Khimenko A.V., Tikhomirov D.A., Kuzmichev A.V., Trunov S.S., Shepvalova O.V.** Thermal characteristics and operation efficiency of solid-state electro thermal storage. Nov 2021 // ENERGY REPORTS 7, pp. 219-231 DOI10.1016/j.egy.2021.07.129.
12. **Клименко А.В.** Теплоэнергетика и теплотехника. В 4-х т. Т.4 / Под общей редакцией А.В. Клименко, В.М. Зорина. М.: МЭИ, 2004. 632 с.
13. **Богословский В.Н.** Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха): учебник для вузов. М.: Книга по Требованию, 2013. 416 с.
14. **Izmaylov A. Y., Lobachevsky Y.P., Tikhomirov D. A., Tikhomirov A.V.** The State, Promising Directions and Strategies for the Development of the Energy Base of Agriculture. Sum 2020 // AMA-AGRICULTURAL MECHANIZATION IN ASIA AFRICA AND LATIN AMERICA 51 (3), pp. 24-35.

**Информация**



**Картошка из пробирки: ООО «СХП «Дары Малиновки» внедряет передовые технологии**

С 2018 г. холдингом совместно с Красноярским аграрным университетом реализуется комплексный научно-технический проект «Развитие селекции и семеноводства сортов картофеля, адаптированных к условиям выращивания на территории Красноярского края и Восточной Сибири» в рамках подпрограммы «Развитие селекции и семеноводства картофеля в Российской Федерации» Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы.

Директор научно-лабораторного комплекса Иван Тимофеенко в своем интервью рассказал о ведущем направлении и перспективных отраслях для аграриев в течение трех-пяти лет:

«Производственная безопасность и импортозамещение являются ключевыми направлениями. Именно в рамках данной отрасли мы реализуем грант по Федеральной научно-технической программе развития сельского хозяйства. Ее главная цель – обеспечить связь науки и действующего производства.

На реализацию проекта запланировано порядка 470 млн руб., из них порядка 200 млн – бюджетное финансирование, 270 млн – собственные средства. На эти деньги построены лаборатория и тепличная база, приобретаются сельхозтехника и складское оборудование. Согласно программе, мы должны выйти на 3500 т элитного картофеля для продажи к 2025 г. А перед этим нужно посадить еще сотни тысяч миниклубней, микрорастений и высоких полевых поколений. Это по-настоящему очень амбициозная задача для края».

<https://fntp-mcx.ru/event-2022-02-01-potatoes.html>

**Energy-saving Heating System Using Electric Heat Accumulators and Ceiling Fans**

**D.A. Tikhomirov, S.S. Trunov, A.V. Khimenko**  
(VIM)

**Summary.** An energy-saving heating system using electric heat accumulators and ceiling fans is proposed. A comparative analysis of the distribution of temperature and relative humidity of the air along the height of the preventative hall in the modes of turning off and turning on the ceiling fan was carried out.

**Keywords:** microclimate, ceiling fans, electric heat accumulation set, energy saving, heat supply system.

УДК 616.618.19:615.84

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-2-39-42

# Обоснование схемы симметрирующе-согласующего устройства для лечения коров электромагнитным полем высокой частоты

**С.Н. Борычев,**

д-р техн. наук, проф.,

зав. кафедрой,

89066486088@mail.ru

**И.А. Успенский,**

д-р техн. наук, проф.,

зав. кафедрой,

ivan.uspenckij@yandex.ru

**Д.Е. Каширин,**

д-р техн. наук, доц.,

зав. кафедрой,

kadm76@mail.ru

**А.А. Симдянкин,**

д-р техн. наук, проф.,

seun2006@mail.ru

**И.А. Юхин,**

д-р. техн. наук, доц.,

зав. кафедрой,

yuival@rambler.ru

(ФГБОУ ВО «РГАТУ им. П.А. Костычева»)

**Аннотация.** Предложен модернизированный аппарат для лечения маститов коров ультравысокочастотным (УВЧ) полем, оказывающий воздействие на весь объем вымени. Определены требуемые электрические параметры. Проанализирована известная структурная схема устройства и определено, что блок согласования требует усовершенствования. Выбрана принципиальная электрическая схема блока согласования выходного сопротивления УВЧ-генератора с терапевтической нагрузкой. Экспериментально определены его выходные параметры.

**Ключевые слова:** УВЧ-терапия, автогенератор импульсов, блок согласования нагрузки, электроды, импеданс, усилитель мощности.

## Постановка проблемы

Одним из часто встречающихся заболеваний коров является мастит, выводящий на долгое время продуктивный скот из производствен-

ной деятельности, что приводит к экономическим потерям в хозяйстве [1]. Традиционные медикаментозные средства лечения затратны и оставляют следы антибиотиков в молоке животного после его выздоровления. Альтернативой медикаментозному лечению служат электрофизические методы, одним из которых является применение УВЧ-поля [2, 3].

Существующие в настоящее время устройства для лечения коров электромагнитным полем высокой частоты предполагают воздействовать на соски вымени специальными излучателями в виде стаканов. Практическое применение таких устройств выявило их низкую эффективность, так как воздействие оказывается только на ткани сосков. При этом значительный объем вымени, требующий лечения, остается без лечебного воздействия.

Для решения поставленной задачи предлагается новая конструкция устройства, позволяющая облучать УВЧ-полем весь объем вымени (патент на полезную модель № 155502, опубликован 10.10.2015, бюллетень № 28). Новизна конструкции состоит в использовании плоских электродов, накладываемых на поверхность вымени, и согласующего устройства, обеспечивающего требуемый уровень волнового сопротивления.

К предложенной конструкции предъявляются следующие требования [2, 3]:

- диапазон частотного воздействия регламентирован государственной комиссией по радиочастотам, действующей при Министерстве связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, и должен составлять  $40,68 \text{ МГц} \pm 0,05 \%$ ;

- мощность воздействия не должна превышать  $10 \text{ Вт/см}^2$ ;

- входное сопротивление согласующего устройства –  $75 \text{ Ом}$ .

- коэффициент бегущей волны (КБВ) – не менее  $0,5$ .

**Цель исследований** – изготовление устройства для лечения коров УВЧ-полем, отвечающего предъявляемым требованиям.

## Материалы и методы исследования

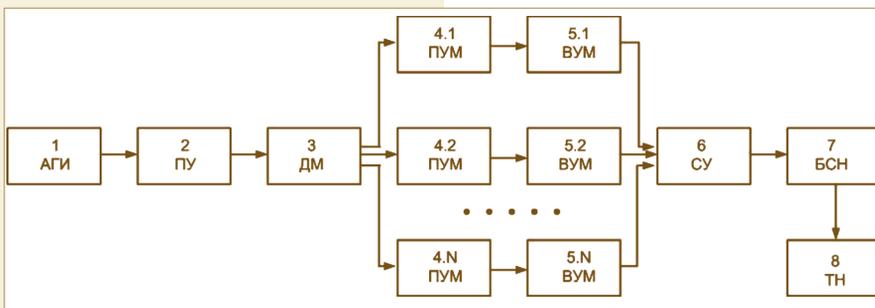
Опираясь на более ранние работы по применению УВЧ-терапии, можно представить общую блок-схему аппарата УВЧ (рис. 1) [2-4].

Приведенная схема устройства нуждается в модернизации, так как не может обеспечить предъявляемых требований. Анализ показывает, что достичь требуемых параметров устройства можно путем модернизации блока БСН. Для этого необходимо рассмотреть возможные способы построения симметрирующе-согласующего устройства (ССУ).

## Результаты исследований и обсуждение

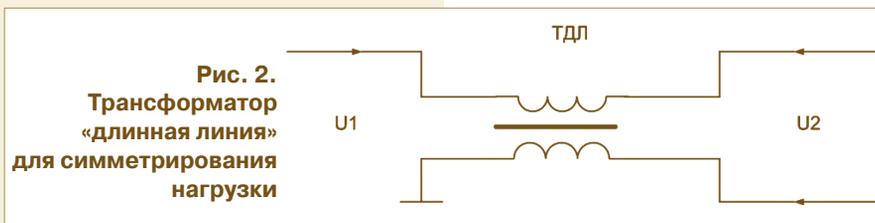
Как известно, максимальная мощность выделяется в нагрузке, когда источник энергии и нагрузка работают в режиме согласованной нагрузки [5].

Согласующее устройство должно обеспечить КПД всего устройства на максимально возможном уровне и его устойчивую работу для разной терапевтической нагрузки, подавить высшие гармоники, создаваемые генератором УВЧ. Эти условия противоречивы, если еще учитывать сложность и, соответственно, стоимость устройства. Усложнение блока согласования, расширяющее интервал



**Рис. 1. Блок-схема аппарата УВЧ:**

1 – автогенератор импульсов тока (АГИ); 2 – предварительный усилитель (ПУ); 3 – делитель мощности (ДМ); 4.1 – 4.N – предварительные усилители мощности (ПУМ); 5 – выходные усилители мощности (ВУМ); 6 – суммирующее устройство (СУ); 7 – блок согласования нагрузки (БСН); 8 – терапевтическая нагрузка (ТН)



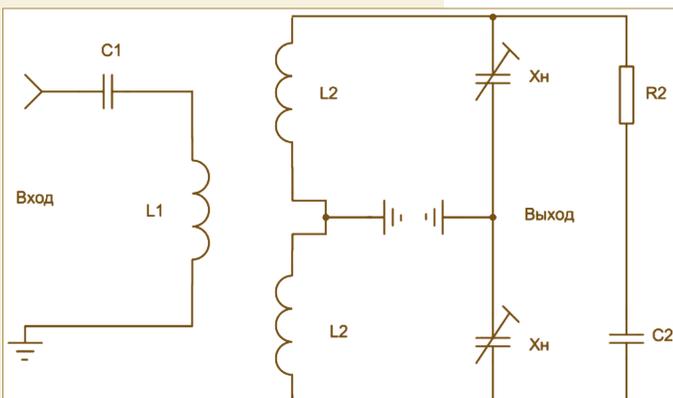
**Рис. 2. Трансформатор «длинная линия» для симметрирования нагрузки**

нагрузок, приводит к снижению КПД [6]. В какой-то мере приблизиться к удовлетворению противоречивых требований удастся преобразованием несимметричной нагрузки в симметричную с использованием трансформатора типа «длинная линия» (ТДЛ) (рис. 2), имеющего свои достоинства и недостатки [7]. Основные достоинства ТДЛ – широкий диапазон частот УВЧ, небольшие габаритные размеры и масса.

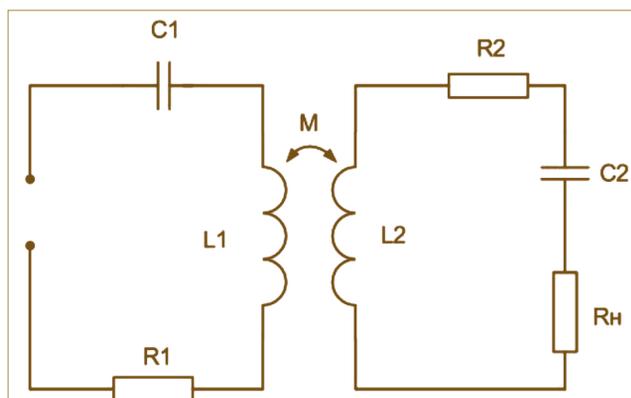
Существуют схемы, объединяющие в одном устройстве функции симметрирования нагрузки и согласования. Поэтому в качестве симметрирующего и согласующего устройства

(ССУ) целесообразнее применить схему (рис. 3), которая позволяет соединить несимметричный выход генератора высокой частоты с симметричной нагрузкой, не используя ТДЛ. Как и во всех схемах подобного назначения, в ней имеются подстроичные реактивные сопротивления  $X_H$ ,  $X_{CB}$ , компенсирующие реактивную составляющую нагрузки и переводящие активную ее часть в равное волновое сопротивление подводящего фидера [8].

Находит свое применение при работе на высоких частотах и при симметричной нагрузке схема, изображенная на рис. 4.



**Рис. 3. Двухконтурное симметрирующе-согласующее устройство**



**Рис. 4. Схема согласующего устройства с взаимной индуктивной связью**

Эта схема должна работать в режиме резонанса. Первичный и вторичный контуры настраиваются в резонансный режим поочередно, что дает значения  $x_1$  и  $x_2$ , равные нулю. Оптимальное сопротивление взаимной индукции определяется из выражения

$$\omega M_{opt} = \sqrt{r_1 \cdot r_2},$$

где  $r_1, r_2$  – активное сопротивление первого и второго контуров на резонансной частоте.

Для повышения согласующих свойств перед нагрузкой устанавливают последовательную или параллельную колебательную систему, состоящую из элементов  $R, L, C$ . Выходное сопротивление каждой из колебательных систем должно быть активным и равным 75 Ом. На рис. 5 представлены варианты исполнения колебательных систем.

Показатели колебательных систем влияют на мощность УВЧ-энергии, которую должна получить нагрузка [4]. Эта мощность зависит от ряда показателей, таких как коэффициент отражения  $\Gamma$  мощности от нагрузки, коэффициент бегущей волны (КБВ), коэффициент стоячей волны и др.

Коэффициент отражения мощности связан с сопротивлением нагрузки  $Z_H$  следующим соотношением:

$$\Gamma = \frac{Z_H - \rho}{Z_H + \rho},$$

где  $\rho$  – волновое сопротивление линии, к которой подсоединяется ССУ.

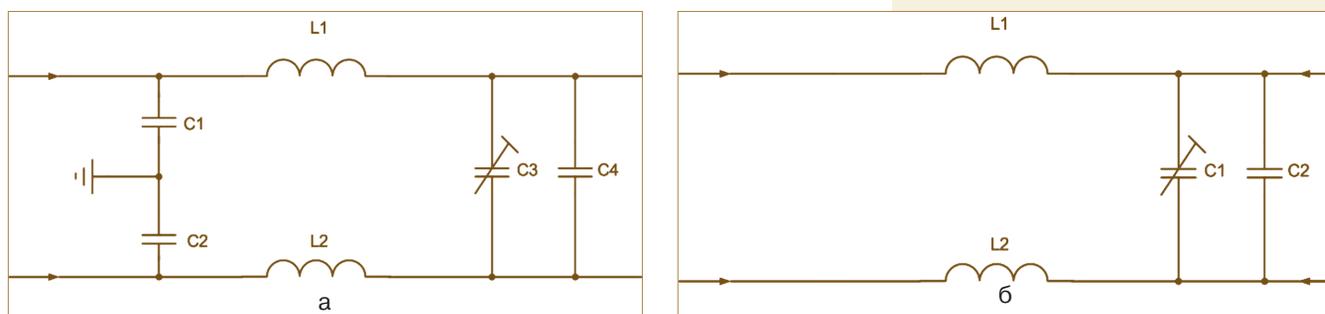


Рис. 5. Колебательные системы ССУ УВЧ: а – параллельная; б – последовательная

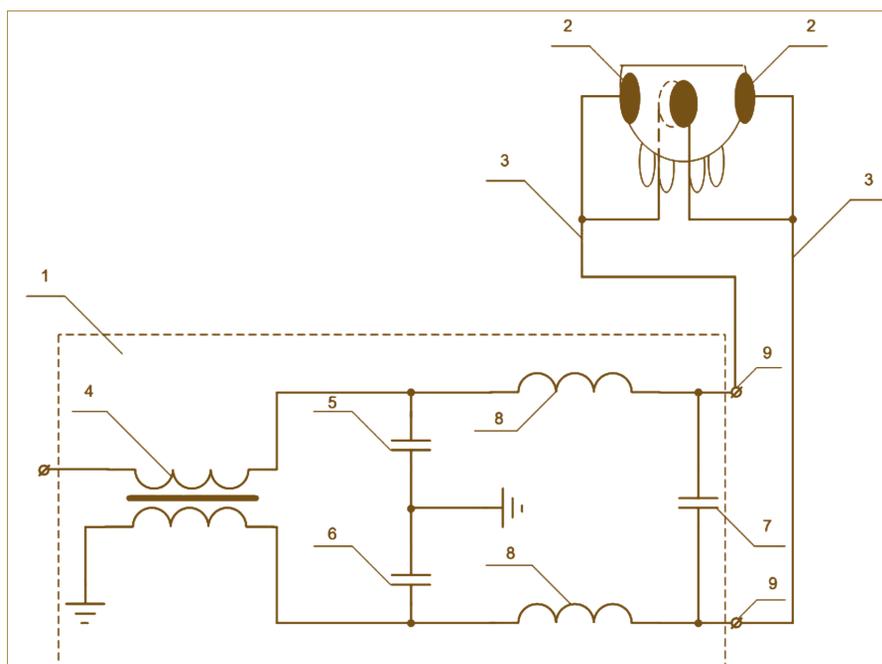


Рис. 6. Подключение электродов к ССУ:

1 – ССУ; 2 – электроды; 3 – подводящий кабель; 4 – трансформатор ТДЛ; 5 – конденсатор С1; 6 – конденсатор С2; 7 – конденсатор С3; 8, 9 – катушки индуктивности L1 и L2; 9 – клеммы подводящего кабеля

Выделяющаяся мощность на нагрузке определяется по формуле

$$P_n = P_G(1 - \Gamma^2),$$

где  $P_G$  – мощность генератора УВЧ-импульсов.

Исследования колебательных контуров двух видов показали преимущество параллельной системы, имеющей более низкий коэффициент отражения, а следовательно, более высокий КБВ, который в идеальном случае должен стремиться к 1. При таких условиях удастся достичь ситуации, когда нагрузка изменяется в достаточно широких пределах, а именно  $\pm 3\sigma$  от математического ожидания, а выходная мощность генератора –

только в пределах 20% в одну сторону и 3% – в другую. Это обстоятельство позволяет избавиться от подстройки контура при лечении одного животного после другого.

В результате теоретического анализа приведенных схем и экспериментального исследования вариантов построения симметрирующего устройства на модели вымени коровы была определена принципиальная электрическая схема, обеспечивающая требуемые параметры. Частью нагрузки являются электроды, с помощью которых и передается УВЧ-энергия. Подключение электродов к ССУ показано на рис. 6.

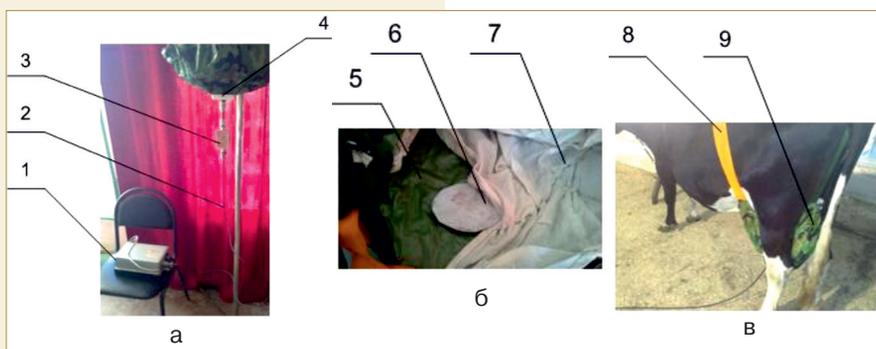
Эффективность лечения коровы во многом зависит от мощности по-

лучаемой энергии УВЧ, которая, в свою очередь, зависит от плотной фиксации облучающих электродов на поверхности вымени при свободном поведении животного. При неплотном креплении электродов выше допустимого происходит рассогласование нагрузки и генератора УВЧ. В результате появляется отраженная волна и происходит отключение генератора, инициируемое защитным устройством.

В случае отсутствия защитного устройства происходит выход из строя оконечного усилителя генератора УВЧ-колебаний [9, 10]. Решение задачи обеспечения плотного прилегания электродов достигается применением специального корсета, содержащего несколько плоских электродов, как это показано на рис. 7.

Плотно установленный на вымени коровы корсет обеспечивает стабильность импеданса, что является необходимым условием успешного воздействия УВЧ-энергии при лечении мастита. Если сельскохозяйственное предприятие обладает значительным поголовьем КРС, то целесообразно иметь несколько размеров плоских электродов, отличающиеся по площади. Достаточно трех размеров электродов круглой формы с радиусами 4, 6, 8 см. Электроды вставляются в корсет и с помощью специального устройства могут перемещаться и закрепляться на вымени различных размеров.

УВЧ-энергия подводится к вымени коровы ССУ с помощью коаксиального кабеля длиной порядка 7,4 м. В этом качестве можно использовать кабель РК-75. Кабель, связывающий генератор УВЧ с ССУ, может иметь произвольную длину.



**Рис. 7. Согласующее устройство, электроды в корсете и корсет, закрепленный на корове:**

1 – УВЧ-генератор; 2 – подводящая линия; 3 – согласующее-симметрирующее устройство; 4 – штекер подключения нагрузки; 5 – внешняя защитная ткань корсета; 6 – облучающий электрод; 7 – внутренняя защитная ткань корсета; 8 – поддерживающие шлеи крепления корсета на корову; 9 – общий вид корсета

### Выводы

1. В результате исследования различных схем построения согласующих и симметрирующих устройств установлено, что схема должна содержать трансформатор типа «длинная линия», согласованный по сопротивлению с выходом УВЧ-генератора, а также симметрирующее устройство параллельной системы построения.

2. Модельные испытания данного устройства обеспечивают переход от несимметричной нагрузки к симметричной с коэффициентом бегущей волны, равным 0,7 ед.

### Список

#### использованных источников

1. **Никитин В.Я.** Маститы сельскохозяйственных животных, их распространение, лечение и профилактика / В.Я. Никитин [и др.] // Актуальные вопросы

зоотехнической науки и практики как основа улучшения продуктивности качеств и здоровья сельскохозяйственных животных. Ставрополь: СГСА, 2001. 608 с.

2. **Гришин И.И., Васильев С.С., Судаков Н.Н.** Использование УВЧ-терапии в сельском хозяйстве // Техника в сельском хозяйстве. 2008. № 2. С. 25-26.

3. **Гришин И.И.** Лечение коров при мастите полем УВЧ // Ветеринария. Агропромиздат. 2004. С. 20.

4. **Гришина О.И.** Схемы автоматики в генераторах УВЧ для лечения сельскохозяйственных животных / О.И. Гришина, Л.Г. Прищеп и др. // Тезисы докладов Междунар. науч.-техн. конф. по автоматизации производственных процессов. Углич, М., 1995. 348 с.

5. **Бессонов Л.А.** Теоретические основы электротехники. В 2 т. Т.2. Электромагнитное поле / 12-е изд., испр. и доп. учебник. М.: ЮРАЙТ, 2019. 392 с.

6. **Зиновьев Г.С.** Силовая электроника: учеб. пособ. для бакалавров / 5-е изд., испр. и доп. М.: Юрайт, 2015. 668 с.

7. **Лавров А.С., Резников Г.Б.** Антенно-фидерные устройства. М.: Советское радио, 1974. 212 с.

8. **Белоцерковский Г.Б.** Основы радиотехники и антенны. М.: Советское радио, 1978. 44 с.

9. **Каганов В.И.** Транзисторные радиопередатчики. М.: Энергия, 1976. 448 с.

10. **Войшвилло Г.В.** Усилительные устройства. М.: Связь, 1975. 384 с.

### Substantiation of the Scheme of a Balanced-to-unbalanced Matching Device for Treating Cows with a High-frequency Electromagnetic Field

**S.N. Borychev, I.A. Uspensky, D.E. Kashirin, A.A. Simdyankin, I.A. Yukhin**

(Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev)

**Summary.** A modernized apparatus for the treatment of mastitis in cows with an ultra-high-frequency (UHF) field is proposed, which affects the entire volume of the udder. The required electrical parameters have been determined. The well-known structure diagram of the device is analyzed and it is determined that the synchronizer unit needs improvement. A circuit diagram of the unit for matching the output impedance of the UHF generator with a therapeutic load has been selected. Its output parameters are experimentally determined.

**Keywords:** UHF-therapy, impulse auto oscillator, load matching unit, electrodes, impedance, power amplifier.



Приглашаем принять участие

# **КормВет** **экспо** **2022**

**МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ  
ВЫСТАВКА КОРМОВ, КОРМОВЫХ ДОБАВОК,  
ВЕТЕРИНАРИИ И ОБОРУДОВАНИЯ**



ПРОВОДИТСЯ ПОД ПАТРОНАТОМ НАЦИОНАЛЬНОГО КОРМОВОГО СОЮЗА



**КОРМА**



**КОРМОВЫЕ ДОБАВКИ**



**ВЕТЕРИНАРНЫЕ ПРЕПАРАТЫ**



**ОБОРУДОВАНИЕ**



[feedvet-expo.ru](http://feedvet-expo.ru)

**25 - 27 октября**

**г. Москва, МВЦ Крокус ЭКСПО, павильон 2**

Организатор выставки  
ООО "ДЕКАРТС СИСТЕМ"  
119049, г. Москва,  
Ленинский проспект, 2/2А, офис 326

Тел.: +7 (499) 236-72-20  
Тел.: +7 (499) 236-72-50  
Тел.: 8-800-100-72-50  
E-mail: [info@feedvet-expo.ru](mailto:info@feedvet-expo.ru)

УДК: 631.3

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-2-44-48

# Эффективность применения пневматических зерновых сеялок с энергонасыщенными тракторами

**В.Н. Кузьмин,**

д-р экон. наук, зав. отделом,  
kwn2004@mail.ru  
(ФГБНУ «Росинформагротех»);

**Д.А. Петухов,**

канд. техн. наук, зам. директора,  
dmitripet@mail.ru

**С.А. Свиридова,**

зав. лабораторией, науч. сотр.,  
S1161803@yandex.ru

(Новокубанский филиал  
ФГБНУ «Росинформагротех»  
[КубНИИТиМ]);

**Е.В. Труфляк,**

д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой,  
(ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ  
имени И.Т. Трубилина»)

**Аннотация.** Представлены результаты экономической оценки использования зерновых сеялок пневматического принципа действия в агрегате с энергонасыщенными тракторами, прошедших испытания на МИС в 2020 г.

**Ключевые слова:** сеялка, посевной комплекс, функциональный показатель, эксплуатационно-технологическая оценка, экономическая оценка.

## Постановка проблемы

Обеспечение выполнения задач Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства, Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации невозможно осуществить без высокопроизводительной сельскохозяйственной техники нового поколения [1, 2]. Государственная поддержка технической модернизации АПК оказывается с учетом функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники [3, 4].

Современные зерновые сеялки пневматического принципа действия

с рабочими органами культиваторного, дискового и долотообразного типов представляют собой многофункциональные почвообрабатывающие и посевные комплексы, отличающиеся большим разнообразием конструкционного исполнения, что позволяет адаптировать их к конкретным условиям хозяйствования и высевать широкий перечень культур [5].

В ходе многолетних исследований, проводимых КубНИИТиМ по анализу технико-эксплуатационных параметров и экономической оценке современной посевной техники, установлено, что обновление аграрного сектора России на современном этапе целесообразно осуществлять на базе перспективных технических средств, учитывающих особенности природно-климатических зон расположения и конкретных типов хозяйств [6-9].

**Цель исследований** – анализ эффективности применения современной посевной техники пневматического принципа действия для посева зерновых, агрегируемой с энергонасыщенными тракторами.

## Материалы и методы исследований

На основании результатов государственных испытаний за 2020 г. [10] посевной техники пневматического принципа действия для посева зерновых, получившей положительное заключение по результатам испытаний на машиноиспытательных станциях Минсельхоза России (МИС), была проведена выборка технических характеристик и показателей эксплуатационно-технологической оценки. Классификация выбранной посевной техники проведена в зависимости от вида рабочего органа: культиваторного, дискового или долотообразного типов.

По каждому классу посевной техники на основе показателей эксплуатационно-технологической оценки проведены расчеты для определения показателей экономической оценки. Экономическая оценка агрегатов с посевными машинами выполнена в соответствии с действующим межгосударственным стандартом ГОСТ 34393-2018 [11] по единой методологии и на основе единых нормативных данных с использованием современного программного обеспечения «Экономическая оценка» [12].

Показатели экономической оценки определены для следующих условий: площадь 1000 га, агротехнический срок выполнения работ 15 дней, продолжительность работы в день 10 ч. Для расчетов цена на сельскохозяйственную технику взята без налога на добавленную стоимость (НДС).

## Результаты исследований и обсуждение

В ходе проведенных в 2020 г. исследований проанализированы результаты испытаний восьми образцов посевной техники пневматического принципа действия от шести производителей. (табл. 1).

### Посевные машины с рабочим органом дискового типа

Посевные машины с рабочим органом дискового типа обладают хорошей проходимостью, возможностью индивидуального копирования неровностей поля и надежностью технологического процесса во всем диапазоне почвенных условий [5]. Все анализируемые образцы сеялок дискового типа могут применяться для посева по минимально обработанному фону и без обработки почвы.

**Таблица 1. Общие сведения о посевной технике пневматического принципа действия для посева зерновых культур, испытанной в 2020 г.**

Марка	Изготовитель	МИС, проводившая испытание
Salford 580 Hybrid	ООО «ПО «Почвообрабатывающие технологии СЭЛФОРД», российское предприятие Salford Group Inc., Канада	Поволжская
John Deere 1870	Deere & Company, США	Алтайская
Bourgault 3720-40	BOURGAULT INDUSTRIES LTD, Канада	
КПК-990АП, КПК-990МБ КПК-850МБ	ООО «Агроцентр», Россия	Сибирская
КСКП-2, 1×6	ООО «ДиборЭкспорт», Россия	
ПК-9,7 «Кузбасс»	ООО «Агро», Россия	

**Таблица 2. Краткая техническая характеристика сеялок с рабочим органом дискового типа**

Показатели	Salford 580 Hybrid	Bourgault 3720-40	КПК-990МБ	КПК-850МБ
Агрегатирование, тяговый класс, мощность трактора	5-6	275 л.с.	6	4-6
Ширина захвата, м	9,6	12,2	9,9	8,5
Норма высева, кг/га	190	85	175	145
Рабочая скорость, км/ч	9	7,9	11	12
Вместимость бункера, м³:				
общая	13'	12,3	6	
для семян	6,5'	-	3,6	
туков	6,5'	-	2,4	
Габаритные размеры машины, мм:				
длина	8700	16800	14000**	14000**
ширина	5500	5700	5520**	5520**
высота	3700	4700	4200**	3800**
Масса, кг	4300***	15250	12500	12000

' Объем бункерной системы АС-2370.

\*\* По данным производителя.

\*\*\* Масса сошниковой группы.

На посевном комплексе Bourgault 3720-40 установлены однодисковые сошники, на остальных трех моделях: Salford 580, КПК-990МБ и КПК-850МБ – двухдисковые.

Техническая характеристика пневматических зерновых сеялок с рабочим органом дискового типа приведена в табл. 2, показатели экономической оценки агрегатов с указанными сеялками – в табл. 3 и на рисунке.

Из четырех анализируемых агрегатов с пневматическими зерновыми сеялками дискового типа наименьшая трудоемкость механизированных работ наблюдается при работе агрегата КПК-990МБ+Versatile 2375 (0,12 чел.-ч/га), наибольшая – при работе Salford 580+Versatile 2375 (0,18 чел.-ч/га).

Необходимая потребность в технике и обслуживающем персонале в расчете на 1000 га была одинаковой при использовании всех четырех агрегатов: два МТА и два механизатора.

Наименьшая потребность в топливе отмечена у агрегата Bourgault 3720-40 + Versatile 2375 (6,5 т на 1000 га), наибольшая – у КПК-850МБ+K-744P4 (7,2 т на 1000 га).

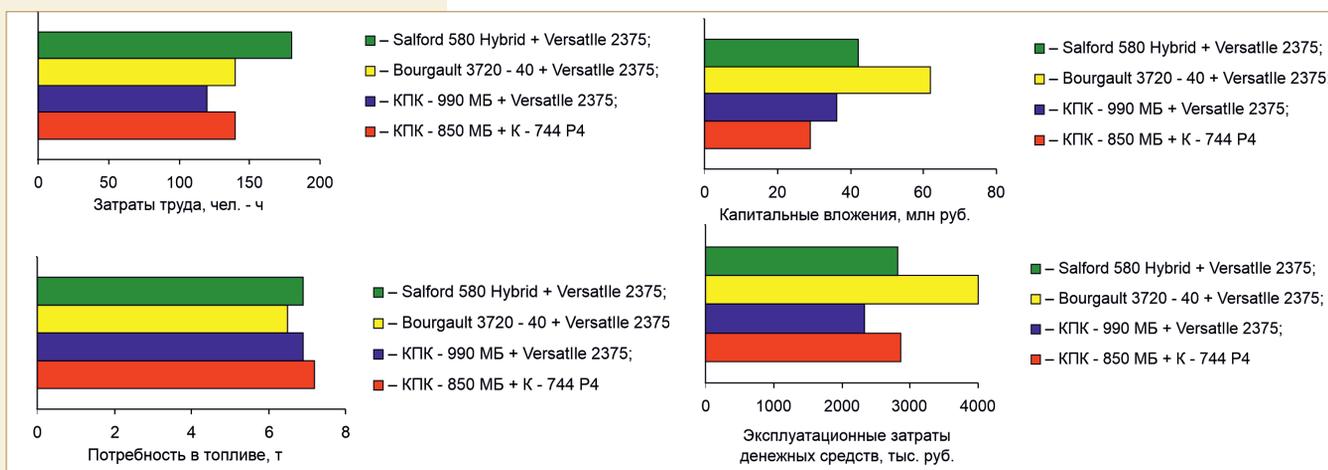
Наименьшая потребность в капитальных вложениях в необходимое количество техники в расчете на 1000 га

**Таблица 3. Экономическая оценка агрегатов с рабочим органом дискового типа**

Показатели	Salford 580	Bourgault 3720-40	КПК-990МБ	КПК-850МБ
<i>Исходные данные для проведения расчетов по экономической оценке</i>				
Марка трактора	Versatile 2375			K-744P4
Производительность в 1 ч времени, га:				
основного	8,6	10,8*	12,3*	10,8*
сменного	5,6*	7	8	7
Коэффициент:				
использования сменного времени		0,65**		
готовности		0,96**		
Расход топлива, кг/га	6,9	6,5	6,9	7,2
Цена, тыс. руб.:				
посевного комплекса	9 325	19 285,3	6 428,1	5 826,6
трактора	11 639	11 639	11 639	8 730,26
<i>Показатели экономической оценки (на 1000 га)</i>				
Затраты труда, чел.-ч	180	140	120	140
Трудоемкость, чел.-ч/га	0,18	0,14	0,12	0,14
Потребность:				
в машинно-тракторных агрегатах (МТА), шт.	2	2	2	2
механизаторах	2	2	2	2
топливе, т	6,9	6,5	6,9	7,2
капитальных вложениях – всего, тыс. руб.	41 928	61 849	36 134	29 114
В том числе в сеялки	18 650	38 571	12 856	11 653
Эксплуатационные затраты денежных средств, тыс. руб.	2 820	3 999	2 335	2 866

\* Получено расчетным путем.

\*\* В соответствии с СТО АИСТ 5.6-2018.



**Показатели экономической оценки агрегатов с пневматическими зерновыми сеялками дискового типа**

наблюдается у агрегата КПК-850МБ + К-744Р4 (29,1 млн руб.), наибольшая – у Bourgault 3720-40+Versatile 2375 (61,8 млн руб.), что обусловлено различной стоимостью как тракторов, так и сеялок, применяемых в агрегатах.

Минимальные удельные эксплуатационные затраты денежных средств требуются для агрегата КПК-990МБ+Versatile 2375 (2 335 руб/га), максимальные – для применении Bourgault 3720-40 + Versatile 2375 (3 999 руб/га).

Таким образом, проведенный сравнительный анализ показателей экономической оценки позволяет сделать вывод, что из четырех агрегатов с зерновыми сеялками пневматического принципа действия с рабочим органом дискового типа по критерию минимума капитальных вложений наиболее эффективен агрегат КПК-850МБ+К-744Р4, по критерию минимума эксплуатационных затрат денежных средств – КПК-990МБ+Versatile 2375.

**Посевные машины с рабочим органом долотообразного типа**

Техническая характеристика посевных машин с рабочим органом долотообразного типа приведена в табл. 4, показатели экономической оценки – в табл. 5.

Сеялки с рабочим органом долотообразного типа применяются для рядового высева зерновых, зернобобовых культур и семян трав по выровненным стерновым фонам с пред-

**Таблица 4. Краткая техническая характеристика сеялок с рабочим органом долотообразного типа**

Показатели	John Deere 1870	КПК-990АП
Агрегатирование: мощность трактора, тяговый класс	275 л.с.	5 и выше
Ширина захвата, м	12,2	9,7
Норма высева семян, кг/га	170	157,8
Рабочая скорость, км/ч	12,1	11,7
Вместимость бункеров, м <sup>3</sup> :		
общая	9,5	6
для семян	5,3	3,6
туков	4,2	2,4
Габаритные размеры машины в рабочем положении, мм:		
длина	14800	15900
ширина	12200	10150
высота	2900	3600
Масса, кг	7840*	13500

\* Без бункерной системы

варительно подготовленной почвой, а также по паровым и зяблевым фонам с возможностью одновременного внесения минеральных удобрений [6].

Долотовидные сошники имеют простую конструкцию, их можно использовать для прямого посева. При использовании машин с рамной конструкцией поверхность поля предварительно необходимо выровнять, и в случае посева по мульче – предварительно обработать культиватором.

Исходя из критериев минимума капитальных вложений и эксплуатационных затрат денежных средств преимущество у агрегата КПК-990АП+ Versatile 2375.

**Посевные машины с рабочим органом культиваторного типа**

Техническая характеристика посевных машин с рабочим органом культиваторного типа приведена в табл. 6.

Посевные комплексы могут применяться по стерновым и безотвальным стерновым фонам. Они дают возможность одновременно высевать семена и вносить удобрения. Применение сошника в виде стрельчатой лапы позволяет производить полосовой посев семян и одновременное уничтожение сорняков.

Преимущество посевных комплексов культиваторного типа заключается в том, что они могут использоваться как для посева, так и для культивации (при отсоединении бункеров).

Показатели экономической оценки агрегатов с пневматическими зерновыми посевными комплексами с рабочим органом культиваторного типа представлены в табл. 7.

Проведенный сравнительный анализ показателей экономической оценки показал, что из двух агрегатов с пневматическими зерновыми сеялками культиваторного типа по критериям минимума капитальных вложений и минимума эксплуатационных затрат денежных средств наиболее эффективным является агрегат КСКП-2,1×6+К-744Р1.

Однако к полученным результатам следует относиться с определенной мерой допуска, поскольку на их величину влияют условия испытаний, проведенные в различных почвенно-климатических зонах. Идеальным был бы вариант, когда сравниваемые агрегаты испытывались в одинаковых условиях (такое разовое мероприятие было организовано Минпромторгом России в 2012 г., когда были проведены сравнительные испытания 89 моделей тракторов и сельскохозяйственных машин [13]).

### Выводы

1. Установлено, что по критерию минимума капитальных вложений в необходимое количество техники на 1000 га из агрегатов с пневматическими зерновыми сеялками с рабочим органом дискового типа наиболее эффективным является агрегат КПК-850МБ + К-744Р4, по критерию минимума эксплуатационных затрат денежных средств – КПК-990МБ + Versatile 2375.

2. Экономическая оценка работы агрегатов с пневматическими зерновыми сеялками с рабочим органом долотообразного типа показала, что по критериям минимума капитальных вложений и минимума эксплуатационных затрат денежных средств отмечено преимущество у агрегата КПК-990АП+Versatile 2375.

**Таблица 5. Экономическая оценка агрегатов с рабочим органом долотообразного типа**

Показатели	John Deere 1870	КПК-990АП
<i>Исходные данные для проведения расчетов по экономической оценке</i>		
Марка трактора	CASE 500	Versatile 2375
Производительность в 1 ч времени, га:		
основного	15,2*	12,2*
сменного	9,9	7,9
Коэффициент:		
использования сменного времени	0,65**	0,65**
готовности	0,96**	0,96**
Расход топлива, кг/га	5,6	5,8
Цена, тыс. руб.:		
посевого комплекса	9 968,9	5 144,1
трактора	39 335,8	11 639
<i>Показатели экономической оценки (на 1000 га)</i>		
Затраты труда, чел.-ч	100	130
Потребность:		
в МТА, шт.	2	2
механизаторах	2	2
топливе, т	5,6	5,8
капитальных вложениях – всего, тыс. руб.	98 609	33 566
В том числе в сеялки/посевные комплексы	19 938	10 288
Эксплуатационные затраты денежных средств, тыс. руб.	2 034	1 961

\* Получено расчетным путем.

\*\* В соответствии с СТО АИСТ 5.6-2018.

**Таблица 6. Краткая техническая характеристика посевных комплексов с рабочим органом культиваторного типа**

Показатели	КСКП-2,1×6	ПК-9,7 «Кузбасс»
Агрегатирование, тяговый класс	5	5
Ширина захвата, м	12,4	9,7
Рабочая скорость движения, км/ч	9,9	9,9
Вместимость бункера, м <sup>3</sup>		
общая	2,4	8
для семян	1,56	-
туков	0,84	-
Габаритные размеры машины (в транспортном положении), мм:		
длина	21450	14800
ширина	2150	6620
высота	2000	3580
Масса, кг	8019	11400

3. При применении агрегатов с пневматическими зерновыми сеялками с рабочим органом культиваторного типа наиболее эффективным является агрегат КСКП-2,1×6+К-744Р1.

4. Представляется целесообразным вернуться к практике сравнительных испытаний в одинаковых почвенно-климатических условиях (по аналогии с мероприятием, орга-

**Таблица 7. Экономическая оценка агрегатов с рабочим органом культиваторного типа**

Показатели	КСКП-2,1×6	ПК-9,7 «Кузбасс»
<i>Исходные данные для проведения расчетов по экономической оценке</i>		
Марка трактора	К-744Р1	К-739 Ст
Производительность в 1 ч времени, га:		
основного	12,2	9,6
сменного	6,2	6,2
Коэффициент:		
использования сменного времени	0,51*	0,65*
готовности	0,96**	0,96**
Расход топлива, кг/га	5,9	7,4
Цена, руб.:		
посевого комплекса	1 270 283	6 511 103
трактора	5 752 500	7 160 667
<i>Показатели экономической оценки (на 1000 га)</i>		
Затраты труда, чел.-ч	160	160
Потребность:		
в МТА, шт.	2	2
механизаторах	2	2
топливе, т	5,9	7,4
капитальных вложениях – всего, тыс. руб.	14 046	27 344
В том числе в посевные комплексы	2 541	13 022
Эксплуатационные затраты денежных средств, тыс. руб.	952	2 802

\* Получено расчетным путем.

\*\* В соответствии с СТО АИСТ 5.6-2018.

низованным Минпромторгом России в 2012 г.).

**Список**

**использованных источников**

1. Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы [Электронный ресурс]. URL: <https://mcs.gov.ru> (дата обращения: 25.05.2021).

2. Указ Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» // Собр. законодательства Российской Федерации. 2016. № 49. Ст. 6887.

3. Федеральный закон «О развитии сельского хозяйства» от 29 декабря 2006 года № 264-ФЗ (в ред. от 15.10.2020) // Собр. законодательства Российской Федерации». 2007. № 1 (Ч. 1). Ст. 27.

4. Постановление Правительства Российской Федерации от 1 августа 2016 г. № 740 «Об определении функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования» // Собр. законода-

тельства Российской Федерации». 2016. № 32. Ст. 5120.

5. Эффективность применения субсидируемой сельскохозяйственной техники. Вып. 2 / Н.П. Мишуров, Д.А. Петухов, С.А. Свиридова и др.: информ. изд. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 152 с.

6. **Петухов Д.А., Свиридова С.А., Семизоров С.А.** Оценка эффективности современной посевной техники отечественного производства // Техника и оборудование для села. 2019. № 11 (269). С. 40-47.

7. **Свиридова С.А., Назаров А.Н.** Оценка современных зерновых сеялок на посеве озимой пшеницы // От импортозамещения к экспортному потенциалу: научно-инновационное обеспечение разработки и внедрения ресурсосберегающих технологий, технических средств и цифровой платформы АПК: сб. матер. Междунар. науч.-практ. конф. (25-26 февраля 2021 г.). Екатеринбург: Уральский ГАУ, 2021. С. 145-150.

8. **Петухов Д.А., Свиридова С.А.** Тест на эффективность [Текст] / Д.А. Петухов, С.А. Свиридова // Агробизнес. 2018. № 1 (157). С. 53-55.

9. **Петухов Д.А., Свиридова С.А.** Технично-экономическое обоснование применения почвообрабатывающе-посевого комплекса Р-4,2 в условиях импортозамещения // Материалы, агрегаты и процессы. Проектирование, создание и модернизация: сб. матер. I Междунар. науч.-практ. конф. (Санкт-Петербургский филиал науч.-иссл. центра «Машиностроение»). СПб: СПбф НИЦ МС. 2018. С. 211-214.

10. ФГБУ «ГИЦ» – Результаты испытаний за 2020 год [Электронный ресурс]. URL: <http://sistemamis.ru/protocols/2020> (дата обращения: 17.01.2022).

11. ГОСТ 34393-2018 Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. М.: Стандартинформ, 2018. III, 12 с.

12. **Свиридова С.А., Попелова И.Г.** Современное программное обеспечение для экономической оценки сельскохозяйственной техники // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса : сб. науч. тр. XII Междунар. науч.-практ. конф. в рамках XXII Агропромыш. форума Юга России и выставки «Интерагромаш». Ростов-на-Дону: Донской ГТУ, Аграрный научный центр «Донской», 2019. С. 869-871.

13. Сравнительные испытания сельскохозяйственной техники. М: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. 414 с.

**Efficiency of Application of Pneumatic Grain Seeders with Energy-packed Tractors**

**V.N. Kuzmin**  
(Rosinformagrotekh)

**D.A. Petukhov,**  
**S.A. Sviridova**  
(KubNIITIM)

**E.V. Truflyak**  
(Kuban State Agrarian University  
Named After I.T.Trubilin)

**Summary.** The results of an economic assessment of the use of grain seeders of a pneumatic principle of operation in a unit with energy-packed tractors that have been tested at MIS in 2020 are presented.

**Keywords.** Grain seeder, sowing complex, functional indicator, operational and technological assessment, economic assessment.