

Редакционная коллегия:

главный редактор – **Федоренко В.Ф.**,
д-р техн. наук, проф., академик РАН;
зам. главного редактора – **Мишуев 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,
академик 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;
Zavrazhnov 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,
academician
of the Russian Academy of Sciences
Отдел рекламы
Горбенко И.В.
Верстка
Речкина Т.П.
Художник Лапина Т.Н.

ТЕХНИКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СЕЛА
MACHINERY AND EQUIPMENT FOR RURAL AREA

В НОМЕРЕ

Техническая политика в АПК

Пучков Е.М., Ушаповский И.В., Попов Р.А. Перспективы развития льняного
подкомплекса Российской Федерации на примере Тверской области..... 2

Технико-технологическое оснащение АПК: проблемы и решения

Кормоуборочные комбайны RSM F 2000: до 2 000 т силосной массы за световой день.. 6

Технологии, машины и оборудование для АПК

Алдошин Н.В., Худайкулиев Р.Р., Курамбоев Б.Р., Уринов А.П.,
Болотина Н.П. Культиватор для междурядной обработки хлопчатника..... 8
Фомин А.Ю., Апатенко А.С., Севрюгина Н.С. Система управления устойчиво-
стью полуприцепа 12
Новиков Э.В., Алтухова И.Н., Королева Е.Н., Безбабченко А.В. Сравнитель-
ные исследования инновационного способа конвективной сушки лубяных культур.. 18
Новиков Н.Н., Мишуев Н.П. Результаты экспериментальных исследований
температурно-влажностных режимов в неотапливаемых коровниках с аэрацией
в зоне умеренного климата 22
Фадеев И.В., Успенский И.А., Воронов В.П., Зюба В.В., Хайлов Н.И.,
Данилов И.К. Влияние продолжительности струйной мойки на степень очистки
деталей 28
Наджи Наджм А.Ф., Волков А.А., Пикина А.М., Ветрова С.М., Голубев И.Г.
Исследование влияния металлоплакирующей присадки на эксплуатационные
характеристики силовых установок машин 31

Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение АПК

Трушкин В.А., Шлюпиков С.В., Чурляева О.Н., Верзилин А.А. Исследование
зависимости электрической прочности трансформаторного масла от влажности
и наличия механических примесей 35
Андреева Е.В., Чавыкин Ю.И. Применение гелиосистем и аккумулятирова-
ние электроэнергии для автономного энергоснабжения жилых домов: анализ
документопотока 39

Аграрная экономика

Мишуев Н.П., Петухов Д.А., Свиридова С.А., Подольская Е.Е., Труфляк Е.В.
Эффективность применения элементов координатного земледелия при произ-
водстве озимой пшеницы 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, Московская обл., г.о. Пушкинский, рп. Правдинский, ул. Лесная, д. 60. Тел. (495) 993-44-04
fgnu@rosinformagrotech.ru; r_technica@mail.ru <https://rosinformagrotech.ru>



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

© «Техника и оборудование для села», 2022
Отпечатано в ФГБНУ «Росинформгротех»
Подписано в печать 19.08.2022 Заказ 198

Перспективы развития льняного подкомплекса Российской Федерации на примере Тверской области

Е.М. Пучков,

канд. экон. наук,
вед. науч. сотр.,
e.puchkov@fncl.ru

И.В. Ушаповский,

канд. биол. наук,
зам. директора по науч. работе,
i.uschapovsky@fncl.ru

Р.А. Попов,

канд. техн. наук,
вед. науч. сотр.,
r.popov@fncl.ru
(ФГБНУ ФНЦ ЛК)

Аннотация. Проанализированы формы управления льняным подкомплексом в советское и постсоветское время. Рассмотрены проблемы и перспективы развития льняной отрасли в результате создания льняного регионального кластера. Показаны преимущества кластеризации и основные направления интеграции предприятий по возделыванию и переработке льна и выпуску конкурентоспособной высокотехнологичной продукции. Охарактеризованы созданные кластеры в экономике России и других странах мира, существующие и предлагаемые меры их государственной поддержки.

Ключевые слова: льноводство, агропромышленный кластер, управление, инновационное развитие, экономика, конкуренция.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания Федерального научного центра лубяных культур (№ FGSS-2022-0005).

Постановка проблемы

Учитывая ужесточение санкционной политики США и стран ЕС в отношении российской экономики, растет необходимость развития собственного производства во многих отраслях промышленности и сельского хозяйства нашей страны. В соответствии с поручением Президента

Российской Федерации В.В. Путина в плане развития легкой промышленности Правительству Российской Федерации предложено принять организационные, технологические и финансовые меры по ежегодному наращиванию объемов производства отечественного льна и льноволокна для обеспечения в среднесрочной перспективе стратегических потребностей государства [1]. В последние десятилетия из-за технической отсталости предприятий, устаревших технологий, разрушения сложившихся организационно-экономических и кооперационных связей льноводство утратило свои позиции как на внутреннем, так и на мировом рынке. Посевные площади льна-долгунца в 2021 г. уменьшились по сравнению с 1990 г. в 10 раз, из-за снижения объемов производства льноволокна выпуск льняных тканей сократился более чем в 20 раз [2-5].

Авторами обобщены основные моменты, подтверждающие необходимость создания региональных инновационных агропромышленных формирований в льняном подкомплексе России и их приоритетного финансирования в целях обеспечения сырьевой безопасности, сглаживания диспропорций между сельским хозяйством и промышленностью, внедрения новейших научно обоснованных разработок на всех стадиях от производства до переработки.

Цель исследования – оценить предпосылки формирования и уровень интеграции льняных кластеров на основе анализа форм управления в советское и постсоветское время, государственной поддержки предприятий, предложить региональную форму создания льняного кластера с выпуском конкурентоспособной продукции и товаров из льна.

Материалы и методы исследования

Информационную основу исследования составили данные Минсельхоза России, Федеральной службы государственной статистики, маркетинговые исследования, научные статьи ведущих ученых по кластерной стратегии. В качестве методов исследования применены общенаучные подходы (системный подход, диалектический, абстрактно-логические методы), экономико-статистические методы анализа данных, собственные исследования авторов.

Результаты исследований и обсуждение

Одним из путей решения проблем льняного подкомплекса России может стать кластеризация отрасли, в том числе на региональном уровне. Согласно теории профессора Гарвардской школы бизнеса Майкла Портера, кластер – группа географически соседствующих взаимосвязанных компаний, действующих в определенной сфере и взаимодополняющих друг друга. М. Портер определил, что конкурентоспособность региона или страны следует рассматривать с точки зрения конкурентоспособности не отдельных её организаций, а именно кластеров – объединений предприятий различных отраслей. К конкурентным преимуществам кластеров относятся:

- факторные условия – трудовые и природные ресурсы, научно-информационный потенциал, капитал, инфраструктура;
- условия внутреннего спроса – его качество, соответствие тенденциям развития на мировом рынке, рост объемов производства;
- смежные и обслуживающие отрасли, сферы поступления сырья

и полуфабрикатов, использования сырья, оборудования, технологии;

- стратегия и структура фирм, наличие конкуренции, способы организации, менеджмент фирм, внутриотраслевая конкуренция, государственная политика [6].

По количеству кластеров среди стран мира в настоящее время абсолютным лидером являются США (380 кластеров). Доля ВВП, производимого в кластерах, превышает 60%. Второе место занимает Италия (206 кластеров), третье – Великобритания (168 кластеров) [7, 8].

В России кластеры начали создаваться только с 2006 г. Согласно карте кластеров, в стране насчитывается 118 действующих промышленных кластеров, из них только 5 – сельскохозяйственного профиля, в основном пищевого направления [7, 9].

Особого внимания к созданию агропромышленных льняных кластеров в Российской Федерации требует интеграция льносеющих хозяйств и льнозаводов, которые определяют национальную сырьевую безопасность государства с предприятиями текстильной и легкой промышленности, выпускающими конечную продукцию из льна. Средняя посевная площадь льна в хозяйствах составляет не более 300 га, численность работников льнозаводов – 30-60. Это небольшие, но очень важные предприятия, которые слабо оснащены техникой, не имеют достаточного количества механизаторов, специалистов, служб маркетинга и не в состоянии самостоятельно осуществлять инновационную, технологическую и интеграционную деятельность по выпуску конкурентоспособной льнопродукции. Кластерная система развития льняной отрасли России далеко не новое формирование, её прообраз существовал в советские времена, и работала она эффективно.

В советское время руководство льняным комплексом осуществлялось по линии Министерства сельского хозяйства РСФСР в части производства сырья и по линии Министерства текстильной промышленности РСФСР в части производства продукции из льна. Министерству текстильной

промышленности РСФСР были подчинены промышленные объединения «Роспеньковолокно», «Калининльноволокно», последнее включало в себя 52 льнозавода в Калининской и 2 – в Московской области, экспортные базы, авто- и ремонтные предприятия.

Минсельхоз РСФСР совместно с органами управления АПК субъектов осуществлял планирование, управление, поддержку деятельности льносеющих хозяйств, льносемстанций, семхозов, элитхозов. Вокруг льнозаводов были сформированы льносеющие зоны, полностью обеспечивающие сырьем мощности льнозаводов. Промышленные объединения Министерства текстильной промышленности РСФСР («Роспеньковолокно», «Калининльноволокно») заключали государственные контракты с льносеющими хозяйствами на закупку льносырья, льнокомбинатами и на поставку льноволокна – фабриками. Эти объединения обеспечивали технологическое оснащение отрасли, маркетинговые исследования, техническое обслуживание предприятий. По сути дела, это был государственный льняной кластер. За счёт средств государства строились льнозаводы. Только в Калининской области с 1975 по 1985 г. было построено пять заводов, около десяти полностью реконструированы с заменой технологического оборудования.

Меры государственной поддержки отрасли были весьма значительными. Так, льнозаводам выделялись кредиты на закупку льносырья по ставке от 0 до 5% годовых без учёта их финансового состояния, при этом государство возмещало до 70% стоимости сырья при его переработке, что способствовало формированию таких закупочных цен на сырьё, которые обеспечивали рентабельность производства льносырья в хозяйствах от 100 до 200%. Для стабилизации выращивания льна в комплексе с мясо-молочным животноводством хозяйствам из государственного фонда по льготным ценам выделялись комбикорма из расчёта 0,9 т за 1 т реализованного льноволокна.

В связи с реорганизацией Министерства текстильной промышлен-

ности РСФСР и Минсельхоза РСФСР в 1986-1990 гг. льнозаводы были переданы в Госагропром РСФСР, при этом их государственная поддержка была прекращена. Для сохранения структуры управления льняной отраслью, взаимодействия льносеющих хозяйств, льнозаводов и льнокомбинатов по инициативе органов управления АПК регионов, предприятий по возделыванию и переработке льна в льносеющих областях начали создавать ассоциации по выращиванию, переработке и производству продукции из льна.

Ассоциация «Тверской лен» была создана с участием администрации Тверской области и являлась одной из крупнейших в стране. В неё входило 176 льносеющих хозяйств, элитхозы и семхозы, 14 льносемстанций, 42 льнозавода, научно-исследовательские институты, 10 текстильных предприятий и прочие организации.

По сути, это была кластерная структура. Единственным отличием было то, что часть акций льносемстанций, льнозаводов и ассоциации «Тверской лен» находилась в собственности государства, что отрицательно сказывалось на развитии и конкурентоспособности отрасли.

Ассоциация «Тверской лен» организовывала заключение договоров на выращивание и обеспечение льнозаводов сырьем, доставку его на льнозаводы, поставку льноволокна льнокомбинатам и фабрикам, обеспечивала централизованную закупку и поставку хозяйствам удобрений, гербицидов, проводила техническое обслуживание и ремонт льноуборочной техники и оборудования. За счёт средств областного бюджета Тверской области был создан страховой фонд льносемян в объеме около 1,5 тыс. т, под гарантию области через лизинг было поставлено хозяйствам более 150 льнокомбайнов, рулонных пресс-подборщиков, почвообрабатывающих машин. В коммерческом банке «Альфа-Банк» был получен кредит для оплаты льнозаводами закупок сырья.

По инициативе ассоциации «Тверской лен» было принято постановление Правительства Российской

Федерации о возмещении до 40% затрат льнозаводов на топливно-энергетические ресурсы. Для обеспечения текстильных предприятий сырьем была организована интервенция закупок льноволокна за счёт средств федерального бюджета. В результате принятых мер удалось несколько стабилизировать посевные площади льна и производство льноволокна в России [10].

В период начавшейся приватизации и продажи Мингосимуществом России акций льнозаводов и льносемян, прекращения их финансирования резко сократились посевные площади льна и количество предприятий льняной отрасли. Из 1750 хозяйств, возделывающих лен в России, осталось только 140, из 259 льнозаводов перестали существовать 188. В Тверской области из 176 льносеющих хозяйств осталось 12, из 42 предприятий льнопереработки – 8. Посевные площади льна уменьшились с 102,6 тыс. га (в 1990 г.) до 5,7 тыс. га (в 2020 г.) [2, 11].

Отсутствие достаточной сырьевой базы льноводства повлекло за собой сокращение предприятий текстильной промышленности. Из 67 крупнейших льнокомбинатов и фабрик в настоящее время работают не в полную мощность 4 льнокомбината и 5 небольших производств. Для возрождения льняной отрасли России предлагается создание региональных агропромышленных льняных кластеров.

В Тверской области, которая располагает развитой научно-технической и производственной базой, предлагается создать региональный льняной кластер в форме государственно-частного партнерства. Используя положительный опыт системы управления льняным комплексом в советское и постсоветское время, предлагается следующий механизм восстановления и развития интеграционных связей между предприятиями сырьевого сектора и выпускающими конечную продукцию из льна.

В настоящее время предприятия льняного комплекса, в том числе в Тверской области, из-за крайне низкой технической оснащенности, отсутствия квалифицированных кадров

производят льняное сырье и льноволокно низкого качества. Для решения этой проблемы предлагается создание в кластере высокооснащенной машинно-технологической станции (МТС), которая будет оказывать услуги льноводам в части выполнения наиболее трудоемких механизированных работ по возделыванию и уборке льна, обеспечению хозяйств льносеменами, восстановлению научно обоснованных севооборотов, техническому обслуживанию машин и оборудования предприятий, вовлечению в оборот неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения.

В Тверской области в 2017 г. уже был зарегистрирован центр кластерного развития льноводства [12]. Однако из-за жестких требований

Минпромторга России в части вхождения в кластер не менее десяти промышленных организаций и не менее одной организации, осуществляющей конечное промышленное производство с использованием продукции всех участников, работу так и не начал. Кроме того, в промышленный кластер не могут входить льносеющие хозяйства, льнозаводы и льносемянницы, что исключает интеграцию предприятий отрасли. В связи с этим предлагается пересмотреть требования Минпромторга России к формированию кластеров в АПК с возможностью участия в них льносеющих хозяйств, льнозаводов; расширить количество участников, выпускающих различные виды конечной продукции.

Экономические показатели производства продукции льняного кластера Тверской области

Виды продукции и товаров из льна	2020 г. (факт)	2026 г. (проект)
Посевная площадь льна, тыс. га	5,7	10
Производство льноволокна на льнозаводах, тыс. т:		
всего	3,86	9
в том числе длинного	0,39	4
Производство льносемян, т	248	2000 (с 50% площадей)
Стоимость семян, млн руб.	15	120
Производство:		
чесаного льна, тыс. т	–	2
котонизированного льноволокна, тыс. т	–	3
нетканых материалов, тыс. м ²	–	2000
льняной и смесовой пряжи, тыс. т	–	8
льняных и смесовых тканей, тыс. м ²	–	7000
Реализация льняных и смесовых тканей по средней цене 100 руб/м ² , млн руб.	–	735
Производство льняной целлюлозы, т	–	700
Реализация льняной целлюлозы по цене 150 тыс. руб/т, млн руб.	–	105
Производство и реализация утеплителя по цене 4 тыс. руб/м ³ (12,5 тыс. м ³), млн руб.	–	50
Производство и реализация льняного масла по цене 350 руб/кг (200 т), млн руб.	–	70
Реализация нетканых материалов по цене 32 руб/м ² , млн руб.	–	64
Производство и реализация гранул-пеллет по цене 350 руб/т (15 тыс. т), млн руб.	–	75
Общая реализация продукции и товаров из льна, млн руб.	212	1129

Источник: данные министерства сельского хозяйства Тверской области, региональная программа «Развитие льняного комплекса Тверской области на 2021-2026 годы», собственные расчеты авторов.

Важную роль в реализации кластерной стратегии играет государственная поддержка. В европейских странах она оказывается на трёх уровнях: национальном, региональном и международном и составляет 50-70% стоимости проекта. Во Франции, Венгрии и Великобритании на эти цели ежегодно выделяется до 144 млн евро [13]. В Российской Федерации государственная поддержка кластеров по программам Минпромторга России и Минэкономразвития России крайне незначительна, а по таким важным направлениям для промышленного комплекса, как создание инфраструктуры, строительство и реконструкция производств, модернизация, практически отсутствует. Для реализации кластерных проектов в льняной отрасли России необходимо предусмотреть возмещение до 70 % затрат на строительство новых и модернизацию существующих производств, применение системы льготного налогообложения на период реализации проектов [14].

Для тверского льняного кластера в форме государственно-частного партнерства целесообразно, чтобы федеральный и региональный бюджеты, частные инвесторы взяли на себя финансирование создания МТС, строительство льнозавода и прядильно-ткацкой фабрики, технологическую модернизацию действующих предприятий. Это обеспечит производство конкурентоспособной, в том числе импортозамещающей, продукции и товаров из льна, востребованных на внутреннем и внешнем рынках, например, чесаного льна, льняной пряжи, утеплителей (ООО «Ржевская льночесальная фабрика»); котонизированного льноволокна, льняной целлюлозы (Кашинский льнокомбинат); нетканых материалов, сорбентов, льняного пищевого масла, натуральных олиф (остальные льнозаводы). С вводом прядильно-ткацкой фабрики и привлечением в кластер других участников будут производиться чисто льняные и смесовые ткани, постельное и столовое бельё, одежда.

В таблице представлены предполагаемые экономические показатели производства продукции льняного

кластера на период реализации программы развития льняного комплекса Тверской области на 2021-2026 гг.

Выводы

1. Создание территориальных льняных агропромышленных кластеров является основным и единственным путем расширения собственной базы для инновационного развития экономики регионов и страны в целом.

2. Тверской льняной кластер, создаваемый в форме государственно-частного партнерства при взаимодействии с Минпромторгом России и Минсельхозом России, позволит производить продукцию из льна, конкурентоспособную на внутреннем и внешнем рынках, создать дополнительно около 3,5 тыс. рабочих мест, увеличить объем реализации готовой продукции из льна в 5,3 раза, налоговые поступления и сборы – в 5,5 раза (с 66,1 млн до 363,5 млн руб.).

3. Однако при этом необходимо учесть, что при отсутствии взаимодействия федеральных и региональных органов власти развитие агропромышленных льняных кластеров остановится на стадии создания, поскольку финансовое состояние предприятий отрасли не позволяет реализовывать проекты только за счет собственных средств.

Список использованных источников

1. Поручение Президента Российской Федерации В.В. Путина / Пр-79 от 20.01.2016.
2. ФГБУ «Агентство «Лен» [Электронный ресурс]. URL: <http://agentstvo-len.ru/> (дата обращения: 19.11.2021).
3. Состояние отрасли производства льна в Российской Федерации. Росленконопля [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rosflaxhemp.ru/news.html/id/3331> (дата обращения: 19.02.2021).
4. Агровестник. Рынок льна: Россия и мир. [Электронный ресурс]. URL: <https://agrovesti.net/lib/industries/linen/rynok-lina-rossiya-i-mir.html> (дата обращения: 22.10.2021).
5. Попов Р.А., Великанова И.В. Проблемы и перспективы развития льняного подкомплекса в условиях трансформации мер государственной поддержки // Техника и оборудование для села. 2020. № 9. С. 43-48.
6. Портер Майкл Э. Конкуренция / Пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. 496 с.

7. Лукашин Ю.П., Рахлина Л.И. Инновационные кластеры за рубежом и в России // Вестник МИРБИС. 2019. № 2(18). С. 142-153.

8. Кластеры в современном мире: рейтинг самых развитых стран [Электронный ресурс]. URL: <https://ppt.ru/news/134649> (дата обращения: 15.10.2021).

9. Карта кластеров России. Российская кластерная обсерватория [Электронный ресурс]. URL: <https://cluster.hse.ru/> (дата обращения: 12.11.2021).

10. Пучков Е.М. Организационно-экономическое обоснование системы управления льняным подкомплексом АПК: на примере Тверской области: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. М.: РГАЗУ, 2002. 172 с.

11. Посевные площади Российской Федерации в 2020 году. Росстат [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения: 30.11.2021).

12. Миронцев Р.Н., Миронцева А.В. Создание льняного кластера в Тверской области: прогноз до 2021 г. // Развитие учетно-аналитического обеспечения агропромышленного комплекса России в условиях глобализации: матер. Междунар. науч.-практ. конф. М: ООО «Научный консультант», 2019. С. 145-152.

13. Грошев А.Р., Дубровская Е.Н. Инструментарий поддержки кластерных инициатив (обобщение практики поддержки кластерных инициатив в странах с федеративным устройством) // Экономика, предпринимательство и право. 2020. Т. 10. № 4. С. 945-964.

14. Абашкин В.П. Инструменты развития промышленных кластеров: алгоритм создания, требования, меры поддержки: II Санкт-Петербургская междунар. конф. кластеров. СПб: НИУ ВШЭ, 2017. 30 с.

Prospects for the Development of the Linen Subcomplex of the Russian Federation on the Example of the Tver Region E.M. Puchkov, I.V. Ushchapovskiy, R.A. Popov (Center for Bast Fiber Crops)

Summary. *The forms of management of the linen subcomplex in the Soviet and post-Soviet times are analyzed. The problems and prospects for the development of the linen industry as a result of the creation of a linen regional cluster are considered. The advantages of clustering and the main directions of integration of enterprises for the cultivation and processing of flax and the production of competitive high-tech products are shown. The created clusters in the economy of Russia and other countries of the world, the existing and proposed measures of their state support are characterized.*

Keywords: *flax growing, agro-industrial cluster, management, innovative development, economy, competition.*

Кормоуборочные комбайны RSM F 2000: до 2 000 т силосной массы за световой день

Если оставить за скобками характеристики культуры на корню, логистику и технологию закладки силосуемой массы, то получение качественной основы будущих влажных кормов в поле держится на трех китах. Это соблюдение агротехнических сроков, правильный технологический процесс среза (подбора), измельчения листостебельной массы и доизмельчения зерна, раннее внесение консервантов. Кормоуборочные комбайны Ростсельмаш серии RSM F 2000 полностью отвечают всем требованиям.

Линейка включает в себя три модели: RSM F 2450, F 2550 и F 2650 мощностью 462/ 562/ 643 л.с. соот-

ветственно. Предлагаются кормоуборочные комбайны в двух вариантах исполнения: с передним или с полным приводом. За счет транспортной скорости до 40 км/ч переезды между полями занимают минимум времени.

Самый мощный комбайн серии, RSM F 2650, на высокоурожайных фонах способен срезать, качественно измельчить и перегрузить в транспортное средство до 200 т кукурузной массы в час, т.е. до 2 000 т за световой день. Причем благодаря экономичным двигателям с расходом горючего порядка 0,69 л на 1 т заготовленной массы и топливному баку вместимостью 1500 л агромашины обходятся без дозаправки в течение смены.



Питатель с высокой пропускной способностью имеет и соответствующую высокую грузоподъемность, которая обеспечивает возможность агрегатирования комбайнов с широкозахватными производительными адаптерами. Гидравлический привод валцов питателя гарантирует плавную и точную регулировку длины резки. Причем в комбайнах серии RSM F 2000 этот процесс полностью автоматизирован и осуществляется прямо из кабины. Использование возможности быстрой настройки агромашины позволяет получать равномерное качество резки вне зависимости от характеристик агрофона, поскольку регулировка (обычно достаточно трудоемкая) не требует ни усилий, ни времени.

Кормоуборочные комбайны RSM F 2000 предназначены для заготовки любых видов влажных кормов, поэтому Ростсельмаш производит все необходимые адаптеры: кукурузные жатки сплошного среза MAIZE HEADER для заготовки силоса, рядковые жатки ARGUS – для заготовки корнажа, травяные жатки GRASS HEADER и подборщики FOR UP – для заготовки силоса и сенажа.

На измельчающий барабан диаметром 630 и длиной 703 мм устанавливаются шевронно 40 ножей в 4 ряда с возможностью демонтажа половины комплекта. Регулируя скорость вращения питателя, можно получить длину резки в интервале 5-24 мм с полным комплектом ножей или 10-48 мм – с половинным. Функция автоматического подвода днища измельчителя сводит к минимуму риск повторного заброса измельченной массы в узел, что обеспечивает высокую ее фракционную равномерность – более 85 % частиц имеют заданный размер.

Конструкторы минимизировали трудоемкость и временные затраты на поддержание остроты режущих кромок ножей, оснастив комбайны системой автоматической заточки с автоматическим подводом бруса. Операция запускается командой с рабочего места механизатора и занимает не более 5 мин.

При заготовке кукурузного силоса важнейшее значение имеет качество измельчения зерна. Согласно агротехническим требованиям, зерна в фазе восковой спелости должны быть раздроблены на частицы размером порядка 5 мм, причем измельчено должно быть не менее 99 % зерна. Кормоуборочные комбайны серии RSM F 2000 комплектуются корн-крекерами с функцией регулировки зазора между валцами непосредственно из кабины. Это значительно упрощает получение массы стабильного качества при работе на разных сортах, фонах и фазах спелости. Количество измельченного зерна после обработки – свыше 99 %.

Агроклиматические особенности ряда регионов порой требуют крайне быстрого перехода с уборки, например, кукурузного силоса на уборку силоса или сенажа, вплоть до смены полей за один день. Преимущество кормоуборочных комбайнов RSM F 2000 в разрезе такой необходимости заключается в том, что корн-крекер удаляется или устанавливается в канал автоматически и всего за несколько секунд, а команда на инициацию операции отдается из кабины.



Внесение консервантов в силосуемую массу непосредственно после измельчения в поле – технология не только более эффективная с точки зрения сохранности кормов, но и более простая, поскольку не требует выполнения дополнительной операции у места закладки. Кормоуборочные комбайны RSM F 2000 оснащаются универсальной системой внесения консервантов, которая позволяет работать и с разбавленными, и с концентрированными препаратами. Помимо традиционного места установки распылителя в силосопровод здесь предусмотрена возможность его перенесения на питатель. Практика показывает, что при уборке сахаристых культур типа люцерны такой вариант внесения консервантов предотвращает избыточное налипание массы на стенки технологического тракта.

Один из важных факторов получения качественной массы – повышение линейной скорости ее прохождения по технологическому тракту на каждом этапе обработки. Тракт у RSM F 2000 очень короткий и при этом пологий. Тем не менее благодаря этому конструкторам вполне удалось выполнить требование «по разгону». Более того, большое швырковое усилие ускорителя на последнем этапе позволяет плотнее заполнять кузов транспортного средства по сравнению со средними показателями. Экономическая выгода – до 10 % за счет увеличения перевозимого за один раз объема измельченной зеленой массы и некоторого сокращения расхода топлива.

На кормоуборочные комбайны Ростсельмаш серии RSM F 2000 устанавливают эргономичные кабины и комплектуют большим количеством электронных систем. Максимальный «набор» стандартно предусмотрен для старшей модели в линейке. Но и ее, и другие агромашины серии можно сделать еще более эффективными за счет опциональных приспособлений и функций.

УДК 631.316.022

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-8-8-11

Культиватор для междурядной обработки хлопчатника

Н.В. Алдошин,

д-р техн. наук,
проф., зав. кафедрой,
naldoshin@yandex.ru
(ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА
имени К.А. Тимирязева»);

Р.Р. Худайкулиев,

канд. техн. наук,
зам. директора,

Б.Р. Курамбоев,

А.П. Уринов,

мл. науч. сотр.,
PhD.mr.Urinov@mail.ru

Н.П. Болотина

(Институт механики и сейсмостойкости
сооружений им. М.Т. Уразбаева
АН РУз, Ташкент, Узбекистан)

Аннотация. Рассмотрены вопросы междурядной обработки сельскохозяйственных культур. Предложены компоновочная схема широкозахватного культиватора-растениепитателя для возделывания хлопчатника, конструктивно-технологические решения, включающие в себя совершенствование рабочих секций машины и систем внутрипочвенного внесения минеральных удобрений, результаты испытаний по обработке междурядий хлопчатника после полива в условиях Республики Узбекистан.

Ключевые слова: междурядная обработка, хлопчатник, культиватор-растениепитатель, туковысевающий аппарат.

Постановка проблемы

В настоящее время проводятся исследования по созданию новых сельскохозяйственных машин, качественно выполняющих процесс междурядной обработки почвы. За рубежом для выполнения данной операции применяются широкозахватные культиваторы. Такие машины на практике доказали свою экономическую эффективность. Они способны за счет сокращения количества проходов агрегата по полю уменьшать уплотнение почвы колесами и снизить

затраты на топливо, обеспечивая повышение производительности труда и экономическую эффективность использования техники [1, 2].

Увеличение производительности пропашного агрегата на междурядной обработке может быть достигнуто путем повышения рабочей скорости и увеличения ширины захвата культиватора. В настоящее время в хлопководстве оба способа используются для повышения производительности технических средств. Однако увеличение рабочих скоростей сдерживается специфическими условиями работы культиваторов в междурядьях культурных растений и отсутствием достаточно приспособленных для этого рабочих органов. С одной стороны, это приводит к возникновению вибрационных нагрузок и ухудшению условий труда, с другой, – к засыпанию молодых растений частицами почвы, отбрасываемой рабочими органами МТА, или росту повреждаемости культурных растений в рядах. В связи с этим имеются пределы агротехнически допустимых скоростей. Кроме того, увеличение ширины захвата требует повышения тяговых показателей трактора, что не всегда приемлемо, так как габаритные размеры универсально-пропашных тракторов ограничены размерами междурядий [3-5].

Цель исследования – обоснование компоновочной схемы культиватора-растениепитателя для междурядной обработки хлопчатника, включая совершенствование рабочих секций машины и систем внутрипочвенного внесения минеральных удобрений.

Материалы и методы исследования

Первая задача в решении поставленной цели – обоснование компоновочной схемы орудия. Кроме того,

агрегат, в состав которого должен входить культиватор-растениепитатель, достаточно легко переводится из транспортного состояния в рабочее и наоборот. Для этого он спроектирован в навесном варианте агрегатирования. Кроме того, для уменьшения габаритных размеров, в частности ширины захвата, предложена конструкция складывающейся рамы (рис. 1). Правое и левое крылья рамы переводятся в вертикальное положение с помощью гидравлики за короткий период времени. Это улучшает маневренность агрегата и повышает его производительность за счет сокращения непроизводительных потерь времени в течение смены.

На раме размещают секции рабочих органов. В настоящее время наиболее перспективной является технология возделывания хлопчатника с междурядьями 90 см. Поэтому культиватор-растениепитатель рассчитан именно на такую ширину. Он одновременно обрабатывает 8 рядков растений, что, в свою очередь, определяется рядностью системы машин для возделывания хлопчатника, т.е. подразумевается, что посев культуры выполняется также восьмьюрядной сеялкой [6].

Набор рабочих органов секций составляется из серийно выпускаемых элементов. При этом подвеска секций также может осуществляться с помощью серийно выпускаемых параллелограммных механизмов. Такое крепление обеспечивает перемещение секции в вертикальной плоскости при копировании рельефа поля и позволяет иметь постоянный и заданный угол вхождения рабочих органов в почву для обеспечения качественной работы и поддержания постоянной глубины [7].

При этом грядили для крепления рабочих органов требуют усовершен-



Рис. 1. Компонировочная схема шарнирной рамы культиватора-растениепитателя



Рис. 2. Грядиль секции в сборе с рабочими органами

ствования, в связи с этим предлагается конструкция, представленная на рис. 2. Основной задачей при конструировании грядилья является снижение трудоемкости размещения и крепления на нем рабочих органов секций, а также снижение металлоемкости.

Для проведения подкормки растений минеральными удобрениями необходима соответствующая система с аппаратом центрального высева. Для этого на машине устанавливается центральный туковый бункер вместимостью 350 дм³. Пневмомеханический туковый аппарат центрального высева предназначен для высева минеральных удобрений или их смесей. Приводится в действие от правого опорно-приводного колеса культиватора через цепную

передачу. Ведущая звездочка на колесе сменная. Устанавливая сменные звездочки, которые имеются в комплекте культиватора, можно изменять скорость вращения катушки туковысевающего аппарата, а значит, и норму внесения удобрений [8]. При этом в дальнейшем при изменении рабочей скорости агрегата норма внесения минеральных удобрений будет оставаться неизменной.

Транспортирование удобрений по отдельным рядам растений осуществляется воздухом. Воздушный поток создается вентилятором высокого давления, приводимым во вращение от гидромотора через ременную передачу. Гидромотор имеет привод от гидросистемы трактора. Вентилятор установлен на

центральной раме на специальном кронштейне (крепится к раме с помощью хомутов) рядом с туковысевающим аппаратом и вращается со скоростью 2200 мин⁻¹. Нагнетательная труба вентилятора соединена с туковысевающим аппаратом через воздуховод. Высев минеральных удобрений производится из бункера, их распределение – восьмиканальным делителем, от которого материаловоздушная смесь транспортируется по полиэтиленовым шлангам (тукопроводам) к сошникам культиватора. Удобрения вносятся внутрипочвенно через специальные сошники рядом с растениями (с одной их стороны) [9]. Конструктивно-технологическая схема культиватора-растениепитателя показана на рис. 3.

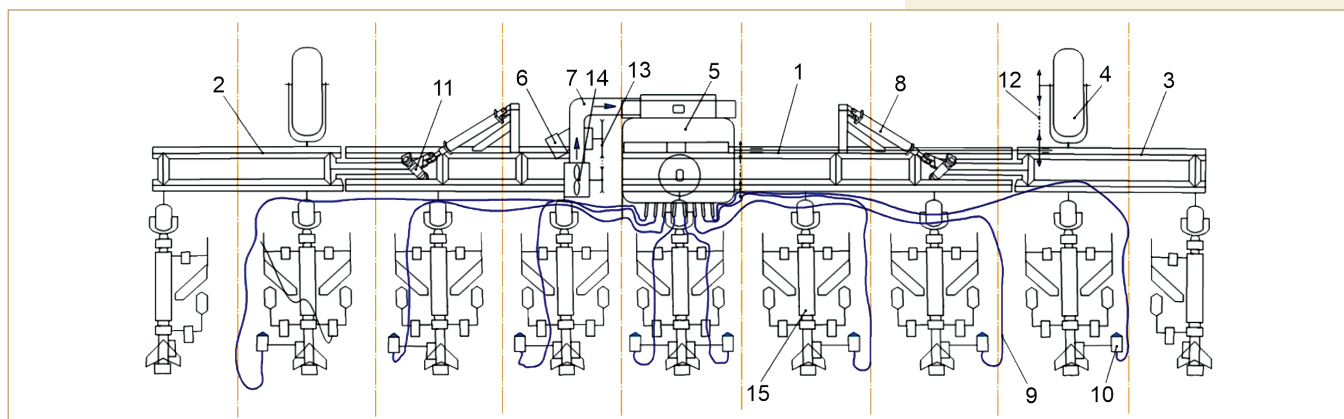


Рис. 3. Конструктивно-технологическая схема восьмирядного культиватора-растениепитателя (вид сверху):

1 – рама центральной секции; 2 – рама левой секции; 3 – рама правой секции; 4 – опорно-приводное колесо; 5 – бункер туковысевающего аппарата; 6 – гидромотор привода вентилятора; 7 – воздуховод; 8 – гидроцилиндр; 9 – тукопровод; 10 – туковый сошник; 11 – наклонный шарнир; 12 – привод пневмомеханического туковысевающего аппарата; 13 – привод вентилятора; 14 – вентилятор высокого давления; 15 – секция рабочих органов

Результаты исследований и обсуждение

Технологический процесс высева минеральных удобрений протекает следующим образом. При движении культиватора по полю колеса, соприкасаясь с почвой, приводят в движение через систему цепных передач катушку высевающего аппарата. Она начинает вращаться и, захватывая определенную дозу удобрений, транспортирует ее к распределителю. Воздушный поток, создаваемый вентилятором высокого давления, подхватывает удобрения и по отдельным шлангам направляет их к исполнительным рабочим органам, обеспечивающим их заделку. В пневматической системе разработан и осуществлен способ распределения смеси удобрений с воздухом, постепенно на 8 каналов с минимальными потерями напора и расхода воздуха. До выезда культиватора в поле выбирают необходимые рабочие органы, устанавливают и регулируют их в соответствии с требуемой схемой и глубиной обработки культуры в зависимости от ширины междурядий и защитных зон.

Испытания культиватора-растениепитателя в агрегате с трактором Agion 630 проводились на полигоне государственного центра испытания техники и технологии Республики Узбекистан в г. Янгиюль на прополке с рыхлением почвы в междурядьях хлопчатника после полива (рис. 4). Работы выполнялись с соблюдением агротехнических требований. Испытания показали увеличение производительности предлагаемого культиватора в 1,4-1,5 раза по сравнению с четырехрядной машиной.

Условия испытаний были следующими: почва – типичный серозем с ровным рельефом, влажность почвы при проведении опытов в слое 0-15 см – 5,36-11,06% (по агротребованиям – 14-20%), твердость – 0,24-1,82 МПа (по агротребованиям – не более 3 МПа). Высота хлопчатника – 97 см, густота растений – 116665 тыс. шт. на 1 га. Культивация после полива выполнялась в фазе цветения. Ширина междурядий – 90 см. Результаты испытаний культиватора-растениепитателя приведены в таблице.



Рис. 4. Культиватор-растениепитатель в работе

Показатели работы культиватора-растениепитателя

Показатели	Значение			
	по агротребованиям	по данным испытаний		
Дата испытаний		17.07.2020		
Место проведения испытаний		Испытательный полигон г. Янгиюль		
Вид работы		Культивация после полива		
Скорость движения, км/ч	4-7	5,3		
Рабочая ширина захвата, м		7,2		
Глубина обработки, см:		На междурядьях		
		сты-ковом	заколес-ном	промежу-точном
рыхлитель:				
установочная	4-8	8	8	8
средняя фактическая		8,14	8,84	8,5
среднеквадратическое отклонение, см	Не более ± 1	0,8	0,5	1
коэффициент вариации, %		9,3	6,2	11,2
лапа стрелчатая:				
установочная	14-18	14	14	14
средняя фактическая		14,86	15,8	14,9
среднеквадратическое отклонение, см	Не более ± 1	0,7	0,9	1
коэффициент вариации, %		7,6	7,7	10,1
Повреждение культурных растений, %	Не более 0,8	0,7	-	0,5
Крошение почвы, %:				
более 50 мм	Не более 10	5,4	5,66	10,8
50-25 мм	Не более 20	15,88	14,83	12,24
менее 25	Не менее 60	78,12	79,51	76,96
Защитная зона:				
установочная величина, см	15-18	17	17	17
фактическая, см		16	16,6	17,3
среднеквадратическое отклонение, см	± 2	0,86	0,86	0,68
коэффициент вариации, %		7,79	7,39	5,57

На третьей культивации рабочие органы устанавливались на разную глубину обработки: рыхлители – на 8 см, стрельчатые лапы – 14, защитная зона – 15 см. При рыхлении почвы после полива на семи средних грядках культиватора устанавливалось по четыре рыхлительные лапы и одна стрельчатая, на стыковых грядках – по две рыхлительные и одна стрельчатая.

При рабочей скорости агрегата 5,3 км/ч (по агротребованиям – 4,66-6,14 км/ч) на стыковых, заколённом и промежуточном междурядьях средняя фактическая глубина обработки рыхлительных лап соответственно составила 8,14; 8,84 и 8,5 см со среднеквадратическим отклонением $\pm 0,8$; $\pm 0,5$ и ± 1 см (по агротребованиям – не более 1 см), а стрельчатых лап – 14,86; 15,8 и 14,9 см со среднеквадратическим отклонением $\pm 0,7$; $\pm 0,9$ и $\pm 1,0$ см (по агротребованиям – не более ± 1 см), что находится в допустимых пределах.

При проведении опытов обнаружено повреждение растений, которое составило в среднем 0,4% при норме не более 0,8 %. При междурядной обработке величина защитной зоны на стыковых, заколённом и промежуточном междурядьях и фактическая величина защитной зоны составили соответственно 16; 16,6 и 17,3 см со среднеквадратическим отклонением $\pm 0,86$; $\pm 0,86$; и $\pm 0,68$ см (по АТТ – не более ± 1 см), коэффициент вариации – 7,79%; 7,39 и 5,51%, что находится в пределах агротребований.

Выводы

1. Обоснована компоновочная схема навесного орудия. Для удобства транспортирования при переездах и выполнения обработок, уменьшения габаритных размеров предложена конструкция складывающейся рамы.

2. Испытания показали, что показатели качества работы восьмирядного широкозахватного хлопкового культиватора-растениепитателя соответствуют агротехническим требованиям. Повреждение растений при выполнении прополки составило в среднем 0,4% (норма – не более 0,8%).

3. Применение культиватора предлагаемой конструкции позволяет повысить производительность агрегата в 1,4-1,5 раза по сравнению с четырехрядной машиной.

Список

использованных источников

1. Гольяпин В.Я. и др. Инновационные технологии и сельскохозяйственная техника за рубежом. / В.Я. Гольяпин, Н.П. Мишуров, В.Ф. Федоренко, С.А. Соловьев, В.И. Балабанов, Н.В. Алдошин. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020, 172 с.

2. Алдошин Н.В., Беляев В.И. Сравнительная оценка технологий возделывания сельскохозяйственных культур // Горячкинские чтения: сб. II Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 150-летию со дня рождения академика В.П. Горячкина. М.: РГАУ-МСХА, 2019. С.18-23.

3. Алдошин Н.В. Разработка почвообрабатывающего орудия для бахчеводства / Н.В. Алдошин, Ф.М. Маматов, И.И. Исмаилов, Х.А. Файзуллаев. М.: ООО «Сам Полиграфист», 2021. 130 с.

4. Курамбаев Б., Туланов И., Тухтабаев М., Юлдашев О. Результаты полевых экспериментальных исследований 8-рядного макета культиваторного агрегата с универсальной рамой // Актуальные проблемы и тенденции развития современных исследований, инноваций, техника и технологии: тезисы докл. республиканской конф. (ЖизПИ, 14 декабря 2018 г.). Жиззах, 2018. С. 219-221.

5. Белоусов С.В., Белоусова А.И., Скотников С.В. Междурядная обработка почвы инновационным опрыскивателем // Молодой ученый. 2005. № 7. С. 1081-1086. [Электронный ресурс]. URL <https://moluch.ru/archive/87/16974/> (дата обращения: 23.12.2019).

6. Курамбаев Б.Р., Худайкулиев Р.Р., Тургунов А.А., Тургунова О.Б. Результаты исследований по созданию восьмирядного хлопкового культиватора // Science and Education Scientific Journal / October 2021 / Vol. 2. Issue 10. С. 189-194.

7. Курамбаев Б.Р., Худайкулиев Р.Р., Тургунов А.А., Тургунова О.Б. 8-рядный культиватор-растениепитатель к трактору тягового класса 2//Universum: технические науки: электрон. науч. журнал. 2021. № 11(92). М.: МЦНО. С. 60-65.

8. Рабочий орган культиватора : пат. на полезную модель РУЗ, № FAP 01775

/ Худайкулиев Р.Р., Курамбаев Б.Р., Джурраева Н.Б., Уринов А.П., Купайсинова Х.А., Гуламов А.Х., Михайлова В.В.; 28.01.2022.

9. Матчанов Р.Д., Курамбаев Б.Р., Худайкулиев Р.Р., Уринов А.П., Джурраева Н.Б. Результаты экспериментальных исследований пневмомеханического туковывевающего аппарата к 8-рядному культиватору // Проблемы механики. 2020. № 3. С. 115-119.

Cultivator for Inter-row Cultivation of Cotton

N.V. Aldoshin

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

R.R. Khudaykuliev, B.R. Kuramboev, A.P. Urinov, N.P. Bolotina

(Institute of mechanics and seismic stability of structures named after M.T. Urazbaev, Tashkent, Uzbekistan)

Summary. The issues of inter-row processing of agricultural crops are considered. The article proposes a layout scheme of a wide-cut cultivator-plant feeder for cotton cultivation, design and technological solutions, including the improvement of the working sections of the machine and systems of intrasoil application of mineral fertilizers, test results for processing cotton row spacing after irrigation in the conditions of the Republic of Uzbekistan.

Keywords: inter-row cultivation, cotton, cultivator-plant feeder, fertilizer sowing machine.



УДК 631.372:378.4

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-8-12-16

Система управления устойчивостью полуприцепа

А.Ю. Фомин,

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

А.С. Апатенко,

д-р техн. наук,
зав. кафедрой,
a.apatenko@rgau-msha.ru

Н.С. Севрюгина,

канд. техн. наук, доц.,
nssevr@yandex.ru
(ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

Аннотация. Разработана система управления поворотом многозвенной машины, повышающая устойчивость движения при перевозках животных и других грузов в АПК и обеспечивающая контроль поворота колес полуприцепа в зависимости от угла складывания. Дополнительно предлагается включение цифрового блока с адаптивным модулем корректировки траектории поворота с учетом инерционных сил, вызываемых смещением центра масс перевозимых грузов.

Ключевые слова: тягач, полуприцеп, перевозка, устойчивость, силы инерции, модернизация.

Постановка проблемы

Транспортные и технологические машины в АПК выполняют различные задачи по перемещению не только сельскохозяйственных, но и грузов, к которым применяются особые требования в части размещения и правил движения, например негабаритная тара с продукцией, корзины с растениями, крупный рогатый скот, свиньи, птица и др.

Зачастую внутрихозяйственная дорожная сеть характеризуется сложным рельефом, большим количеством поворотов и уклонов, что усложняет управление технологическими машинами. Следует отметить и практически повсеместное отсутствие на таких дорогах твердого покрытия. Правила перевозки грузов АПК для обеспечения сохранности предусматривают выполнение ряда требований, в частности, для негабаритных растений, кустарников и деревьев (при транспортировке для пересадки), которые должны обеспечивать неподвижность и минимальные колебательные нагрузки, исключая обламывание веток, осыпание земли и листвы. Более жесткими являются требования при перевозке животных, например плавность хода машины и щадящий режим нагрузок (инерционных сил) при движении по извилистым дорогам [1].

Анализ применяемых моделей технологических машин показывает широкое использование для особых условий перевозки грузов АПК (далее – ОУПГ АПК) базового тягача



Рис. 1. Технические средства АПК, применяемые для перевозки негабаритных растений и животных с особыми условиями размещения

в составе с полуприцепом. Специфика эксплуатации технологических машин заключается в том, что они состоят из многозвенных компонентов, управление которыми требует от оператора определенных навыков. В свою очередь, современные разработки позволяют перевести часть контролируемых функций по обеспечению качества и безопасности управления на самонастраиваемый режим.

При проектировании автопоездов конструкторы опираются на принятые типовые характеристики устойчивости, маневренности и плавности хода [2]. В то же время для ОУПГ АПК должны применяться дополнительные научно обоснованные требования к параметрам устойчивости и плавности хода, конструктивные решения, гарантирующие комфортные, бесстрессовые условия перевозки животных (рис. 1).

Цель исследования – теоретико-практическое обоснование упрощения конструкции рулевого управления технологической машины для повышения характеристик устойчивости при маневрировании с гарантированной плавностью хода.

Материалы и методы исследования

Математическая модель оценки устойчивости многозвенной машины

Задача определения параметров колесной машины, обеспечивающих устойчивость и управляемость при криволинейном движении, выделена в качестве ключевой в работе [3]. При этом опрокидывание – наиболее опасный по тяжести последствий вид потери устойчивости колесной машины. В работе [4] проведены аналитические исследования и дано обоснование выявленных разработок по установлению критериев статической и динамической устойчивости машины против поперечного опрокидывания по точности, новизне и универсальности. Данные исследования проведены как для транспортных средств, так и для колесных низкоклиренсных тракторов, получены математические модели, которые предлагается использовать как фундаментальные.

Для большегрузных автопоездов в работе [5] предложена конструкция устройства повышения маневренности, модифицирована базовая модель седельного автопоезда с учетом перекаса осей полуприцепа, который приводит к ухудшению устойчивости прямолинейного движения, обусловленного колебаниями прицепного звена [6]. Рассмотрению основных факторов, вызывающих потерю устойчивости, опрокидывание колесной машины при движении на повороте и ударе колеса о неподвижное препятствие, посвящены исследования в работе [7].

В теории технологических машин с колесной ходовой частью выделяются поперечная и продольная устойчивость [8–11]. Поперечная устойчивость машины предусматривает контроль бокового скольжения колес и исключение опрокидывания в плоскости, перпендикулярной продольной оси. Для продольной устойчивости требуется исключить буксование колес, вызываемое скольжением

при преодолении крутого подъема. Так как для технологических машин не характерен высокий скоростной режим движения, то среди показателей поперечной устойчивости особо следует выделить радиус поворота и угол поперечного наклона дороги [12–15].

Задача контроля управляемости многозвенной машины сводится к исключению эффекта складывания тягача и полуприцепа как частного случая нарушения управляемости и скатывания машины в занос, т.е. создание конструктивного эффекта управляемых колес полуприцепа. В данном случае поворотными являются не оси, а только цапфы всех колес полуприцепа (рис. 2).

Учитывая, что при ОУПГ АПК поворот технологической машины происходит на невысокой скорости, принимается допущение, что боковая деформация шин отсутствует, а геометрически точка контроля радиуса поворота совпадает с серединой задней оси полуприцепа. Радиус поворота определяется из выражения

$$R = \frac{L}{\operatorname{tg} \theta}, \quad (1)$$

где $\theta = \frac{\theta_a + \theta_n}{2}$ – средний угол поворота управляемых колес;

L – база автомобиля.

Теоретически установлено, что в каждый момент времени поворот многозвенной машины происходит вокруг мгновенного полюса вращения. На устойчивость влияет неравномерность движения, т.е. движение с положительным или отрицательным ускорением (рис. 3).

Положение мгновенного центра ускорения определяется из выражения

$$M = \left(R \frac{d\omega}{dt} - \frac{d\vartheta}{dt} \right) \frac{1}{\sqrt{\omega^4 + \left(\frac{d\omega}{dt} \right)^2}}, \quad (2)$$

где ω – угловая скорость автомобиля;

$\frac{d\omega}{dt}$ – угловое ускорение;

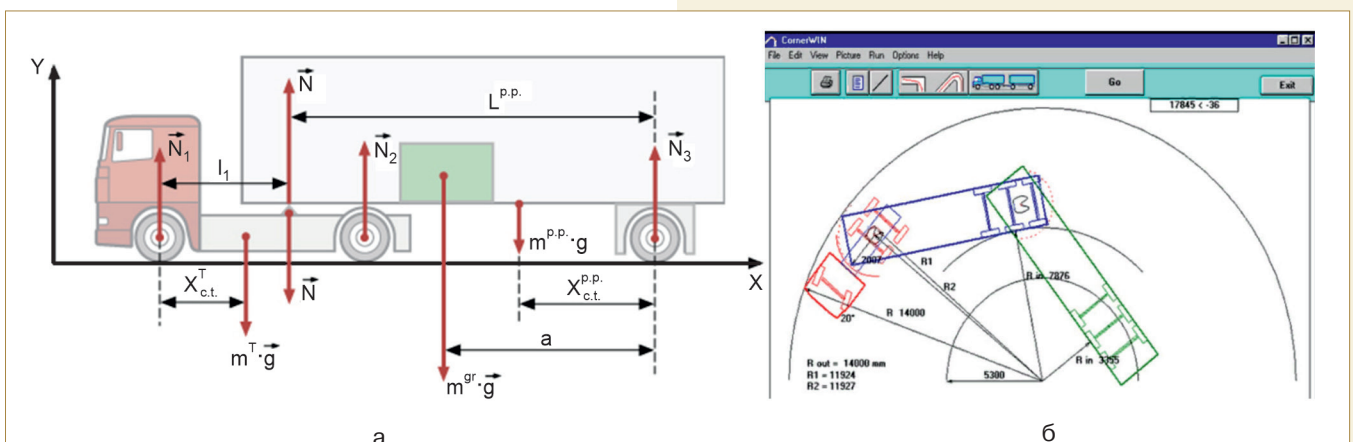


Рис. 2. Силы, действующие на многозвенную машину (а) и схема поворота в программном эмуляторе Cornet WIN (б)

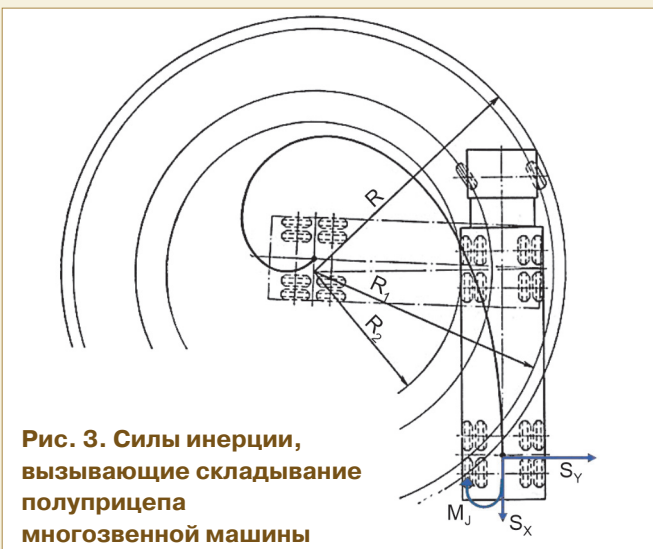


Рис. 3. Силы инерции, вызывающие складывание полуприцепа многоосевой машины

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{tg\alpha}{L} \frac{d\vartheta}{dt} + \frac{\vartheta}{L \cos^2 \alpha} \frac{d\alpha}{dt}, \quad (3)$$

ϑ – скорость автомобиля;

α – средний угол поворота управляемых колес.

Сила инерции вдоль оси полуприцепа (semi-trailer) определяется по выражению

$$P_x = \frac{G_{s-t}}{g} \left(\frac{d\vartheta}{dt} - b\omega^2 \right). \quad (4)$$

Сила инерции, перпендикулярная оси полуприцепа (semi-trailer):

$$P_y = \frac{G_{s-t}}{g} \left(R\omega^2 + b \frac{d\omega}{dt} \right), \quad (5)$$

где G_{s-t} – полный вес полуприцепа;
 g – ускорение силы тяжести.

Для упрощения расчетов и сведения к общепринятым расчетным единицам измерения для соотношения расстояния от задней оси до центра тяжести (b) и базы полуприцепа (L) вводится обозначение $\xi = \frac{b}{L}$, тогда окончательные расчетные выражения сил инерции принимают следующий вид:

$$P_x = \frac{G_{s-t}}{g} \left(\frac{d\vartheta}{dt} - \xi L \frac{\vartheta^2}{13R^2} \right), \quad (6)$$

$$P_y = \frac{G_{s-t}}{g} \left(\frac{\vartheta^2}{13R} + \xi \frac{L d\vartheta}{R dt} + \xi \frac{\vartheta}{3,6} \frac{L^2 + R^2}{R^2} \frac{d\alpha}{dt} \right).$$

Данные выражения используются при исследовании устойчивости технологических машин в процессе перевозки грузов в полуприцепах и оценке критического соотношения угла поворота, скорости движения инерционных сил для исключения нештатной ситуации, например складывания полуприцепа и опрокидывания машины.

Результаты исследований и обсуждение

Типовая конструкция системы управления многоосевой машины в рассматриваемом примере седельного автопоезда состоит из рулевого механизма и привода. Кинематическая схема содержит рулевые трапеции базовой машины и прицепного звена, силовые приводы которых состоят из копира, гидроцилиндра и распределителей. Привод – гидравлическая система обеспечения плавности управления и компенсаторы усилия. Наличие в конструкции гидравлического привода создает риски обрыва трубопроводов и утечки рабочей жидкости, что губительно для окружающей среды в силу многолетней нейтрализации вреда. Изменение конструкции по замене гидравлического привода на альтернативный экономически не всегда оправдано. Конструктивное решение по переводу части компонентов с базовой машины на прицепное устройство или создание дублирующей системы усложняет конструкцию, снижает время сцепки-расцепки автопоезда, обусловленное включением дополнительных соединительных гидравлических компонентов [16-18].

Предлагается при криволинейном движении уменьшить ширину габаритного коридора путем контроля параметров угла поворота управляемых колес полуприцепа в зависимости от угла складывания автопоезда, снизив скольжение колес полуприцепа. Ключевым в прототипе конструкции является включение задающего механизма параллелограммного типа, закрепленного на седельном устройстве.

Качающиеся штанги задающего устройства выполняют свободное перемещение по дуговой прорези переменной кривизны и сечения. При этом обеспечиваются изменение угла поворота управляемых колес полуприцепа в зависимости от угла складывания автопоезда и их стабилизация при переходе автопоезда от криволинейного движения к прямолинейному. Фиксаторы создают эффект качения колес автоприцепа «след в след», а подпружиненные ролики способствуют возврату задающего устройства в нейтральное положение.

Схема предлагаемой системы рулевого управления одноосного полуприцепа седельного автопоезда и механический копир представлены на рис. 4.

Задающее устройство 7 (см. рис. 4) состоит из двух роликов 18, корпуса 19, соединенного с тягами 6, пружины 20, внешней 21 и внутренней 22 труб, обеспечивающих правильную деформацию пружины. Оно соединено с седельно-сцепным устройством тягача 15 посредством штанги 14, крепление к которому осуществляется шарнирами 17. Шарнирное крепление штанги позволяет осуществлять соединение-разъединение сцепного шкворня полуприцепа 16 с седельно-сцепным устройством тягача и обеспечивает требуемые углы гибкости автопоезда в продольной вертикальной плоскости.

Геометрические размеры прорези 8 задают требуемые углы поворота управляемых колес полуприцепа в зависимости от угла складывания звеньев автопоезда. При этом перемещении задающего устройства по участкам ОА и ОВ прорези обеспечивается поворот колес полуприцепа на углы, соответствующие качению колес

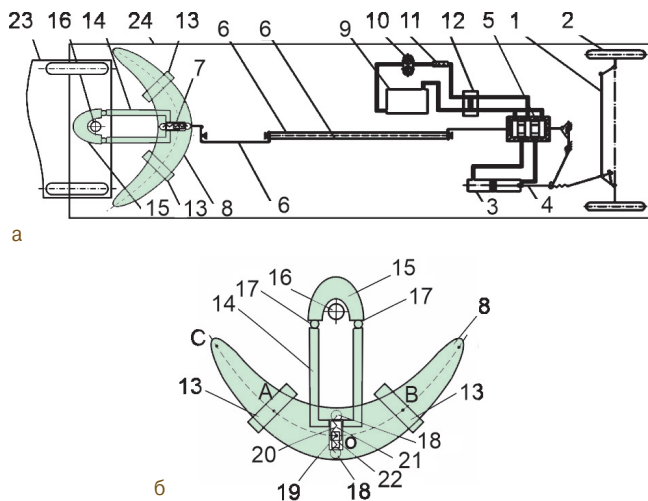


Рис. 4. Схема системы управления (а) и механического копира управления полуприцепом (б):
 1 – рулевая трапеция прицепа; 2 – управляемые колеса;
 3 – исполнительный цилиндр; 4 – шток;
 5 – золотниковый гидрораспределитель;
 6 – тяга; 7 – задающее устройство;
 8 – регулирующий профиль переменной кривизны и сечения;
 9 – масляный бак; 10 – гидронасос;
 11, 12 – приборы управления;
 13 – механические фиксаторы; 14 – штанга;
 15 – седельное устройство тягача;
 16 – сцепной шкворень; 17 – шарнир;
 18 – ролики; 19 – корпус; 20 – пружины; 21 – внешняя труба;
 22 – внутренняя труба; 23 – тягач; 24 – полуприцеп

полуприцепа внутри следа колес тягача. Ограничение перемещения задающего устройства по дуге АОВ обеспечивается посредством механических фиксаторов 13. В оконечностях прорези 8 имеются сужения, при качении по поверхности которых подпружиненные ролики сжимаются, уходя внутрь корпуса задающего устройства. При переходе автопоезда от криволинейного движения к прямолинейному силы упругости от сжатой пружины стремятся переместить задающее устройство из узкой части прорези к среднему положению (точка О), обеспечивая тем самым стабилизацию управляемых колес полуприцепа.

Принцип работы прототипа устройств следующий. При криволинейном движении автопоезда происходит поворот тягача 23 и полуприцепа 24 относительно друг друга в продольной горизонтальной плоскости и перемещение задающего устройства в прорези 8 по дуге CAOBD. Перемещение задающего устройства посредством тяг 6 рулевого привода вызывает смещение золотника гидрораспределителя 5, сопровождаемое подачей рабочей жидкости под давлением из масляного бака 9 гидронасосом 10 в исполнительный цилиндр 3. Перемещение штока 4 цилиндра через рулевую трапецию 1 вызывает поворот управляемых колес 2 на угол, пропорциональный продольному смещению управляющего штока, величина которого зависит от радиуса кривизны прорези.

Стабилизация управляемых колес полуприцепа достигается за счет того, что при движении задающего устройства по суженной части прорези подпружиненные ролики сжимаются, уходя внутрь корпуса. При переходе автопоезда от криволинейного движения к прямолинейному силы упругости от сжатых пружин стремятся переместить управляющий шток из узкой части прорези к среднему положению, способствуя стабилизации управляемых колес полуприцепа.

Выводы

1. Предложена математическая модель как расчетная зависимость при исследовании устойчивости технологических машин в процессе перевозки грузов в полуприцепах и оценке критического соотношения угла поворота, скорости движения инерционных сил для исключения нештатной ситуации, например, складывания полуприцепа и опрокидывания машины.

2. Разработанное техническое решение по модернизации конструкции управления полуприцепом многозвенной машины позволяет повысить надежность системы и устойчивость движения полуприцепа; снизить усилие на рулевом колесе тягача; упростить конструкцию, обеспечивающую задание параметров угла поворота управляемых колес полуприцепа в зависимости от угла его складывания; улучшить характеристики маневренности и проходимости машины путем уменьшения ширины габаритного коридора при криволинейном движении и совпадения следов качения колес тягача и полуприцепа; снизить интенсивность износа шин, уменьшив юз колес при повороте с минимальным радиусом.

Список использованных источников

1. Постановление Правительства России от 21 декабря 2020 г. № 2200 «Об утверждении Правил перевозок грузов автомобильным транспортом и о внесении изменений в пункт 2.1.1 Правил дорожного движения Российской Федерации».
2. ГОСТ 31507-2012 Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2013. 56 с.
3. Плиев С.Х. Расчет двухосной колесной машины на устойчивость против опрокидывания // Известия Горского ГАУ. 2015. Т. 52. № 1. С. 124-127.
4. Мамити Г.И. Устойчивость колесного трактора и автомобиля: моногр. / Г.И. Мамити, С.Х. Плиев. Владикавказ: ООО НП КП «Мавр», 2013. 152 с.
5. Сливинский Е.В. Улучшение маневренности большегрузных автопоездов / Е.В. Сливинский, А.А. Лукин // Мир транспорта и технологических машин. 2010. № 3(30). С. 84-88.
6. Lorry convoy stability taking into account the skew of semitrailer axes / V. Sakhno, V. Poliakov, O. Timkov, O. Kravchenko // Transport Problems. 2016. Vol. 11. № 3. P. 69-76. DOI 10.20858/tp.2016.11.3.7.
7. Горшков Ю.Г. Устойчивость колесной машины на повороте и при ударе о неподвижное препятствие / Ю.Г. Горшков, И.Н. Старунова, А.А. Калугин // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 9. С. 23-24.

8. **Блинов Е.И.** Теория автомобиля: от статики к динамике. Устойчивость колесной машины // Автомобильная пром-ть. 2008. № 8. С. 25-27.

9. **Васильченков В.Ф.** Автомобили и гусеничные машины. Теория эксплуатационных свойств [Текст]: учебник. Рязань: «Тигель», 2004. 430 с.

10. **Санжапов Р.Р.** Анализ влияния базы колесной машины на устойчивость движения / Р.Р. Санжапов, Е.В. Балакина // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 8. С. 21-24.

11. **Холопов В.Н.** Продольная устойчивость сочлененной машины для транспортировки пищевой продукции леса / В.Н. Холопов, В.А. Лабзин // Вестник КрасГАУ. 2012. № 8(71). С. 150-156.

12. **Севрюгина Н.С.** Моделирование нештатных ситуаций при оценке надежности спецтехники / Н.С. Севрюгина, Е.В. Прохорова, А.В. Дикевич // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2012. № 57. С. 90-96.

13. **Sevryugina N.** Technological machines, construction resources, efficiency and safety / N. Sevryugina, P. Kapryin // MATEC Web of Conferences, Chisinau, 31 мая-2 июня 2018 г. – Chisinau: EDP Sciences, 2018. P. 06017. DOI 10.1051/mateconf/201817806017.

14. **Sevryugina N.S.** Justification for Remote Control of Construction and Road-Making Machines / N.S. Sevryugina, E.A. Volkov, E.P. Litovchenko // Modern Applied Science. 2014. Vol. 8. № 5. P. 179-185. DOI 10.5539/mas.v8n5p179.

15. **Евграфов В.А.** Взаимосвязь эксплуатационно-технологических свойств машин и качества их технической эксплуатации в природообустройстве: моногр. / В.А. Евграфов, А.С. Апатенко, А.И. Новиченко; М.: ООО «Издательство «Спутник+», 2015. 116 с.

16. **Патент № 509485** Российская Федерация. Система рулевого управления многозвенного большегрузного седельного автопоезда [Текст] / Гладков Г.И.; заявитель и патентообладатель Ряз. высш. возд.-десант. уч-ще. опубл. 23.07.1991.

17. **Патент № 2613132 С** Российская Федерация, МПК B62D 13/04, B62D 5/00. Система управления поворотом транспортного средства: № 2015117108: заявл. 05.05.2015 опубл. 15.03.2017 / А.Ю. Фомин, В.Ф. Васильченков, С.А. Карпунин [и др.]; заявитель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище (военный институт) имени генерала армии В.Ф. Маргелова» Минобороны России.

18. **Патент на полезную модель № 203120 U1** Российская Федерация, МПК B60T 7/12. Устройство антипрокидывания транспортного средства с блокировкой маятника: №2020130379: заявл. 15.09.2020: опубл. 23.03.2021 / С.В. Шевцова, А.Ю. Сергеев, А.С. Щиголев [и др.]; заявитель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение ВО «Военный университет» Минобороны России.

Semi-trailer Stability Control System

A.Yu. Fomin, A.S. Apatenko, N.S. Sevryugina

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

Summary. A control system for the rotation of a multi-link machine has been developed. It increases the stability of movement during the transportation of animals and other goods in the agribusiness and provides control over the rotation of the semi-trailer wheels depending on the folding angle. Additionally, it is proposed to include a digital unit with an adaptive module for adjusting the turn trajectory, taking into account the inertial forces caused by the displacement of the center of transported goods mass.

Keywords: tractor, semi-trailer, transportation, stability, inertia forces, modernization.



ПротеинТек

Форум и экспо

+7 (495) 585-5167 | info@proteintek.org | www.proteintek.org

Форум и выставка по производству и использованию кормовых протеинов и глубокой переработке высокобелковых культур

Форум является уникальным специализированным событием отрасли в России и СНГ и пройдет 21 сентября 2022 года в отеле Холидей Инн Лесная, Москва

Возможности для рекламы:

Выбор одного из спонсорских пакетов Форума позволит Вам заявить о своей компании, продукции и услугах, и стать лидером быстрорастущего рынка растительных и микробных протеинов.



ЮГАГРО

29-я Международная выставка

сельскохозяйственной техники,
оборудования и материалов
для производства и переработки
растениеводческой
сельхозпродукции

22-25

ноября 2022

Краснодар,
ул. Конгрессная, 1
ВКК «Экспоград Юг»



СЕЛЬСКО-
ХОЗЯЙСТВЕННАЯ
ТЕХНИКА
И ЗАПЧАСТИ



ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ ПОЛИВА
И ТЕПЛИЦ



АГРО-
ХИМИЧЕСКАЯ
ПРОДУКЦИЯ
И СЕМЕНА



ХРАНЕНИЕ
И ПЕРЕРАБОТКА
СЕЛЬХОЗ-
ПРОДУКЦИИ

Бесплатный билет
YUGAGRO.ORG



ОРГАНИЗАТОР
ORGANISER

Генеральный партнер
РОСТСЕЛЬМАШ
Агротехника Профессионалов

Стратегический
спонсор

**Мировая
Техника**

Генеральный
спонсор

РОСАГРОТРЕЙД
RAGT GROUP

Официальный
партнер

**ШЕЛКОВО
АГРОХИМ**

Официальный
спонсор



Спонсор
деловой
программы



Спонсор
информационных
стоек



Спонсоры
выставки

syngenta®



Zemlyakoff
CROP PROTECTION



УДК 677.027

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-8-18-21

Сравнительные исследования инновационного способа конвективной сушки лубяных культур

Э.В. Новиков,канд. техн. наук,
зав. лабораторией,
e.novikov@fncl.ru**И.Н. Алтухова,**ст. науч. сотр.,
i.altuhova@fncl.ru**Е.Н. Королева,**ст. науч. сотр.,
e.koroleva@fncl.ru**А.В. Безбабченко,**ст. науч. сотр.,
a.bezbabchenko@fncl.ru
(ФГБНУ ФНЦ ЛК)

Аннотация. Представлена схема нового универсального способа сушки лубяных культур. Описана экспериментальная установка, проведены сравнительные исследования двух энергосберегающих способов конвективной сушки на различных лубяных культурах при анализе времени процесса сушки тресты льна, конопля, короткого волокна и котонина.

Ключевые слова: лубяные культуры, волокно, сушильная камера, время сушки.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (FGSS-2022-0007).

Постановка проблемы

В процессе производства влажность льняной и конопляной тресты может достигать 80 %. Для первичной переработки необходимо, чтобы сырье имело технологическую влажность 12-15 %. Для этого льняную и конопляную тресту подвергают сушке в сушильных машинах непосредственно перед линией переработки. Ранее для этих целей применялись сушильные машины СКП-1-10ЛУ, СКП-1-10ЛУ1 и СКП-8-12П, которые в России уже не производятся, а

имеющийся парк сушильных машин устарел или сильно изношен. Кроме того, теплоносителем для них являлись дорогостоящий пар и нагретый воздух.

В настоящее время появились новые виды сырья и волокна, это треста льна и технической конопля в виде ломаных и спутанных стеблей, а также волокна из них, получаемые на льнопенькозаводах. Поэтому необходимо разрабатывать новые сушильные машины, но не по типу имеющихся СКП, а принципиально новые, используя энергосберегающие технологии, которые применялись бы для сушки тресты льна-долгунца, льна масличного и технической конопля.

Ранее предложен способ сушки льнотресты льна-долгунца при продувке ее агентом сушки в каждой последующей сушильной секции попеременно с левой или правой стороны [1-4]. Он позволяет упростить схему подачи агента сушки в машину, обеспечить более эффективную отдачу тепла от воздуха к сушиму материалу, повысить скорость агента сушки в 3 раза, а значит и эффективность высушивания льнотресты. Этот способ был реализован в опытном образце энергосберегающей сушильной машины для льнотресты МС-1, изготовленном в конце

2018 г. в ФГБНУ ФНЦ ЛК совместно с ФГБОУ ВО «Смоленская ГСХА» (рис. 1). Машина малозатратная, имеет простую конструкцию, невысокую цену и является более эффективной по сравнению с СКП [5] и др. [6-8].

Затем были проведены исследования схемы продувки, реализованной в МС-1 на тресте льна масличного и тресте конопляной в виде спутанной массы ломаных и спутанных стеблей, в результате чего способ был рекомендован для подсушки и этих лубяных культур [9-11]. Однако у данного способа имеется существенный недостаток, заключающийся в следующем. Движение воздуха в различных секциях осуществляется попеременно от комлей к вершинам и наоборот, что обеспечивает перемещение влаги к центру стеблей, откуда ее сложно удалить, особенно при сушке неориентированного волокна. В результате средняя часть материала может не просушиваться, а значит, будет иметь влажность выше, чем вершины и комли, что негативно отразится на качестве готового волокна. Поэтому сушильная машина МС-1, по нашему мнению, не сможет высушить волокна лубяных культур, например, волокно льняное короткое и однотипное, пеньку короткую, однотипную и т.п. Считаем, что современным россий-



а



б

Рис. 1. Общий вид опытного образца сушильной машины МС-1:
а – на входе льнотресты; б – на выходе льнотресты

ским предприятиям первичной переработки лубяных культур необходимо иметь универсальные малозатратные сушильные машины, которые должны сушить не только лубяное сырье, но и волокно из них.

К такой технологической схеме относится способ сушки лубяных культур при продувке воздухом навстречу [11], который включает в себя транспортировку слоя стеблей, волокна с одновременной сушкой потоком теплоносителя, поступающим с двух сторон: вдоль стеблей со стороны комлей и вершин навстречу, а также сверху в среднюю часть слоя поперек стеблей и волокна. Отвод теплоносителя выполняется со стороны, противоположной подаче теплоносителя, поперек стеблей или волокна. Предполагается, что такая схема продувки повысит равномерность сушки лубяного сырья перед мяльно-трепальными агрегатами, увеличит скорость продувки теплоносителем и позволит эффективно сушить волокна лубяных культур.

Цель исследований – разработка и сравнительное исследование нового способа сушки льноконоплесырья и волокна из него при продувке агентом сушки одновременно с двух сторон (навстречу).

Материалы и методы исследований

Для достижения поставленной цели необходимо:

- усовершенствовать схему продувки, описанную в работе [11];
- разработать и изготовить усовершенствованную сушильную камеру;
- провести сравнительные исследования разработанной сушильной установки и установки при прямой продувке [3, 9-11] на различном льноконоплесырье и волокне из него;
- проанализировать результаты с точки зрения эффективности того или иного способа сушки.

Для усовершенствования способа продувки [12] была упрощена схема движения агента, т.е. исключена инфракрасная сушка поперек средней части материала и изготовлена новая экспериментальная установка (рис. 2).

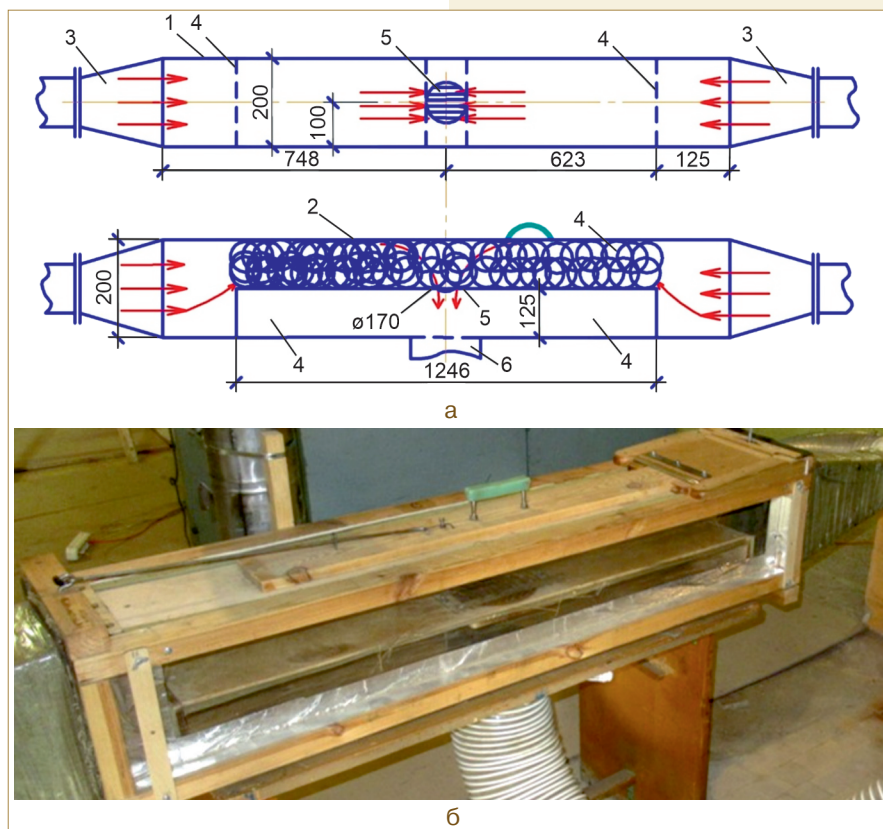


Рис. 2. Схема сушильной камеры при продувке лубяных культур навстречу (а) и ее общий вид (б):

1 – корпус камеры; 2 – крышка камеры с ручкой для загрузки и выгрузки материала; 3 – диффузоры подачи агента сушки в материал; 4 – настил для укладки материала; 5 – отверстие для удаления отработанного воздуха из материала; 6 – отверстие для удаления отработанного воздуха из камеры

Продувка лубяных культур, уложенных в сушильную камеру, осуществляется потоком теплоносителя, поступающим одновременно с двух сторон навстречу (см. рис. 2). Если это стебли, то агент сушки движется вдоль них со стороны комлей и вершин в среднюю часть слоя, а отвод теплоносителя осуществляется со стороны, противоположной подаче теплоносителя, поперек стеблей.

Нагретый воздух, например от теплогенератора, поступает в сушильную камеру 1 сразу с двух сторон в комли и вершины через диффузоры 3 с расходами V_1 и V_2 . Оба потока продувают слой сырья 4, двигаясь навстречу друг другу к середине слоя. Далее два потока воздуха, высушив комли и вершины, направляются для сушки средней части слоя с расходом в 2 раза большим ($V_3 = V_1 + V_2$), чем при высушивании комлевой и вершинной

частей, и удаляются из средней части через отверстия 5 и 6.

Направление одновременно двух потоков нагретого воздуха навстречу относительно стеблей лубяной культуры или волокна, отвод теплоносителя со стороны, противоположной подаче теплоносителя, поперек обеспечит возможность сохранения исходных структурных параметров слоя при увеличении скорости теплоносителя, а значит, быстрое удаление влаги по всей длине стеблей и равномерное ее распределение.

Для проведения сравнительных экспериментов были взяты следующие лубоволокнистые материалы: путанина тресты льна-долгунца, путанина тресты льна масличного, путанина тресты технической конопли. Из лубяных культур указанных видов производят волокно однотипное. Также исследовалось волокно льняное

короткое льна-долгунца и котонин льняной, которые также подвергаются процессу сушки. Первые три образца (путанина) были увлажнены до 35 %, короткое волокно из льна-долгунца – до 30 %, пенька штапелированная – до 50 %, котонин льняной – до 80 %. Такая первоначальная влажность имитирует состояние материала, которое он имеет в технологическом процессе. Котонин льняной увлажнялся двумя способами: опрыскиванием до заданной влажности и замачиванием с последующим отжимом до той же влажности (80 %).

Сушка указанных материалов проводилась двумя способами: при прямой продувке агентом сушки и продувке навстречу. При сушке прямой продувкой использовалась экспериментальная установка [3, 9-11]. Сушка продувкой навстречу проводилась на новой экспериментальной установке (см. рис. 2).

Методика эксперимента в обоих случаях одинаковая. Установка прогревалась в течение 10-15 мин, затем в нее помещался увлажненный материал. Каждую минуту проводилось его взвешивание, а также замерялись температура и скорость агента сушки. Параметры агента сушки при обоих способах продувки материала были следующими: средняя температура – 70 °С; средняя скорость на входе в сушильную камеру – 7 м/с, средний расход – 1500 м³/ч. По полученным данным строились кривые сушки и определялось время сушки и влажности 30-14 %, 25-14 % или др.

Результаты сушки различных лубяных культур и волокон из них в экспериментальных сушильных установках с различными вариантами продувки агентом сушки

Лубяная культура и вид волокна	Вид продувки, режимы сушки	Время сушки при влажности, мин	
		30-14%	25-14%
Путанина тресты льна-долгунца	Прямая продувка	2,3	1,7
	Продувка навстречу	1,7	1,3
	Продувка навстречу	1,1	0,8
Путанина тресты масличного льна	Прямая продувка	2,1	1,5
	Продувка навстречу	1,3	1,1
Путанина тресты технической конопли	Прямая продувка	2,3	1,8
	Продувка навстречу	1,1	0,7
Волокно льна-долгунца короткое	Прямая продувка	–	3,4
	Продувка навстречу	–	1,9
	Продувка навстречу	1,1 (влажность 20-8%)	
Котонин льняной уплотненный	Прямая продувка	Не сохнет	
	Продувка навстречу (опрыскивание)	9 (влажность 80-14%)	
	Продувка навстречу (ручной отжим)	19,6 (влажность 80-14%)	
Пенька штапелированная	Продувка навстречу	2,7 (влажность 50-15 %)	

Треста льна-долгунца в виде целых стеблей не исследовалась, так как в машине МС-1 она высушивалась эффективно, поэтому не было необходимости в ее исследовании.

Результаты исследований и обсуждение

Результаты сравнительных экспериментов, представленные в таблице и на рис. 3-5, показывают, что при сушке путанины лубяных культур сушка навстречу более эффективна и позволяет снизить время процесса

на 0,6-1,2 мин (см. рис. 3). Аналогичный эффект также имеет место на коротком льноволокне льна-долгунца (см. рис. 4), при этом кривая сушки круто идет вниз, что объясняется более интенсивным удалением влаги из материала. Льняной котонин в схеме навстречу высушивается, в отличие от прямой продувки, за 9-19,6 мин (см. таблицу и рис. 5). Такое большое значение можно объяснить высокими начальной влажностью (80 %) и плотностью загрузки, так как материал уплотнен и имеет низкую воздухо-

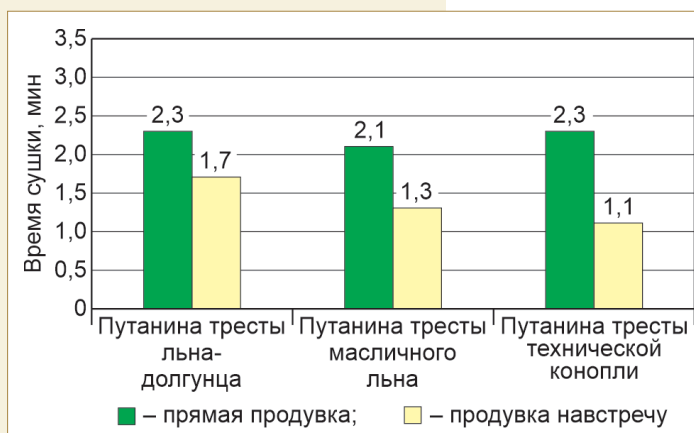


Рис. 3. Время сушки путанины льна и путанины технической конопли при $W = 30-14 \%$

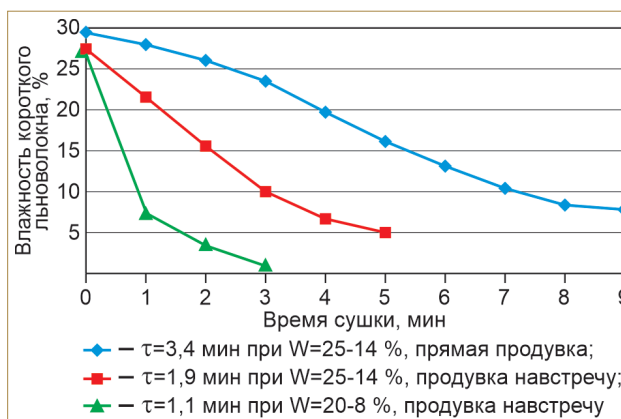
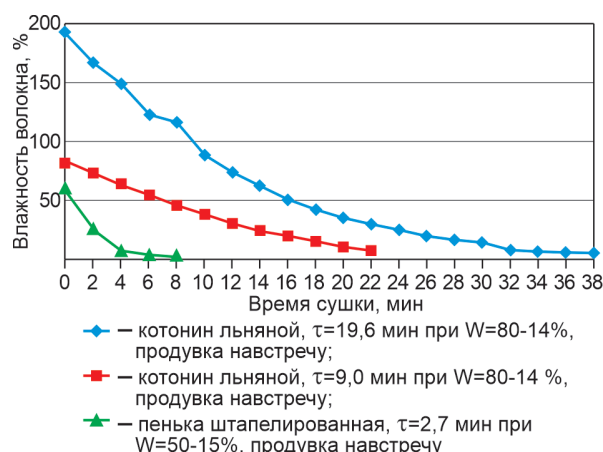


Рис. 4. Кривая сушки волокна льняного короткого из льна-долгунца при прямой продувке и продувке навстречу

Рис. 5.
Кривая сушки
льняного котонина
и пеньки
штапелированной
при прямой
продувке и продувке
навстречу агентом
сушки



проницаемость. Пенька штапелированная при продувке навстречу от влажности 50% до 15% высыхает за 2,7 мин, что является низким значением, при прямой продувке, как и котонин, она не сохнет (см. таблицу).

Анализ экспериментальных данных позволяет сделать вывод, что сушка способом продувки навстречу более эффективна для путанины тресты льна-долгунца, путанины льна масличного, путанины тресты технической конопли и для волокон из них.

Выводы

1. Впервые проведены сравнительные экспериментальные исследования двух энергосберегающих способов конвективной сушки различных лубяных культур и волокон из них.

2. Разработанный новый способ сушки (способ продувки) лубяных культур при движении агента сушки навстречу по сравнению с традиционным прямым продуванием в машине МС-1 высушивает не только тресту льна и конопли, но и волокна из них, является более эффективным, универсальным и в зависимости от вида лубяных культур сокращает время сушки в 1,3-2 раза, что позволяет существенно сократить габаритные размеры машины, а также сэкономить электрическую и тепловую энергию.

3. Перспективность предлагаемого способа сушки лубяных культур дает возможность начать полномасштабные его исследования для разработки энергосберегающей машины нового поколения.

Список

использованных источников

1. Патент № 2535277 Российская Федерация, МПК F 26 В 17/04 С1. Способ сушки лубяного сырья. № 2012152494/12; заявл. 05.12.2012; опубл. 10.12.2014, Бюл. № 34 / Коновалов В.В., Коновалов Р.В., Новиков Э.В. 7 с.: ил.
2. Патент № 2518797 Российская Федерация, МПК F 26 В 17/04 С1. Установка для сушки лубяного сырья. — № 201249304/06; заявл. 19.11.2012; опубл. 10.06.2014, Бюл. № 16 / Коновалов В.В., Коновалов Р.В., Новиков Э.В., Ковалев М.М., Круглий И.И., Безбабченко А.В. 6 с.: ил.
3. Безбабченко А.В., Новиков Э.В., Шевалдин Д.М., Коновалов, В.В. Экспериментальная установка для изучения конвективной и инфракрасной сушки льносырья // Инновационные разработки производства и переработки лубяных культур: матер. Междунар. науч.-практ. конф. Тверь: Твер. гос. ун-т. 2016. С. 270-278.
4. Шушков Р.А., Трушанин А.С., Булатов А.М. Моделирование процесса сушки льнотресты и обоснование рациональных режимов работы перспективной сушильной машины // Известия СПбГАУ. 2020. № 4(61). С. 172-180.
5. Суметов В.А. Сушка и увлажнение лубоволокнистых материалов: учеб. для вузов. М.: Легкая индустрия, 1980. 336 с.
6. Носов А.Г., Киселев Н.В. Определение проницаемости льняной тресты высокой плотности // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2014. № 5 (353). С. 36-39.
7. Васильев Ю.В., Киселев Н.В., Смирнов А.М. Оценка технологической

эффективности нового способа термо-влажностной подготовки льняной тресты // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2011. № 5(334). С. 21-24.

8. Васильев Ю.В. Совершенствование технологии и оборудования для сушки станцевой льняной тресты: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Кострома, 2013. 16 с.

9. Алтухова И.Н., Шевалдин Д.М., Безбабченко А.В. Экспериментальное обоснование режимов работы при конвективно-инфракрасной сушке тресты // Вестник УГСХА. 2019. Вып. 3(47). С. 6-11.

10. Алтухова И.Н., Новиков Э.В., Королева Е.Н., Шевалдин Д.М., Безбабченко А.В. Обоснование параметров конвективно-инфракрасного способа сушки льна масличного для разработки сушильной машины // Вестник Воронежского ГАУ. Том 14. № 2 (69). 2021. С. 19-28.

11. Новиков Э.В., Алтухова И.Н., Королева Е.Н., Шевалдин Д.М., Безбабченко А.В. Обоснование режимов работы конвективно-инфракрасной подсушки технической конопли // Аграрный научный журнал, № 8. 2021. С. 104-109.

12. Патент № 2650234 Российская Федерация, МПК F 26 В 3/06 С1. Способ сушки лубяных культур. № 2017121465; заявл. 19.06.2017; опубл. 11.04.2018, Бюл. № 11 / Новиков Э.В., Безбабченко А.В., Романов В.А. 7 с.: ил.

Comparative Studies of Innovative Method of Convective Drying of Bast Crops

E.V. Novikov, I.N. Altukhova,
E.N. Koroleva,
A.V. Bezbabchenko
(Center for Bast Fiber Crops)

Summary. A scheme of a new universal method of drying bast crops is presented. Experimental installation is described, comparative studies of two energy-saving methods of convective drying on various bast crops are carried out when analyzing the time of the drying process of flax, hemp, short fiber and cottonin trusts.

Keywords: bast crops, fiber, drying chamber, drying time.

УДК: 628.8.631.22.+697.9

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-8-22-26

Результаты экспериментальных исследований температурно-влажностных режимов в неотапливаемых коровниках с аэрацией в зоне умеренного климата

Н.Н. Новиков,

канд. техн. наук,

вед. науч. сотр.,

novikov-vniimzh@yandex.ru

(ИМЖ–филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ);

Н.П. Мишуров,

канд. техн. наук,

первый зам. директора,

mishurov@rosinformagrotech.ru

(ФГБНУ «Росинформагротех»)

Аннотация. Приводятся результаты исследований влияния различных факторов на состояние температурно-влажностных режимов и загазованность (CO_2) в неотапливаемых коровниках на 200–600 голов с аэрацией на действующих фермах. Учитываются конструктивно-технологические параметры обследованных помещений, применяемых систем регулирования микроклимата. Путем сравнения и анализа различных групп данных определены значения рациональных параметров систем микроклимата рассматриваемых объектов.

Ключевые слова: молочные фермы, коровы, системы микроклимата, коровники, аэрация, загазованность.

Постановка проблемы

В настоящее время продолжается модернизация молочных ферм, включающая в себя реконструкцию и строительство новых животноводческих помещений с системами микроклимата аэрационного типа без применения источников обогрева в холодное время года. На сегодняшний день имеется целый спектр устройств и перспективных технических разработок для реализации таких систем, которые находятся в эксплуатации длительное время и показали различную эффективность.

Цель исследований – выявить рациональные конструктивно-технологические решения систем обеспечения микроклимата аэрационного типа, которые являются предпочтительными для использования в зонах умеренного климата, на основе инструментальных измерений температурно-влажностных режимов и загазованности (CO_2)¹ воздуха коровников действующих ферм.

Материалы и методы исследования

При проведении исследований использовали методы теории планирования эксперимента [1], теории вероятностей, математической статистики [2], математического моделирования и идентификации параметров моделей [3, 4]. Измерения выполняли стандартной аппаратурой по методикам ГОСТ [5] и отраслевым [6].

Исследования проводились в холодный, теплый и переходные периоды года в центральном регионе Европейской части России в течение двух лет. Все коровники были неотапливаемыми, воздухообмен в них происходил за счет энергии ветра и гравитационных сил, регулирование микроклимата – путем изменения площади проходных сечений вентиляционных проемов продольных стен, вентиляционного конька, ворот.

Продольные оси коровников ориентированы с севера на юг, направление розы ветров – на северо-восток под углом 45° к продольной оси. В коровниках с беспривязным содержанием животных для уборки навоза

в помещениях на 190, 256 и 500 голов применялись скреперные установки, в помещении на 450 голов – мобильная техника. При исследованиях в теплое время наружная температура воздуха составляла +17–24 °С, относительная влажность – 37–66%, атмосферное давление – 748–750 мм рт. ст., скорость ветра – 0–8 м/с.

Измерение температур и влажности воздуха внутри и снаружи помещений, загазованности внутри, скорости воздушных потоков в вентиляционных каналах выполнялось мобильным автономным комплексом, состоящим из серийных измерительных приборов.

Результаты исследований и обсуждение

Результаты исследований сгруппированы по объектам, данные по которым отличаются незначительно или практически совпадают. В одной группе представлены результаты по реконструированным коровникам на 190 и 256 голов, построенным в середине XX в. по типовым проектам привязного содержания. Помещения представляют собой капитальные бесчердачные здания с хорошей теплоизоляцией (табл. 1) и удельным объемом 50–60 м³ на одну голову. При реконструкции в них смонтированы секционные вентиляционные коньки (рис. 1). В коровниках на 190 голов в теплое время все оконные проемы открыты, на 256 голов – надувные шторы опущены (воздуходувки отключены), вентиляционные каналы коньков и ворота также постоянно открыты.

¹ Далее термин «загазованность» следует понимать как загазованность CO_2 .

Таблица 1. Технические, технологические показатели коровников и данные о животных

Коровник, скотомест	Размеры помещения, м	Отопительная характеристика, Вт/(м³К)	Удельный объем на одну голову, м³	Усредненные данные размещенного поголовья		Масса поголовья в коровнике, ц	Солнечная радиация в теплый период, кВт
				масса, кг	удой за лактацию, кг		
190	76×21×6,2	0,512	42	500	6300	760	14,95
256	108×24×6,2	0,444	51	500	7000	1280	37,24
450	148×32×10,5	0,614	76	400	Сухостойные	1800	47,06
500	132×34×13	0,889	75	500	8500	2500	65,33



а



б



в



г

Рис. 1. Виды коровников:

а – на 190 голов, б – на 256 голов, в – на 450 голов, г – на 500 голов

Другая группа результатов представлена по коровникам на 450 и 500 голов. Помещения вновь построены, в них на одно животное приходится по 80-90 м³. Теплоизоляция помещений этой группы на 30-70% ниже, чем предыдущей, а площади вентиляционных проемов в десятки раз больше (табл. 2).

Графики зависимости относительной влажности φ , %, перепада температур внутри и снаружи $t = t_{\text{в}} - t_{\text{н}}$, °С, загазованности, r , л/м³, в зависимости от удельного воздухообмена представлены на рис. 2.

Температура воздуха во всех обследованных коровниках оставалась выше наружной, незначительно отклоняясь от нее при скорости ветра более 0,5 м/с. Если ветер отсутствовал в течение 0,5 ч и более, т.е. воздухообмен в помещениях определялся сечением каналов конька, то температура в помещении повышалась. В реконструированных коровниках с меньшими сечениями вентиляционных проемов конька повышение температуры составляло 5-7°С.

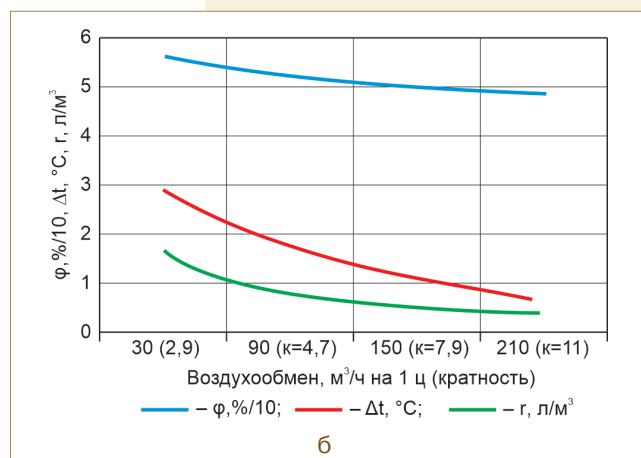
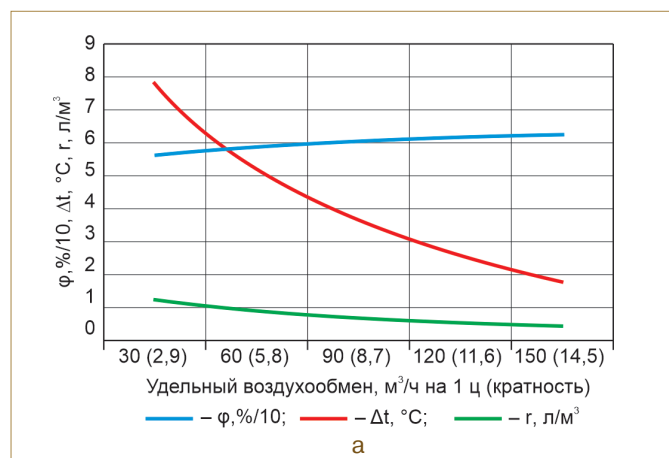


Рис. 2. Графики относительной влажности, перепада температур и загазованности воздуха в коровнике в теплый период: а – на 190 (256); б – на 450 (500) голов

Таблица 2. Характеристика средств, используемых для регулирования микроклимата коровников
(суммирование в графах дано с учетом состава элементов конструкции: продольные, торцевые стены, вентиляционные каналы конька)

Показатели			Коровник, скотоместа			
			190	256	450	500
Площадь вентиля- ционных проемов, м ²	продольных стен	общая	25,2 + 25,2 = 50,4	139 + 139 = 278	300 + 346 = 646	348+310 = 658
		удельная, на одну голову	0,27	1,09	1,4	1,3
	ворот		12 + 12 = 24	13,8 + 13,8 = 27,6	3×11,8+2×9,7= 54,8 3×11,8+2×9,7=54,8	9,7+2×12,6=34,9 9,7+2×12,6=34,9
Система регулирования площади проемов про- дольных стен			Установка окон- ных блоков	Включение воз- духодувки	Перемещение штор	
Свето- вентиля- ционный конек	горловина	ширина, м	1,35	0,5	1,65	1,35
		высота от пола, м	5,5	6	9,6	12,1
	площадь про- ходного сечения вентиляционно- го канала, м ²	общая	32+32=64	17,3 + 17,3=34,6	71+71=142	55+55=110
		удельная, на одну голову	0,34	0,13	0,31	0,22
	число секций		12+12	18	12+12	6+6
Строительный объем помещения коровника, м ³			7980	13154	34330	37590

Во вновь построенных коровниках, где удельные площади вентиляционных проемов конька были в 2-2,4 раза больше, оно оставалось в пределах 3 °С.

Усредненная загазованность воздуха углекислым газом в коровниках зависела в основном от степени заполнения помещений животными и воздухообмена, оставаясь на уровне 0,3-0,5 л/м³. В реконструированных коровниках отмечалась более чем десятикратная неравномерность распределения концентрации в разных зонах при направлении ветра, совпадающем с продольной осью помещения: у наветренных ворот концентрация практически равнялась атмосферной (0,03 л/м³), у подветренных – достигала 1 л/м³. Повышение загазованности в зоне ворот отмечалось и при безветрии в случае, когда конек был на 12 м короче продольного размера помещения. Во вновь построенных коровниках загазованность по зонам помещений отличалась незначительно.

Влажность воздуха внутри обследованных помещений в основном определялась заполнением их поголовьем и оставалась в пределах установленных норм. При влажности наружного воздуха 50-65% она варьировалась в 5-7-кратном диапазоне

изменения воздухообмена всего на 5-8%. В случае, когда влажность воздуха снаружи снижалась до 40%, изменение влажности внутри уже достигало 27% (в том же диапазоне изменения воздухообмена).

Анализ графиков (см. рис. 2) позволяет заключить, что в теплое время года при температурах наружного воздуха не выше +30-35 °С аэрация позволяет создать в коровниках нормативный микроклимат по температуре, влажности и загазованности воздуха в широком диапазоне изменения погодных условий при удельных размерах площадей вентиляционных проемов, отличающихся до 1,5 раз [7]. Удельный воздухообмен во всех обследованных помещениях не опускался ниже 30 м³/ч на 1 ц живой массы коров. Качество микроклимата в коровниках оставалось в пределах норм, сохраняясь неизменно высоким во вновь построенных коровниках, а в реконструированных – несколько понижаясь при определенных сочетаниях внешних условий.

В переходные периоды и холодное время года исследования выполнялись при наружных температурах от +6 до -24 °С, относительной влажности воздуха 52-64%, атмосферном давлении 746-755 мм рт. ст., скорости ветра 0-12 м/с. Результа-

ты исследований представлены на рис. 3. Они получены при переменных значениях площади вентиляционных проемов продольных, торцевых стен и конька коровника, уменьшаемых по мере снижения температуры наружного воздуха. Для этого в коровниках на 190 голов открытые проемы продольных стен постепенно загораживали оконными блоками, на 256 голов – включали воздушные заслонки, увеличивавшие надувные шторы до размера оконных проемов. В коровниках на 450 и 500 голов на определенную высоту поднимали шторы. Во всех коровниках закрывали ворота с калитками и отдельные секции коньков.

При температуре наружного воздуха -12 °С и ниже проемы продольных стен коровников оставались в основном закрытыми, ворота открывали только для пропуска техники. Удельный воздухообмен уменьшался почти до 8 м³/ч на 1 ц живой массы коров, т.е. до значения, которое позволяло поддерживать концентрацию углекислого газа в помещении не выше допустимой зоотехническими нормами. В этом режиме воздухообмен практически не зависел от скорости и направления ветра и определялся главным образом действием гравитационных сил, числом открытых секций конька, размерами щелей.

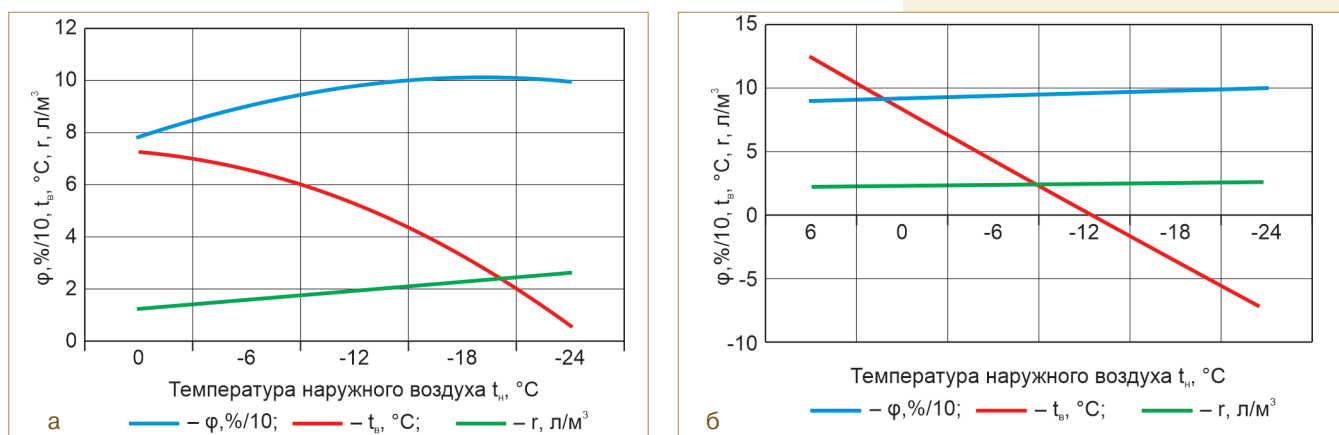


Рис. 3. Графики относительной влажности, загазованности и температуры воздуха в коровнике в зависимости от наружной температуры: а – на 190 (256) голов; б – на 450 (500) голов

На графиках (см. рис. 3) представлены сглаженные кривые температуры воздуха, его влажности и загазованности внутри от температуры окружающего воздуха с учетом действий персонала фермы. Графики показывают отличия в значениях и характере зависимостей исследуемых параметров в обследованных помещениях. При температуре воздуха снаружи до $-12\text{ }^\circ\text{C}$ в реконструированных коровниках условия воздушной среды удается поддерживать близкими к рекомендуемому, а плюсовые температуры сохранять до морозов $-24\text{ }^\circ\text{C}$ [8, 9]. В новых коровниках указанные условия внутри помещений наблюдались, когда снаружи было почти в 2 раза теплее.

Во всех обследованных коровниках при морозах была высокая влажность воздуха, а при температурах снаружи $-9\text{--}15\text{ }^\circ\text{C}$ и ниже появлялась сырость и даже туман. В новых коровниках при морозах ниже $-15\text{ }^\circ\text{C}$ замерзал навоз, прекращалась уборка помещения, при $-24\text{ }^\circ\text{C}$ были случаи замерзания воды в подогреваемых поилках, внутри помещений наблюдался густой туман.

Загазованность помещений при температурах снаружи до $-10\text{--}12\text{ }^\circ\text{C}$ изменялась в пределах $1\text{--}2,5\text{ л/м}^3$, а при дальнейшем снижении температуры находилась на уровне предельно допустимой – $2,5\text{ л/м}^3$.

Установлено, что во вновь построенных коровниках качество микроклимата в теплое время года выше, чем в реконструированных, а в холодное –

наоборот. Поэтому, повышая теплоизоляционные свойства ограждений и уменьшая удельную площадь вентиляционных проемов продольных стен коровников при новом строительстве, а также увеличивая размеры конька, удельную площадь его вентиляционных проемов, изыскивая пути интенсификации воздухообмена реконструируемых коровников, можно улучшить основные параметры микроклимата всех обследованных объектов.

На основании анализа конструктивных данных обследованных помещений и результатов проведенных исследований получены значения параметров, позволяющих улучшить микроклимат коровников, которые могут быть использованы при проектировании новых и реконструкции уже существующих объектов в зоне умеренного климата:

- для вновь строящихся коровников: высота по коньку – $9\text{--}10\text{ м}$, удельный объем помещения – $70\text{--}75\text{ м}^3$ на одну голову, удельная площадь вентиляционных проемов продольных стен – $0,95\text{--}1\text{ м}^2$ на одну голову, удельная площадь вентиляционных каналов конька – $0,2\text{ м}^2$ на одну голову, приведенное термическое сопротивление теплопередаче ограждений (без кровли) – $2,1\text{--}2,73\text{ (м}^2\text{K)/Вт}$; двойные шторы для проемов продольных стен;

- для реконструируемых коровников: удельный объем помещения – $50\text{--}55\text{ м}^3$ на одну голову, удельная площадь вентиляционных каналов

конька – $0,2\text{ м}^2$ на одну голову, крышные вентиляторы с реверсивным электроприводом по торцам конька, подъемные окна для заполнений проемов продольных стен.

Приведенные рекомендованные значения параметров реализованы в новом коровнике. Высота по коньку составляет 10 м , ограждения выполнены из сэндвич-панелей толщиной 120 мм , проемы продольных стен – размером $0,95\text{ м}^2$ на одну голову снабжены двойными подъемными шторами. Ширина горловины вентиляционного конька – $1,35\text{ м}$, удельная площадь его вентиляционного канала – $0,2\text{ м}^2$ на одну голову. Улучшению температурно-влажностного режима в помещении зимой способствует содержание животных на глубокой подстилке. В таком коровнике сохраняется высокое качество микроклимата в теплое время года, а в холода температура воздуха в нем почти в 2 раза выше, чем в приведенных ранее коровниках нового строительства (рис. 4).

В коровниках зоны умеренного климата в холодное время года рекомендуется также применение различных энергоэффективных технологий: содержание животных на глубокой подстилке, рекуперация теплоты удаляемого вентиляционного воздуха [10] и др.

Выводы

1. В результате проведенных исследований было выявлено, что в холодное время года с точки зрения



а



б



в

Рис. 4. Конструктивно-технологическое решение коровника для зоны умеренного климата Европейской части Российской Федерации:

а, б – вид снаружи; в – вид изнутри

обеспечения нормативного микроклимата, условий работы персонала, нормального функционирования технологических процессов параметры помещений и конструктивные решения реконструированных коровников и систем регулирования воздухообмена более эффективны.

2. Улучшить основные параметры микроклимата всех обследованных коровников можно путем повышения теплоизоляционных свойств ограждений и уменьшения удельной площади вентиляционных проемов продольных стен коровников при новом строительстве, а также увеличением размеров конька и удельной площади его вентиляционных проемов, изыскивая возможности интенсификации воздухообмена реконструируемых объектов.

3. На основании анализа конструктивных данных обследованных помещений и результатов проведенных исследований получены значения параметров, позволяющих улучшить их микроклимат, которые могут быть использованы при проектировании новых и реконструкции уже существующих коровников в зоне умеренного климата.

Список

использованных источников

1. Сидняев Н.И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных. М.: Юрайт, 2020. 495 с.
2. Пугачев В.С. Теория вероятности и математическая статистика. М.: Физматлит, 2002. 496 с.

3. Жолен Р., Кифер М., Дидри О., Вальтер Э. Прикладной интервальный анализ. М.: Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2005. 468 с. [Электронный ресурс]. URL: //http://www.nsc.ru/interval/Library/AplBooks/AplIntAnal.pdf (дата обращения: 11.01.2022).

4. Новиков Н.Н. Моделирование и расчет систем микроклимата животноводческих помещений. М.: ФГУП «Типография Россельхозакадемии», 2013. 60 с.

5. ГОСТ Р ИСО 1600-26-2015. Воздух замкнутых помещений. Часть 26. Отбор проб при определении содержания диоксида углерода (CO₂). М.: Стандартинформ, 2016. 17 с.

6. СТО АИСТ 1.14-2012 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины для животноводства и кормопроизводства. Показатели назначения и надежности. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. 44 с.

7. Иванов Ю.Г., Борулько В.Г., Понизовский Д.А. Влияние параметров принудительной вентиляции на физиологические показатели коров при высоких значениях температуры и влажности воздуха в помещении// Вестник ВНИИМЖ. 2015. № 4. С. 192-194.

8. Milan Večeřa, Daniel Falta, Radek Filipčík, Gustav Chlábek and Francois Lategan. The Effect of Low and High Cowshed Temperatures on the Behaviour and Milk Performance of Czech Fleckvieh Cows. Ann. Anim. Sci., Vol. 16, № 4 (2016): 1153-1161.

9. Könyves T., Zlatković N., Memiši N. et al. Relationship of temperature-humidity

index with milk production and feed intake of holstein-frisian cows in different year seasons. Thai J Vet Med. 2017; (47): 15-23.

10. Vyacheslav Chernov, Ildar Gabitov. Technical equipment of farms for comfortable cow keeping in winter conditions. Bulgarian Journal of Agricultural Science 2019; 25(Suppl.2): 45-53.

Results of Experimental Studies of Temperature and Humidity Conditions in Unheated Barns with Aeration in the Temperate Climate Zone

N.N. Novikov

(Institute of Livestock Mechanization - VIM)

N.P. Mishurov

(Rosinformagrotekh)

Summary. The results of studies of the influence of various factors on the state of temperature and humidity conditions and gas content (CO₂) in unheated barns for 200-600 heads with aeration on existing farms are presented. The design and technological parameters of the examined premises, the used microclimate control systems are taken into account. By comparing and analyzing different groups of data, the values of rational parameters of the microclimate systems of the considered objects were determined.

Keywords: dairy farms, cows, microclimate systems, cowsheds, aeration, gas content.

КормВет **Экспо 2022**

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

25 - 27 октября

г. Москва, МВЦ Крокус ЭКСПО, павильон 2



Уважаемые коллеги!

Приглашаем Вас на выставку «КормВет», которая создана специально для профессионалов в области животноводства и птицеводства.

Ведущие производители и поставщики ветеринарных препаратов и инструментария, кормов и кормовых добавок, промышленного и лабораторного оборудования представят у нас свою продукцию и инновационные решения в условиях современных реалий.

Уверены, что наша выставка придаст новый импульс развитию вашего бизнеса!

Директор выставки «КормВет»
Соколова Татьяна Геннадиевна



ВЕТЕРИНАРНЫЕ ПРЕПАРАТЫ



КОРМА



КОРМОВЫЕ ДОБАВКИ



ОБОРУДОВАНИЕ



feedvet-expo.ru



ПРОВОДИТСЯ ПОД ПАТРОНАТОМ НАЦИОНАЛЬНОГО КОРМОВОГО СОЮЗА

**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**

УДК 621.7.024

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-8-28-30

Влияние продолжительности струйной мойки на степень очистки деталей

И.В. Фадеев,

д-р техн. наук, доц.,
зав. кафедрой,
ivan-fadeev-2012@mail.ru
(ФГБОУ ВО «ЧГПУ им. И.Я. Яковлева»);

И.А. Успенский,

д-р техн. наук, проф.,
зав. кафедрой,
ivan.uspensckij@yandex.ru

В.П. Воронов,

соискатель,

В.В. Зюба,

соискатель,

Н.И. Хайлов,

соискатель,
(ФГБОУ ВО «РГАТУ им. П.А. Костычева»)

И.К. Данилов,

д-р техн. наук, доц., проф.,
danilov-ik@rudn.ru
(ФГАОУ ВО РУДН)

Аннотация. Изучено влияние продолжительности процесса мойки на степень очистки деталей автотракторной техники при струйной мойке. Экспериментально доказано, что увеличение продолжительности мойки до 5 мин повышает степень очистки до 83,35%. Дальнейшее ее увеличение к существенному улучшению не приводит.

Ключевые слова: автотракторная техника, мойка деталей агрегатов, струйная мойка, продолжительность мойки, степень очистки.

Постановка проблемы

Эффективность процессов очистки и мойки деталей агрегатов решающим образом влияет на качество ремонта, производительность труда, межремонтный ресурс, санитарно-гигиенические условия труда в ремонтном производстве сельскохозяйственных предприятий [1-3]. В связи с этим в технологические процессы ремонта и обслуживания автотракторной техники включены очистные и моечные работы, без которых точ-

ное определение состояния рабочих поверхностей деталей, их остаточных размеров, обнаружение скрытых неисправностей и погрешностей при дефектовке невозможно, так как этому мешает наличие на поверхности деталей различных загрязнений [4-6].

Из общей трудоемкости капитального ремонта агрегатов автотракторной техники на долю очистных и моечных работ приходится около 10% [7-9], на них затрачиваются значительные средства, что связано с приобретением синтетических моющих средств (СМС), расходом воды, электроэнергии на привод моечной машины, подогрев и поддержание рабочей температуры раствора, его утилизацию и др. [10-12]. Изложенное позволяет утверждать, что исследование, приведенные в настоящей работе, актуальны и востребованы.

Цель исследования – изучить и проанализировать влияние продолжительности струйной мойки на степень очистки поверхностей деталей агрегатов автотракторной техники и определить рациональную продолжительность мойки.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являлся технологический процесс удаления загрязнений с поверхностей деталей под воздействием струи моющего раствора, предметом исследования – степень очистки поверхностей деталей от загрязнений.

Научной новизной работы является впервые полученное математическое описание влияния продолжительности струйной мойки на степень очистки поверхностей деталей от загрязнений.

Практическая значимость работы заключается в том, что в ней экспери-

ментально определена рациональная продолжительность мойки деталей, равная 5 мин.

Для уточнения влияния продолжительности на качество мойки деталей определяли степень очистки (%) образцов от загрязнений в моечной установке со струйным воздействием моющего раствора на загрязнения при продолжительности мойки образцов 1, 2, 3, 4, 5, 6 мин. В качестве моющего раствора использовали 7%-ный водный раствор Темп-100 с добавкой тетрабората аммония (ТБА) концентрацией 5 г/л, разработанный в РГАТУ им. П.А. Костычева в 2021 г. [2]. На опытные образцы – шлифованные с одной стороны пластины размерами 30×100×2 (мм) из стали 40Х наносили искусственное загрязнение – смесь отработанного дизельного (моторного) масла и смолистого отложения из центрифуги в соотношении 2:1. Выбор материала образца обоснован тем, что многие детали двигателей автотракторной техники изготовлены из аналогичной стали [2].

Условия эксперимента были следующими:

- температура раствора 85-90°C;
- число образцов в вариантах эксперимента – 5. Для размещения в моечной установке их собирали в пакеты с использованием специальных кронштейнов. При этом загрязнение наносили только с одной стороны образца, так как при двустороннем нанесении взвешивание образца на весах ВЛА-200Г-М затруднено и возможно появление ошибок при определении массы нанесенного загрязнения.

Методика подготовки образцов к экспериментам и проведения экспериментов по исследованию влияния продолжительности мойки на степень очистки образцов от загрязнения описана в работах [13-15].

Изменение степени очистки образцов в зависимости от продолжительности мойки со струйным воздействием моющего раствора температурой 85-90°C на загрязнения (форма таблицы из работы [1])

Продолжи- тельность мойки, x, мин	Номер образ- ца	Масса, г					Степень очистки, y, %	
		образца		загрязнения	образца по- сле экспери- мента, M ₂	загрязнения после эксперимента, ΔM ₂ = M ₂ -M ₀	каждого образца	средняя по вариантам
		с загрязнением M ₁	ΔM ₁ = M ₁ -M ₀					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	45,5841	49,2422	3,6581	48,8669	3,2828	10,26	11,51
	2	45,5484	48,7629	3,2145	48,3849	2,8365	11,76	
	3	45,4157	48,6800	3,2643	48,3150	2,8993	11,18	
	4	46,8124	50,3342	3,5218	49,8577	3,0453	13,53	
	5	46,7231	50,1216	3,3985	49,7529	3,0298	10,85	
2	6	46,5221	50,7265	4,2044	49,6115	3,0894	26,52	27,13
	7	46,2254	50,4405	4,2151	49,3134	3,0880	26,74	
	8	45,5467	50,6740	4,1273	48,5712	3,0245	26,72	
	9	45,7426	49,9011	4,1585	48,7010	2,9584	28,86	
	10	46,8251	50,9672	4,1421	49,8571	3,0320	26,80	
3	11	46,624	50,4626	3,8385	48,3119	1,6878	56,03	56,15
	12	45,5114	49,4237	3,9123	47,1377	1,6263	58,43	
	13	46,4254	49,6569	3,2315	47,8747	1,4493	55,15	
	14	46,4089	49,7077	3,2988	47,8911	1,4822	55,07	
	15	45,5128	49,0250	3,5122	47,0557	1,5429	56,07	
4	16	45,7327	49,6305	3,8978	46,6877	0,9550	75,50	75,34
	17	46,7455	49,9971	3,2516	47,6309	0,8854	72,77	
	18	45,1517	48,3038	3,1521	45,9032	0,7515	76,16	
	19	45,4752	49,7163	4,2411	46,4693	0,9941	76,56	
	20	45,4572	49,3323	3,8751	46,4023	0,9451	75,70	
5	21	45,2551	48,4013	3,1462	45,8180	0,5629	82,11	83,35
	22	46,2434	49,4589	3,2155	46,7646	0,5212	83,79	
	23	45,5588	49,4341	3,8753	46,1672	0,6084	84,30	
	24	46,2145	49,4402	3,2257	46,7748	0,5603	82,63	
	25	45,7254	49,5785	3,8531	46,3438	0,6184	83,95	
6	26	46,1942	49,7703	3,5761	46,7148	0,5206	85,44	84
	27	46,1981	50,4225	4,2244	46,8233	0,6252	85,20	
	28	45,3254	49,4406	4,1152	46,0344	0,7090	82,77	
	29	45,5917	48,9874	3,3957	46,1601	0,5684	83,26	
	30	46,3652	50,3563	3,9911	47,0309	0,6657	83,32	

Степень очистки определяли весовым методом, который основывается на определении смываемости (%) загрязнений с поверхности детали [16-18]:

$$C = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100\%,$$

где M_1 – масса образца до мойки (с модельным загрязнением), г;

M_2 – масса образца после мойки, г.

Результаты исследований и обсуждение

Результаты лабораторных исследований по определению степени очистки образцов от загрязнений при

различной продолжительности мойки отражены в таблице.

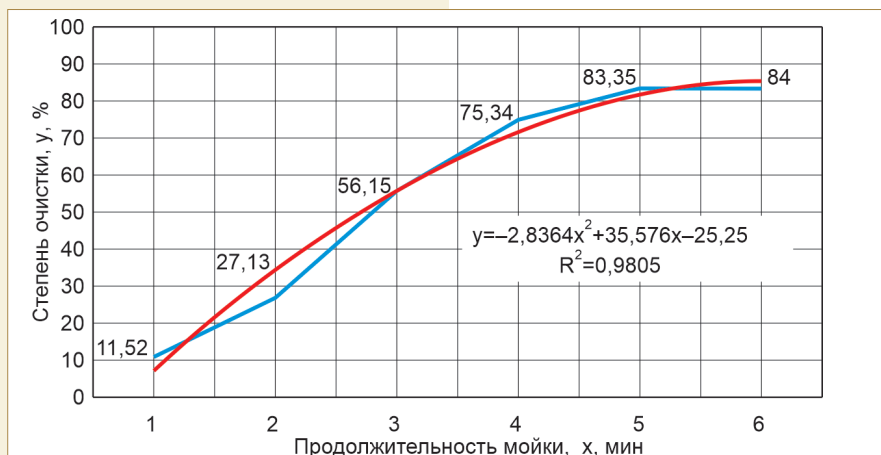
Изменение степени очистки образцов от загрязнения в зависимости от продолжительности струйной мойки при температуре раствора 85-90 °C в виде графика представлено на рисунке.

По значению коэффициента достоверности ($R^2 = 0,9805$) определили полиномиальный характер связи между степенью очистки образцов от загрязнения и продолжительностью струйной мойки при температуре раствора 85-90 °C. Из рисунка следует, что с ростом продолжительности мойки до 5 мин степень очистки образцов

заметно повышается. Дальнейшее увеличение продолжительности мойки повышает степень очистки незначительно, что подтверждает вывод: такая продолжительность мойки является рациональной.

Получено математическое описание влияния продолжительности струйной мойки на степень очистки поверхностей деталей от загрязнений, с помощью которого можно проверить правильность определения рациональной продолжительности мойки экспериментальным путем.

Из условия 83,35%-ной очистки деталей рациональная продолжительность мойки составит



Изменение степени очистки образцов от загрязнения в зависимости от продолжительности струйной мойки при температуре раствора 85-90 °С

$$y = -2,8364x^2 + 35,576x - 25,25;$$

$$83,35 = -2,8364x^2 + 35,576x - 25,25;$$

$$x_{\text{рац.}} = 5,27 \text{ мин} \approx 5 \text{ мин.}$$

Расчетное значение рациональной продолжительности струйной мойки составляет 5 мин.

Выводы

1. Экспериментальным и расчетным путем с использованием полученного математического описания влияния продолжительности струйной мойки на степень очистки поверхностей деталей от загрязнений определена рациональная продолжительность их мойки при ремонте агрегатов автотракторной техники, равная 5 мин.
2. Значения рациональной продолжительности мойки, определенные экспериментальным и расчетным путем, коррелируют друг с другом, что подтверждает правильность ее определения.

Список использованных источников

1. **Фадеев И.В.** Повышение эффективности технологического процесса мойки при ремонте автомобилей в сельском хозяйстве: дис. ...д-ра техн. наук: 05.20.03 / Фадеев Иван Васильевич. Рязань, 2019. 395 с.
2. **Митрохина Е.В.** Совершенствование технологического процесса мойки деталей при ремонте техники в сельском хозяйстве: дис. ...канд. техн. наук: 05.20.03 / Митрохина Екатерина Владимировна. Рязань, 2021. 128 с.
3. **Козлов Ю.С.** Очистка автомобилей при ремонте. М.: Транспорт, 1975. 216 с.
4. **Черноиванов В.И.** Очистка и мойка машин и оборудования [Текст] / В.И. Чер-

ноиванов, В.Н. Лосев, А.Л. Быстрицкая. М.: ГОСНИТИ, 1998. 99 с.

5. **Малышев А.В.** Контроль загрязнений в современных системах машин // С.-х. техника: обслуживание и ремонт. 2014. № 3. С. 49-52.

6. **Фадеев И.В.** Новые моющие средства для узлов и агрегатов автотранспортных средств / И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов // Автотранспортное предприятие. 2014. № 6. С. 54-56.

7. **Тельнов А.Ф.** Моющие средства, их использование в машиностроении и регенерация [Текст] / А.Ф. Тельнов, Ю.С. Козлов, О.К. Кузнецов, И.А. Тулаев. М.: Машиностроение, 1993. 202 с.

8. **Фадеев И.В.** Моющие и противокоррозионные свойства синтетических моющих средств для узлов и деталей в присутствии некоторых боратов / И.В. Фадеев, А.Н. Ременцов, Ш.В. Садетдинов // Грузовик. 2017. № 1. С. 17-20.

9. **Тойгамбаев С.К.** Совершенствование процессов очистки деталей от загрязнений при ремонте машин // Актуальные проблемы современной науки. 2016. № 3 (88). С. 217-221.

10. **Фадеев И.В.** Дипинакноборатные добавки в растворы для мойки деталей автотракторной техники / И.В. Фадеев, И.А. Успенский, Д.А. Пестряев, Ш.В. Садетдинов, И.А. Юхин // Техника и оборудование для села. 2021. № 5 (287). С. 37-40.

11. **Бышов Н.В.** Повышение противокоррозионных свойств растворов синтетических моющих средств для мойки деталей [Текст] / Н.В. Бышов, И.В. Фадеев, Г.А. Александрова, Ш.В. Садетдинов // Известия Международной академии аграрного образования. 2019. № 45. С. 20-24.

12. **Лебединский К.В.** Ресурсосберегающий метод очистки машиностроительной продукции от углеводородсодержащих производственных загрязнений / К.В. Лебединский, Н.Е. Курносов // Экологические проблемы современности. Пенза. 2011. С. 61-65.

13. **Фадеев И.В.** Влияние моноборатов лития, натрия, калия на моющие и противокоррозионные свойства синтетических моющих средств [Текст] / И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов // Приволжский науч. жур. 2015. № 2. С. 86-90.

14. **Быков В.В.** Повышение эффективности мойки деталей при ремонте автомобилей / В.В. Быков, Б.П. Загородских, Ш.В. Садетдинов, В.М. Юдин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1(53). С. 358-363.

15. **Бышов Н.В.** К вопросу улучшения свойств синтетических моющих средств для мойки деталей мобильной техники / Н.В. Бышов, И.В. Фадеев // Наука, производство, образование: состояние и направления развития: сб. науч. тр. по матер. Всерос. науч.-практ. конф. Чебоксары: ЧГПУ им. И.Я. Яковлева, 2019. С. 23-29.

16. **Быков В.В.** Влияние температуры растворов синтетических моющих средств на их моющую способность / В.В. Быков, Б.П. Загородских, А.Н. Ременцов, В.М. Юдин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1(53). С. 249-255.

17. **Бышов Н.В.** Изменение контактных углов смачивания при добавлении в моющие растворы поверхностно-активных веществ / Н.В. Бышов, И.А. Успенский, В.В. Алексеев, И.В. Фадеев // Инженерные технологии и системы. 2019. № 1. С. 249-255.

18. **Фадеев И.В.** Определение оптимальной продолжительности процесса мойки деталей в растворе синтетического моющего средства / И.В. Фадеев, И.А. Успенский, Е.В. Митрохина, С.Н. Кулик // Техника и оборудование для села. 2021. № 8 (278). С. 42-44.

Influence of the Duration of the Jet Wash on the Degree of Parts Cleaning

I.V. Fadeev

(Chuvash State Pedagogical University named after I. Ya. Yakovlev)

I.A. Uspenskiy, V.P. Voronov, V.V. Zyuba, N.I. Khaylov

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

I.K. Danilov

(RUDN University)

Summary. The influence of the washing process duration on the degree of cleaning of automotive equipment parts during jet washing has been studied. It has been experimentally proven that increasing the washing time to 5 minutes increases the degree of purification to 83.35 %. Its further increase does not lead to significant improvement.

Keywords: autotractor equipment, washing of machine parts, jet washing, washing duration, degree of cleaning.

УДК 631.3 – 721

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-8-31-34

Исследование влияния металлоплакирующей присадки на эксплуатационные характеристики силовых установок машин

А.Ф. Наджи Наджм,

канд. техн. наук,
njem.abd12@yahoo.com

(Республика Ирак,

Министерство сельскохозяйственной/
государственной компании по сельскохозяйственным поставкам
(SCAS State Company for the Agricultural Supplies);

А.А. Волков,

канд. техн. наук,
преподаватель,
volkov@rgau-msha.ru

А.М. Пикина,

аспирант,
lapsar.anna2013@yandex.ru

С. М. Ветрова,

магистр
(ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева);

И.Г. Голубев,

д-р техн. наук,
проф., зав. отд., гл. науч. сотр.,
golubev@rosinformagrotech.ru
(ФГБНУ «Росинформагротех»)

Аннотация. Рассмотрены вопросы создания смазочной композиции, являющейся внутренней комплексной солью и обладающей антикоррозионными свойствами наряду с термоокислительной стабильностью. Исследованы антифрикционные и противоизносные свойства присадки, установлено уменьшение износа деталей в узлах трения в 3,2-7,5 раз в диапазоне нормальной силы 73, 15-115, 15 кгс.

Ключевые слова: металлоплакирующая присадка, моторное масло, узлы трения, трибологические испытания, эксплуатационные испытания.

Постановка проблемы

Интенсивное изнашивание подвижных сопряжений в узлах трения является проблемой, от решения которой зависит эффективное использование тракторов, автомобилей и комбайнов. Эксплуатационные расходы, затраты на техническое обслуживание, ремонт и запасные части значительно снижаются при повышении качества применяемых смазочных материалов [1].

При работе двигателя уменьшается количество моторного масла, ухудшаются его свойства в результате загрязнения механическими примесями, в том числе

продуктами износа, окисления вследствие химической нестабильности и растворения в нем топлива, а также срабатывания комплекса присадок [2-6].

В настоящее время наиболее эффективной защитой деталей от износа является избирательный перенос металлов при трении (эффект безызносности), открытый Д.Н. Гаркуновым и И.В. Крагельским при трении меди и медьсодержащих сплавов о сталь [6]. В качестве источника меди для формирования покрытий на стальных или чугунных деталях предлагаются различные металлоплакирующие присадки (МПП). Необходимо, чтобы МПП обладала высокими противоизносными и антифрикционными свойствами, а также не ухудшала физико-химические свойства базового масла и эксплуатационные характеристики силовой установки [1, 7-10].

Авторами разработана и синтезирована медьсодержащая смазочная композиция, представляющая собой неионогенное ПАВ. Проведена оптимизация состава МПП на основе результатов трибологических испытаний. Установлено, что термоокислительная стабильность и антикоррозионные свойства смазочной композиции не ниже, чем у базового масла.

Цель исследований – оценить фрикционно-износные свойства смазочной композиции и ее влияние на эксплуатационные характеристики силовой установки.

Материалы и методы исследования

В качестве смазочной композиции использовались моторное масло Лукойл Genesis 5W-30 и металлоплакирующая присадка. Базовое моторное масло применялось как контрольный образец.

Метод оценки трибологических свойств смазывающих масел и присадок к ним заключается в использовании роликовых испытательных установок, предусматривающих синхронное измерение скорости изнашивания и момента сил трения в течение всего опыта без разъединения зоны трения.

Зона трения (испытательный контакт) образована циклическими поверхностями ролика из стали 45 HRC50 с $R = 35 \pm 0,1$ мм и колодки, прошедшей гомогенизацию с $R = 35 \pm 0,1$ мм и размерами (в плане) 2,01 мм (вдоль скольжения) и 7,27 мм (поперек скольжения), площадь зоны трения $S = 0,1461$ см². Ряд нормальных сил (P): 73, 15; 94, 15; 115, 15 кгс определен экспериментально из условия гарантированного отсутствия признаков заедания.

Частота вращения вала 100 мин^{-1} (линейная скорость – $0,37 \text{ м/с}$) выбирается экспериментально из условия гарантированного отсутствия гидродинамического режима смазки, т.е. левее значения частоты вращения ролика, соответствующего $M_{mp.min}$ на экспериментальной зависимости Штрибека. В отдельных опытах испытания проводили при $n = 50$ и 150 мин^{-1} , при этом также удовлетворялось условие отсутствия полного разделения трущихся поверхностей сплошной гидродинамической смазочной пленкой. Температура в конце опыта устанавливалась синхронно со скоростью изнашивания ($V_{изн}$).

Определение влияния МПП на характеристики двигателя транспортного средства проводили на моторном динамометрическом стенде с использованием двигателя ВАЗ. Применяли товарный бензин АИ-95-К5. Последовательность и режимы цикла испытаний представлены в табл. 1.

Исследования состояли из трех этапов:

1. Испытания двигателя без антифрикционной присадки. Нарботка двигателя в объеме 10 циклов (цикл испытаний представлен в табл. 1);

2. Замена масла на новое, добавление антифрикционной присадки. Нарботка двигателя в объеме 48 циклов (50 ч);

3. Нарботка двигателя в объеме 96 циклов (100 ч).

Оценку влияния присадки на показатели двигателя проводили с использованием следующих параметров:

● приведенный крутящий момент (M_k), Н·м;

● приведенная мощность двигателя (N_e), кВт;

● расход топлива (G_T), кг/ч;

● средний эффективный расход топлива за цикл рассчитывается по формуле

$$g_{цикл} = \frac{G_T}{W_{act}},$$

где W_{act} – фактическая работа за цикл;

● удельный эффективный расход топлива, (g_e), определенный как среднее арифметическое расходов $g_{цикл}$ за каждый цикл испытаний, г/кВт·ч;

● концентрации вредных веществ в отработавших газах (CO , HC , NO_x , CO_2), приведенные к нормальным условиям по влажности и температуре окружающего воздуха, (C_{wetx}), измеренные на контрольных режимах цикла.

Таблица 1. Цикл и режимы испытания двигателя

	Время на режиме, мин	Частота вращения коленчатого вала, мин^{-1}	Крутящий момент, Н·м
1	4	750 – холостой ход	0
2	11	2800	60
3	11	4200	90
4	4	5000	Max
5	4	750 – холостой ход	0
6	11	5000	90
7	11	3800	Max
8	4	750 – холостой ход	0
Итого 60			

Для исключения влияния случайного характера измеренных параметров через каждые шесть циклов по результатам измерений определяются статистические оценочные показатели двигателя:

● среднее значение эффективного расхода топлива за шесть циклов;

● среднеквадратичное отклонение эффективного расхода топлива за цикл;

● среднее значение концентраций оксида углерода (CO), углеводородов (CH) и оксидов азота (NO_x) в отработанных газах за 6 циклов;

● среднеквадратичные отклонения концентраций оксида углерода (CO), углеводородов (CH) и оксидов азота (NO_x) в отработанных газах за цикл.

Результаты исследований и обсуждение

Результаты эксперимента показали значительное влияние металлоплакирующей присадки на интенсивность износа в диапазоне нормальной силы $73,15$ – $115,15 \text{ кгс}$ при различных температурах, причем износ не увеличивается при увеличении нормальной нагрузки, что нельзя сказать о контрольном образце. Максимальное значение уменьшения износа за счет применения МПП – $7,5$ раз. Результаты трибологических испытаний представлены на рис. 1.

Влияние МПП на показатели двигателя после наработки 5 , 50 , 100 ч можно оценить по данным, приведенным в табл. 2-4 и на рис. 2, 3.

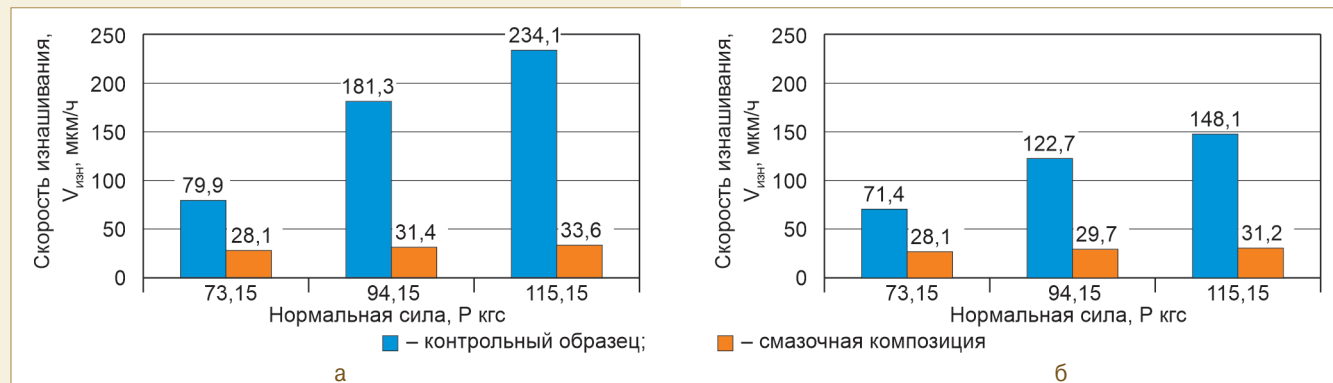


Рис. 1. Зависимость скорости изнашивания колодки от величины нормальной силы при температуре смазочной среды $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (а) и $105 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (б)

Таблица 2. Изменение показателей двигателя при работе с полностью открытым дросселем на внешней скоростной характеристике

Продолжительность испытаний	M_k , Н·м (4200 мин ⁻¹)	N_e , кВт (5800 мин ⁻¹)	G_t , кг/ч	g_e , г/кВт·ч
До испытаний присадки	148,5	77,6	22,72	304,6
После 5 ч	147,9	78	22,70	302
50 ч	148,5	78,2	22,50	298
100 ч	149	78,8	22	295

Таблица 3. Замер компрессии на протяжении испытаний

Время, ч	Компрессия в цилиндре, кг/см ²			
	первом	втором	третьем	четвертом
Без присадки	15,8	15,3	15,5	15,5
0	15,7	15,5	15,5	15,5
50	16,3	15,8	15,7	15,7
100	15,9	15,8	15,8	15,7

Таблица 4. Изменение содержания CO, CH, NO_x в отработавших газах на режиме $n = 5000 \text{ мин}^{-1}$ и $M_k = 60 \text{ Н·м}$ при испытаниях

Время, ч	Без присадки	После 5 ч	После 50 ч	После 100 ч
Концентрации после нейтрализатора				
CO, %	$0,825 \pm 0,120$	$0,865 \pm 0,120$	$0,876 \pm 0,120$	$0,915 \pm 0,120$
CH, млн ⁻¹	471 ± 30	470 ± 30	480 ± 30	490 ± 30
NO _x , млн ⁻¹	300 ± 15	280 ± 15	281 ± 15	286 ± 15

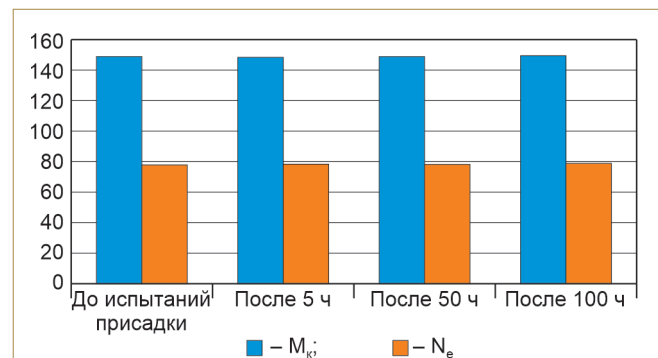


Рис. 2. Диаграмма изменения мощности и крутящего момента двигателя

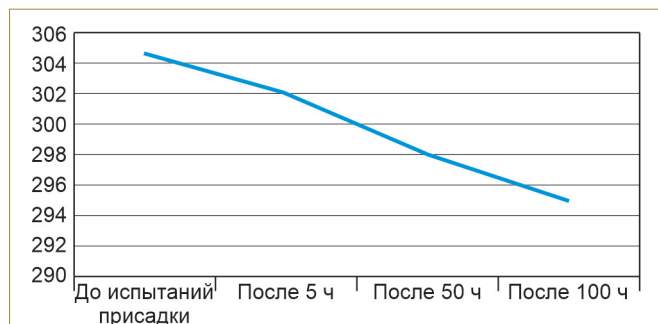


Рис. 3. Удельный расход топлива (g_e)

Крутящий момент (M_k) после добавления присадки в среднем увеличился на 0,33%, мощность (N_e) – на 1,5%, удельный расход топлива (g_e) снизился на 3,15 %. Наблюдается повышение компрессии во всех цилиндрах в среднем на 0,275 кг/см², что составляет 1,8%. Выбросы вредных веществ в отработавших газах двигателя за период испытаний изменились незначительно: CO – 1,4%; CH – 1,5; NO_x – 4%. Эффективность нейтрализатора по компонентам практически не изменилась.

Двигатель работал устойчиво, его параметры оставались стабильными на протяжении практически всего периода испытаний. При осмотре двигателя после испытаний в течение 100 ч на бензине установлено, что дефекты (задиры, надиры, царапины и др.) на деталях отсутствуют. Поршни и кольца работоспособны, кольца свободны. Общая загрязненность двигателей (поддон, головка и др.) отложениями нагаров, лаков и шламов одинакова с аналогичными явлениями при применении базового масла.

Выводы

1. Лабораторные испытания показали уменьшение износа деталей в узлах трения в 3,2-7,5 раза в диапазоне нормальной силы 73,15-115,15 кгс при применении металлоплакирующей присадки.

2. Применение МПП в составе моторного масла улучшили эксплуатационные показатели ДВС:

- крутящий момент увеличился на 0,33%
- удельный расход топлива снизился на 3,15%
- выбросы вредных веществ в отработавших газах двигателя за период испытаний уменьшились: CO – 1,4%; CH – 1,5; NO_x – 4%. Разница значений в начале и в конце испытаний сопоставима с погрешностью определения.

3. Оценка состояния деталей двигателя показала отсутствие отрицательного влияния на загрязненность двигателя (отложение нагаров, лаков и шлаков).

4. Стендовые испытания продемонстрировали повышение компрессии во всех цилиндрах в среднем на 0,275 кг/см².

Список использованных источников

1. Карелина М.Ю. Исследование влияния наноструктурирования поверхностей трибосопряжений на эксплуатационные характеристики двигателей / М.Ю. Карелина, С.М. Гайдар // Грузовик. 2015. № 2. С. 29-37.
2. Гайдар С.М. Адсорбция фтор-ПАВ и ее влияние на смазку трибосопряжений в условиях граничного и гидродинамического трения / С.М. Гайдар, М.Ю. Карелина // От наноструктур, наноматериалов и нанотехнологий к наноиндустрии: тезисы докладов V Междунар. конф. 2015. С. 44-45.
3. Гайдар С.М. Характеристика и показатели наноматериалов для снижения износа деталей сельхозмашин // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. 2009. № 12. С. 20-22.
4. Кравченко И.Н. Обоснование факторов, оказывающих влияние на надежность специальной техники в особых условиях эксплуатации / И.Н. Кравченко, С.М. Гайдар, Л.В. Жуков, П.Г. Ларин // Фундаментальные исследования. 2014. № 3-2. С. 262-266.

5. **Гайдар С.М.** Улучшение эксплуатационных характеристик двигателя с применением нанотехнологий / С.М. Гайдар, В.Н. Свечников, А.Ю. Усманов, М.И. Иванов // Труды ГОСНИТИ. 2013. Т. 111. № 1. С. 4-8.

6. **Крагельский И.В.** Трение и износ. М.: Машиностроение, 1968. 480 с.

7. **Гайдар С.М.** Этаноламиды карбоновых кислот как полифункциональные ингибиторы окисления углеводородов // Химия и технология топлив и масел. 2010. № 6 (562). С. 16-20.

8. **Карелина М.Ю., Гайдар С.М.** Технология повышения износостойкости поверхностей трибосопряжений физико-химическим методом. Грузовик. 2015. № 3. С. 12-16.

9. **Гайдар С.М.** Инновационное техническое средство для нанесения защитной молекулярной пленки на поверхность машин / С.М. Гайдар, М.Ю. Карелина // Техника и оборудование для села. 2015. № 3. С. 26-28.

10. **Гайдар С.М.** Использование наноматериалов в качестве присадок к маслам для уменьшения трения в трибосопряжениях / С.М. Гайдар, В.Н. Свечников, А.Ю. Усманов, М.И. Иванов // Техника и оборудование для села. 2013. № 1. С. 35-37.

Study of Influence of Metal-sealing Additive on Operating Characteristics of Machine Power Plants

A.F. Naji Najm

(SCAS State Company for the Agricultural Supplies, Iraq)

A.A. Volkov, A.M. Pikina, S.M. Vetrova

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

I.G. Golubev

(Rosinformagrotekh)

Summary. The article considers the issues of creating a lubricating composition which is an internal complex salt and possesses anticorrosive properties along with thermal oxidative stability. Antifric-tion and anti-wear properties of the additive were investigated, the wear of parts in friction units was reduced by 3.2-7.5 times within the normal force range of 73.15-115.15 kgf.

Keywords: metal-sealing additive, engine oil, friction units, tribological tests, operational tests.



ПроПротеин

Форум и экспо

+7 (495) 585-5167 | info@proprotein.org | www.proprotein.org

Форум и выставка по производству и использованию новых пищевых протеинов: растительные заменители мяса, культивируемое мясо, насекомые как еда.

Форум является уникальным специализированным событием отрасли в России и СНГ и пройдет 22 сентября 2022 в отеле Холидей Инн Лесная в Москве

Возможности для рекламы:

Выбор одного из спонсорских пакетов Форума позволит Вам заявить о своей компании, продукции и услугах, и стать лидером быстрорастущего рынка.

УДК 621.311

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-8-35-38

Исследование зависимости электрической прочности трансформаторного масла от влажности и наличия механических примесей

В.А. Трушкин,канд. техн. наук,
доц., зав. кафедрой,
v.a.trushkin@mail.ru**С.В. Шлюпиков,**канд. техн. наук, доц.,
sergey678s64@yandex.ru**О.Н. Чурляева,**канд. техн. наук, доц.,
oksana.churlyayeva@mail.ru**А.А. Верзилин,**канд. техн. наук,
ст. преподаватель,
verzilin-a@mail.ru
(ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ
им. Н.И. Вавилова»)

Аннотация. Представлены результаты проведенных дополнительных исследований количественных оценок и аналитической зависимости влияния влаги и механических примесей на электрическую прочность трансформаторного масла. Полученные результаты позволили сделать вывод о схожем механизме пробоя, носящим экспоненциальный характер.

Ключевые слова: пробивное напряжение, трансформаторное масло, силовой трансформатор, влагосодержание, механические примеси, взвешенные частицы.

Постановка проблемы

Главными элементами, определяющими работоспособность трансформатора, являются его изоляции и, прежде всего, эксплуатационное масло, которое способно выполнять свои функции в течение продолжительного периода при своевременном восстановлении эксплуатационных свойств. Трансформаторное масло в системе трансформатора – основной диэлектрик, контактирующий с внешней средой, взаимодействующий с твердой изоляцией и несущий большой объем

диагностической информации. При старении в масле образуются продукты окисления, растворенные газы, влага, шлам, механические примеси, приводящие к заметному снижению пробивного напряжения.

В процессе жизненного цикла электрооборудования принято выделять быстро и медленно развивающиеся дефекты, к которым принято относить следующие: возникающие при изготовлении оборудования; проявляющиеся в результате транспортировки, хранения, монтажа и особенностей эксплуатации. Выявление медленно развивающихся дефектов на определенной стадии связано, главным образом, с условиями внешней среды, режимами эксплуатации и качеством обслуживания. Проявляются они, как правило, в виде внезапных отказов и аварий [1, 2].

К быстроразвивающимся дефектам относят те, что не были обнаружены и выявлены существующими способами при принятой системе периодического контроля и диагностирования. Данные виды дефектов могут достигать критических значений в периоды наблюдения за оборудованием и проявляться в виде внезапных отказов. Медленно развивающиеся дефекты характеризуются изменением предельных значений контролируемых параметров в интервале 10-40 % от указанных в нормативно-технической литературе и могут варьироваться в довольно широком диапазоне (месяцы, годы). Кроме того, не следует исключать и случайные отказы, вызванные климатическими воздействиями, ошибочными действиями обслуживающего персонала и др. Данные виды отказов

могут носить внезапный характер [3-5].

В литературе [6-8] представлен анализ развития различных дефектов при эксплуатации, связанных с деградацией, износом и старением изоляции (твердой и жидкой) трансформатора, который позволил установить, что трансформаторное масло в системе трансформатора является ведущим диэлектриком вследствие взаимодействия с внешней средой и твердой изоляцией, от состояния которого зависит исправность обмоток трансформатора.

В источниках [9, 10] показано влияние воды на изоляционные свойства масла. Отмечено, что наибольшее влияние оказывает растворенная и связанная вода. При высоких температурных значениях осаждаемая на дне бака вода может переходить в растворенное состояние и, циркулируя в объеме трансформатора, способна увлажнить его твердую изоляцию. Исследования других авторов [11-13] также показывают заметное влияние воды на снижение электрической прочности масла.

Цель исследований – получить количественную оценку и аналитическую зависимость влияния влагосодержания и загрязнения механическими примесями на электрическую прочность трансформаторного масла.

Материалы и методы исследования

Для проведения исследований были поставлены два эксперимента. В первом эксперименте изучали влияние на электрическую прочность трансформаторного масла воды, во втором – механических примесей.

1. Влияние воды на электрическую прочность трансформаторного масла. В качестве объекта исследования использовалось очищенное и высушенное масло марки ГК (ТУ 38.1011025-85). Начальное значение пробивного напряжения $U_{пр}$ составляло 48 кВ (при 2,5 мм). Исследования проводились в лабораторных условиях при температуре 22-24 °С на автоматической установке СКАТ-100М, соответствующей требованиям ГОСТ 6581-75.

Искусственные пробы с влагосодержанием масла 0,001; 0,002; ...; 0,012% (об.), т.е. 10; 20; ...; 120 ppm, были получены следующим образом. Мерной емкостью класса 0,2 (ГОСТ 6370-83) осуществлялось смешивание 100 мл сухого масла и 1,2 мл бидистиллята. Так, была получена проба с концентрацией влаги 1,2%. Далее 12 мл из этой пробы наливало в мерную посуду объемом 1000 мл и доливалось свежим малом до полного объема, таким образом, была получена проба с влагосодержанием 0,012% (об.). Остальные пробы получены путем смешивания ранее подготовленных концентраций, т.е. для пробы влагосодержанием 60 ppm смешивались 1000 мл исходного масла и 1000 мл с влагосодержанием 120 ppm, а для получения проб с 30 или 90 ppm брали 500 мл (и 500 мл) масла с влагосодержанием 60 ppm и смешивали с таким же объемом исходного или с влагосодержанием 120 ppm соответственно и т.д.

Для лучшего распределения воды по всему объему масла пробы нагревали до температуры 75-80 °С. Контроль соответствия реального влагосодержания подготовленных проб расчетным значениям осуществлялся с помощью прибора ВТМ-МК (Госреестр № 35935-07). Погрешность расчетных значений относительно измеренных не превышала ±2,8%.

Искусственные пробы подвергались испытаниям на электрическую прочность с помощью установки СКАТ-100М. В табл. 1 приведены результаты измерений и обработки испытанных проб масла.

На рис. 1 показаны зависимости $U_{пр} = f(W_m)$. В качестве аппрок-

Таблица 1. Результаты испытания трансформаторного масла на пробой в зависимости от уровня влагосодержания

W _м , % (об.)	Пробивное напряжение U _{пр} , кВ (при 2,5 мм)										Мате- мати- ческое ожи- дание, кВ/мм	Средне- квадра- тическое отклоне- ние, кВ/мм
	Номер опыта											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0,001	34,1	33,5	31,9	31,8	32,7	32,5	31,7	32,3	33,1	31,8	32,54	0,77
0,002	27,1	26,1	26,5	25,2	25,1	24,7	24,9	26,3	25,4	24,8	25,61	0,79
0,003	22,1	21,3	20,7	19,7	20,5	20,9	22,2	21,6	20,4	19,9	20,93	0,82
0,004	18,9	18,2	17,6	17,5	19,2	18,5	18,8	18,3	17,4	18,4	18,28	0,58
0,005	16,2	13,3	13,8	15,9	15,5	15,2	15,7	14,8	14,5	15,8	15,07	0,91
0,006	12,1	11,8	11,5	11,6	12,8	12,7	11,8	10,8	12,1	10,6	11,78	0,67
0,007	10,1	9,87	9,56	10,2	10,6	9,32	9,22	9,12	9,01	9,12	9,61	0,52
0,008	8,56	8,23	7,87	7,65	8,64	7,55	8,23	8,48	8,63	7,56	8,14	0,42
0,009	7,23	6,43	7,21	6,56	7,01	7,25	7,88	8,23	6,26	6,51	7,06	0,61
0,01	7,23	6,23	6,22	6,35	5,87	5,92	6,28	6,44	6,27	6,28	6,31	0,35
0,011	5,26	5,89	5,23	4,19	4,28	4,96	5,81	5,83	5,02	5,08	5,16	0,57
0,012	3,94	3,75	4,33	4,31	3,82	4,22	4,19	4,6	4,68	4,39	4,22	0,29

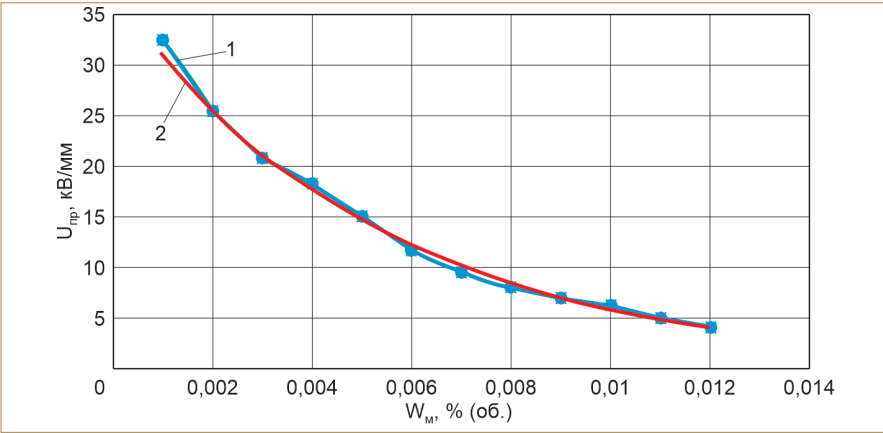


Рис. 1. Зависимость пробивного напряжения $U_{пр}$ от влагосодержания W_m трансформаторного масла: 1 – экспериментальные усредненные значения; 2 – аппроксимация по экспоненте

симирующей функции получена экспоненциальная зависимость с минимальным набором параметров: $y = 36,888 \cdot e^{-182,1 \cdot x}$. Достоверность полученной аппроксимации оценивается на уровне 0,9959.

Среднеквадратическое отклонение экспериментальных данных составляет 0,19 кВ/мм при максимальной среднеквадратической ошибке 0,91 кВ/мм. Обработка полученных результатов проводилась в табличном процессоре MS Excel.

С целью исследования влияния механических загрязнений масла и получения аналитической зависимости был поставлен следующий эксперимент.

2. Влияние механических примесей на электрическую прочность трансформаторного масла. В качестве исследуемой пробы брали пробу масла объемом 4 л, слитую из поступившего в ремонт трансформатора типа ТМ 630/10 после 20 лет эксплуатации. Согласно паспорту в данный трансформатор было залито масло марки ГК. Лабораторный анализ показал: цвет масла – темно-коричневый, общее количество механических примесей – $184000 \pm 500 \text{ см}^{-3}$, 80% включений имело размер от 20 до 120 мкм.

В качестве эталона исследовалось свежее масло в объеме 4 л, общее количество механических примесей

Таблица 2. Результаты испытаний трансформаторного масла на пробой в зависимости от степени загрязнения его механическими примесями

Количество механических примесей в масле $N_{\text{мех}} \cdot 10^3, \text{см}^{-3}$	Пробивное напряжение $U_{\text{пр}}, \text{кВ}$ (при 2,5 мм)										Математическое ожидание, кВ/мм	Среднеквадратическое отклонение, кВ/мм
	Номер опыта											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Первая часть испытаний												
0,125	45,98	46,45	45,64	44,64	46,24	45,65	45,03	46,86	46,33	45,93	45,88	0,63
12,5	43,14	41,91	41,62	41,18	40,15	39,42	43,15	41,87	41,85	40,57	41,49	1,14
25	39,36	39,85	37,11	40,05	38,45	37,47	39,47	37,05	40,96	37,70	38,75	1,31
50	34,37	34,18	34,72	33,31	34,15	33,25	35,17	34,18	34,64	33,25	34,12	0,63
75	33,26	30,18	32,15	30,45	32,01	33,58	34,72	30,45	33,54	33,51	32,39	1,51
100	29,17	32,25	30,82	31,83	30,68	32,88	31,22	30,53	31,23	30,63	31,12	0,98
Среднее значение												1,03
Вторая часть испытаний												
0,125	47,01	46,41	45,61	43,54	44,23	46,61	47,93	46,81	45,28	45,83	45,93	1,26
12,5	43,79	40,21	43,12	40,64	39,65	39,96	42,73	41,06	42,83	39,93	41,39	1,48
25	38,74	38,86	39,58	42,12	41,23	40,23	38,25	39,83	41,29	38,63	39,88	1,25
50	33,28	35,84	32,58	32,47	32,83	32,86	34,61	31,26	32,63	35,25	33,36	1,35
75	33,33	35,68	32,04	32,85	32,65	31,25	33,04	35,43	32,28	31,03	32,96	1,47
100	31,18	30,95	32,25	31,38	32,52	30,26	31,22	30,42	30,25	30,22	31,07	0,78
Среднее значение												1,27

не превышало $130 \pm 10 \text{ см}^{-3}$, размер частиц – не более 35 мкм. Подсчет количества частиц и определение их размеров осуществлялись с помощью прибора ПКЖ-904А (ГОСТ 17216-71).

Для исключения влияющих факторов исходное масло дополнительно было подвергнуто дегазированию и высушено под вакуумом (ост. P не более 0,6 мм рт. ст.) в течение 7 ч при температуре 70-80 °С, что позволило снизить влагосодержание масла до 3 ppm. Далее мерной емкостью класса 0,2 (ГОСТ 6370-83) путем разбавления были приготовлены пробы масла с концентрациями $(15,5; 28,1; 53,3; 77,0) \times 10^3, \text{см}^{-3}$. Особенность этого способа состояла в смешивании равных объемов (по 1000 мл) масел с концентрациями 127 см^{-3} и 100000 см^{-3} . Это позволило получить 2000 мл с концентрацией 50000 см^{-3} , используемой для получения концентраций 25000 и 75000 см^{-3} . Контрольная проверка на приборе ПКЖ-904А подтвердила полученные результаты. Погрешность составила не более 0,6%.

Определение величины пробивного напряжения выполнялось на

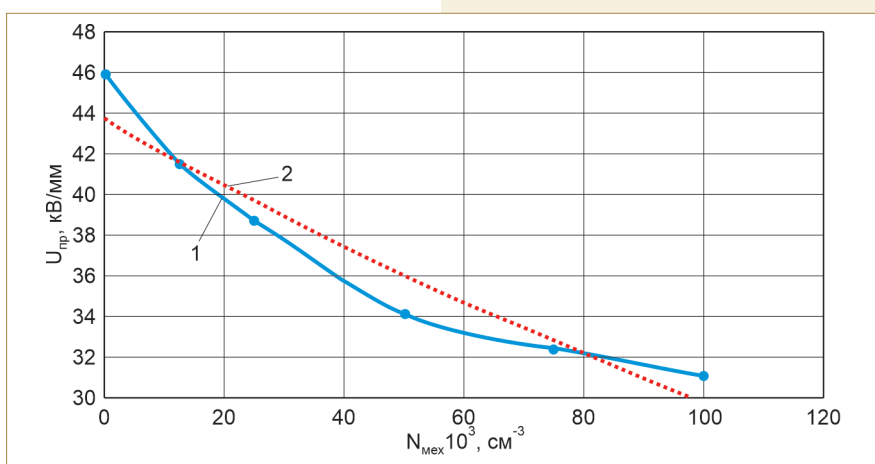


Рис. 2. Зависимость пробивного напряжения от уровня загрязнения трансформаторного масла механическими примесями:

1 – экспериментальные усредненные значения;
2 – аппроксимация по экспоненте

установке СКАТ-100М. Каждая проба пробивалась 10 раз с выдержкой по времени 3 мин, в течение которого происходило автоматическое перемешивание пробы при температуре 23-24 °С. Эксперимент проводился дважды со сменой проб масла в испытательной емкости. Результаты опыта и обработки полученных данных приведены в табл. 2.

На рис. 2 показаны зависимости напряжения пробоя $U_{\text{пр}}$ от количества механических примесей $N_{\text{мех}}$ ($U_{\text{пр}} = f(N_{\text{мех}})$), а также аппроксимирующая функция экспоненциального распределения среднеарифметических значений серий опытов: $y = 43,631 \cdot e^{-0,004 \cdot x}$. Достоверность полученной аппроксимации оценивается на уровне 0,9291.

Результаты исследований и обсуждение

Погрешность аппроксимации в приведенной серии опытов составила не более 1,6 %. Среднеквадратическое отклонение относительно математического ожидания не превышает 5,26 кВ. Обработка полученных результатов проводилась в табличном процессоре MS Excel.

В процессе работы силового маслонаполненного трансформатора температура твердой изоляции и масла увеличивается и, как следствие, равновесие по влагосодержанию смещается в сторону масла. С течением времени в результате воздействующих факторов (повышенная температура, вода, кислород, электрическое поле и т.д.) в масле образуются окислы и происходит старение как масла, так и твердой изоляции. Степень полимеризации твердой изоляции трансформатора снижается с 1300-2000 ед. до предельного значения (230 ед.). Процесс старения целлюлозы сопровождается выделением воды в масло (до 2,7%) даже при азотной и пленочной защите силового трансформатора. Увлажненная твердая изоляция может привести к преждевременному короткому замыканию последнего в результате воздействия режимных факторов – продольных коротких замыканий и перенапряжений.

В процессе работы трансформатора (нагрев масла и электромагнитные поля) происходит перемещение масла, сопровождающееся накоплением объемного заряда (т.е. электризацией), а местные перегревы приводят к выделению пузырьков газа и пара, способствующему дополнительному снижению величины напряжения пробоя. Кроме того, совместно с маслом перемещаются и механические примеси, содержащиеся внутри трансформатора. Высокая их концентрация приводит к засорению малых изоляционных каналов в обмотке трансформатора и возникновению местных перегревов твердой изоляции. Это является наиболее частой причиной зарождения частичных разрядов. Затем происходит расползание разрядов по обмотке.

Ограничение энергии частичных разрядов перед появлением теплового пробоя объясняется самовосстановлением изоляционных свойств трансформаторного масла в зоне самого разряда, куда устремляются холодные порции масла после спада давления. В сквозном устойчивом плазменном канале электрический пробой переходит в тепловой и приводит к значительному росту мгновенной мощности P и энергии $E = P \cdot t$, мерой которой в ограниченном объеме является температура T , так как $T = k \cdot E$, где k – коэффициент.

Выводы

1. Сопоставление влияния влагосодержания и загрязнения механическими примесями на электрическую прочность масла позволило сделать вывод о схожем механизме пробоя, который подчиняется экспоненциальному закону распределения.
2. Разброс пробивного напряжения, загрязненного механическими примесями масла, в 2 раза меньше по сравнению с увлажненным маслом. Это объясняется различным характером распределения механических примесей и воды в объеме масла. Механические частицы представляют значительную опасность для трансформатора.

Список

использованных источников

1. Ерошенко Г.П., Шлюпиков С.В. Особенности эксплуатации электрооборудования, отработавшего нормативный ресурс // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. 2015. № 1. С. 27-28.
2. Тихонов А.В., Тихонов П.В. Анализ отказов силовых трансформаторов 10/0,4 кВ // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. 2006. № 2. С. 18-20.
3. Трушкин В.А., Шлюпиков С.В. Факторы, влияющие на старение трансформаторного масла // Актуальные проблемы энергетики АПК: матер. IV Междунар. науч.-практ. конф. Саратов, 2013. С. 320-322.
4. Трушкин В.А., Шлюпиков С.В., Кифарак С.А. Причины отказов трансформаторов напряжением 10/0,4 кВ в сельских электрических сетях // Актуальные проблемы энергетики АПК: матер. VII Междунар. науч.-практ. конф. Саратов, 2016. С. 230-232.

5. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. М.: НЦ ЭНАС, 2017. 304 с.

6. Овчаров В.В. Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве. Киев: УСХА, 1990. 168 с.

7. Аракелян В.Г. Диагностика состояния изоляции маслонаполненного электрооборудования по влагосодержанию масла // Электротехника. 2004. № 3. С. 34-39.

8. Trushkin V.A. [et al.]. Moisture content as an important integral parameter of transformer oil quality in power transformers of substations of 10/0.4 kV // E3S Web Conf. International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems 2019 (SES-2019). 2019, vol. 124.

9. Козлов В.К., Загустина И.Д. Определение влагосодержания трансформаторного масла // Электроэнергетика глазами молодежи – 2018: матер. IX Междунар. молодежной науч.-техн. конф. Казань, 2018. С. 290-291.

10. Липштейн Р.А., Шахович М.И. Трансформаторное масло. М: Энергоатомиздат, 1983. 296 с.

11. Ефанов А.В. Мониторинг силовых трансформаторов (монография). Невинномысск: ГОУ ВПО СевКавГТУ, 2007.

12. Колушев Д.Н., Широков А.В., Ротберг И.Л. Влияние коллоидно-дисперсных процессов на диэлектрические характеристики трансформаторного масла и их непрерывный контроль и диагностика // Энергетик. 2009. № 10. С. 31-34.

13. Аракелян В.Г. Физико-химические основы эксплуатации маслонаполненного электротехнического оборудования. Справочные данные, анализ, исследования, диагностика, мониторинг. М.: Тетрапринт, 2012.

Study of Dependence of Electric Strength of Transformer Oil on Humidity and Presence of Mechanical Impurities

V.A. Trushkin, S.V. Shlyupikov,
O.N. Churlyaeva, A.A. Verzhilin
(Vavilov University)

Summary. The results of additional studies of quantitative estimates and analytical dependence of the influence of moisture and mechanical impurities on the dielectric strength of transformer oil are presented. The results obtained made it possible to draw a conclusion about a similar breakdown mechanism in the form of an exponential character.

Keywords: breakdown voltage, transformer oil, power transformer, moisture content, mechanical impurities, suspended particles.

УДК 621.311.243; 621.355.9

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-8-39-43

Применение гелиосистем и аккумулялирование электроэнергии для автономного энергоснабжения жилых домов: анализ документопотока

Е.В. Андреева,*ст. науч. сотр.,**sis@cnsnb.ru**(ФГБНУ ЦНСХБ);***Ю.И. Чавыкин,***канд. техн. наук,**зав. отделом,**tchavikin@rosinformagrotech.ru**(ФГБНУ «Росинформагротех»)*

Аннотация. Рассмотрены вопросы использования возобновляемых источников энергии и, в частности, солнечной энергии для автономного электроснабжения жилых домов и коттеджей в средней полосе России. Представлены рекомендации по оценке надежности электроснабжения, выбору мощности аккумуляторных батарей, оценке их срока службы, особенностям эксплуатации. Учтена возможность использования инерционных динамических аккумуляторов для аккумулялирования полученной электроэнергии. Проведен анализ поиска информации по рассмотренным вопросам в международных базах данных цитирования Web of Science и Scopus.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, автономное электроснабжение, солнечная энергия, гелиоустановка, фотоэлементы, аккумуляторные батареи.

Постановка проблемы

При электроснабжении частных домов или коттеджей с полным или частичным использованием возобновляемых источников энергии требуется повышенное внимание к обеспечению их надежности и бесперебойности. При этом особое внимание уделяется эффективному аккумулялированию энергии, позволяющему обеспечить электропитанием потребителей в периоды неработоспособности энергетических преобразователей.

При проектировании систем электроснабжения жилых домов или коттеджей заказчики все чаще обращают внимание на использование автономных источников энергии. Это объясняется тем, что потребители стремятся снизить зависимость от поставщиков электроэнергии, исключить ограничения по максимальной потребляемой мощности, а также повысить надежность электроснабжения.

В качестве автономных энергетических источников чаще всего используют тепловые мини-электростанции, основу которых составляют электрогенераторы с двигателями внутреннего сгорания (реже – с паровыми или газотурбинными двигателями). При таком решении потребители попадают в зависимость от топливных ресурсов. Эксплуатация мини-электростанций часто сопровождается повышенным уровнем шума и появлением неприятного запаха от продуктов сгорания. В целях снижения металлоемкости мини-электростанции часто оснащаются высокоскоростными двигателями, что снижает их ресурс и сокращает срок эксплуатации.

В условиях Центрального региона России одним из перспективных видов возобновляемой энергии является солнечное излучение. Солнечная энергия успешно используется как для теплоснабжения, так и для получения электроэнергии с помощью фотоэлектрических преобразователей. Ранее (15-20 лет назад) было распространено убеждение, что эффективное использование солнечной энергии возможно только в южных широтах в летние месяцы [1].

В настоящее время уже никто не удивляется круглогодичному использованию фотоэлектрических преобразователей в Центральном регионе

и даже на Севере России. Это стало возможным благодаря колоссальному прогрессу в производстве фотоэлектрических преобразователей. Например, КПД фотоэлектрических элементов в 1996 г. и 2016 г. составлял 6-8 и 13-15 % соответственно. При этом КПД современных лабораторных образцов, созданных на основе нанопроволок или специфических биоматериалов, превышает 42-44 % [2].

Объем мирового производства фотоэлектрических преобразователей увеличился за последние 20 лет примерно в 15 раз. Существенно изменились технологии производства фотоэлементов, снизилась их стоимость. Возрос спрос на гелиоустановки, многочисленные торгово-промышленные организации предлагают поставку, монтаж и наладку преобразователей солнечной энергии. Фотоэлементы устанавливаются на крышах зданий, а в состав гелиосистем входят статические инверторы и микропроцессорные блоки управления. Однако следует отметить, что первый опыт эксплуатации автономных гелиосистем для многих пользователей завершается разочарованием, что является следствием чрезмерного доверия рекламной информации, которая часто бывает недостоверной.

Цель исследования – анализ научно-технической информации по использованию солнечной радиации в качестве источника возобновляемой энергии для автономного электроснабжения жилых домов и коттеджей в средней полосе России. Выработка рекомендаций по выбору аккумуляторов, емкостей аккумуляторных батарей, режимов их работы, срока службы, особенностям эксплуатации, стоимости приобретения, монтажа электрооборудования и полученной

электроэнергии, оценке надежности и бесперебойности электроснабжения, а также анализ зарубежных публикаций на базе документопотоков по данной теме, представленных в базах данных Web of Science и Scopus.

Материалы и методы исследования

В качестве материалов исследования использовались научнотехническая литература, справочные данные, патентная документация и ресурсы сети Интернет по проблемам использования возобновляемых источников энергии, в том числе солнечной. В работе были применены методы обобщения и сравнительного анализа информации на основе известных физических закономерностей, теоретических рассуждений и статистических данных. Информационной базой исследования являлись базы данных Web of Science (WoS) и Scopus. Использовались методы библиометрического анализа, контент-анализ тематических публикаций.

Результаты исследований и обсуждение

Наиболее распространенное заблуждение, поддерживаемое торговыми фирмами, связано с продолжительностью автономного электроснабжения при перерывах в поступлении солнечной энергии. Например, поставщики гелиосистем заверяют, что двух или трех аккумуляторных батарей емкостью по 240 А·ч вполне достаточно для электроснабжения жилого дома с суммарной мощностью потребителей 2,5-3 кВт. При этом объясняется, что продолжительность службы аккумуляторных батарей составляет 8-10 лет, а стоимость всей гелиосистемы – 70-90 тыс. руб. [3]. Однако это не совсем так, поскольку не учитываются зависимость электропотребления от количества проживающих в доме людей и снижение со временем КПД фотоэлементов. Например, через 5 лет работы он составляет только 90% от первоначального значения [4].

Кроме того, необходимо учитывать длительность периода работы автономной системы на аккумуляторных батареях в ночное время, когда поступление

электроэнергии от фотоэлектрических преобразователей отсутствует. Как правило, поставщики гелиосистем оценивают продолжительность пассивного периода системы 10 ч, что существенно занижено. Для примера, в Москве восход Солнца в зимнее время происходит примерно в 8 ч 30 мин, заход – в 16 ч 30 мин. Даже если допустить, что на протяжении всего светового дня солнечная энергия поступает в достаточном количестве (что на самом деле далеко не так), то длительность пассивного периода гелиосистемы составляет 16 ч. Фактическая продолжительность пассивного периода оказывается еще больше из-за облачности, тумана или осадков.

Для расчетов примем, что в среднем продолжительность периода работы на аккумуляторных батареях составляет 15 ч. Для надежного электроснабжения коттеджа с суммарной мощностью потребителей 3 кВт в течение 15 ч потребуется энергия объемом 45 кВт·ч. В идеальных условиях эту энергию могли бы обеспечить аккумуляторные батареи напряжением 12 В и суммарной емкостью 3750 А·ч. Однако реальные условия эксплуатации батарей весьма далеки от идеальных.

Во-первых, реальная емкость аккумуляторных батарей будет соответствовать их паспортной емкости только при штатном режиме эксплуатации. Как правило, такой режим в условиях коттеджа не выдерживается из-за случайного характера нагрузки. По этой причине фактически используемая энергия окажется еще на 25-30% меньше [5].

Во-вторых, паспортная емкость аккумуляторных батарей обеспечивается только при положительной (как правило, комнатной) температуре [6]. В то же время, очевидно, что для размещения химических накопителей энергии пользователь будет выбирать нежилые, неотапливаемые или частично отапливаемые помещения. Следовательно, из-за несоблюдения температурного режима фактическая емкость аккумуляторных батарей станет еще ниже. Опыт показывает, что в реальных условиях это снижение достигает 10-15%.

В-третьих, фактический срок службы аккумуляторных батарей ограничен

несколькими годами. Уже на четвертый-пятый год эксплуатации аккумуляторных батарей их емкость заметно уменьшается, а через шесть-семь лет они обычно выходят из строя. Отсюда следует, что на протяжении большей части рекомендуемого срока службы гелиосистемы характеристики аккумуляторных батарей не будут соответствовать первоначальным.

В настоящее время наилучшими характеристиками обладают гелиевые аккумуляторы, содержащие сухой электролит. Для удобства транспортировки и обслуживания в современных гелиосистемах малой мощности используют несколько батарей, суммарная емкость которых соответствует расчетной. Анализ коммерческой информации показал, что стоимость гелиевого аккумулятора емкостью 200-250 А·ч составляет 35-40 тыс. руб. Следовательно, для обеспечения накопления энергии в примере с учетом выявленных особенностей потребуются 18 гелиевых аккумуляторов на сумму 630 тыс. руб.

Наряду с явными успехами по преобразованию энергии Солнца в электрическую форму довольно острым остается вопрос аккумулирования полученной энергии. Для снижения затрат на этот процесс необходимо уменьшать стоимость аккумуляторов либо увеличивать срок их службы [7]. Радикальное решение обеих задач для химических аккумуляторов в обозримом будущем маловероятно. В сложившейся ситуации приобретает актуальность вопрос необходимости возвращения к использованию накопителей энергии иного типа.

Анализ современного состояния энергоаккумулирующих средств показал, что для накопления энергии в автономных гелиосистемах могут быть использованы инерционные динамические аккумуляторы, называемые также маховиками. Однако возможность их применения в системах автономного электропитания появилась лишь в последнее десятилетие. Резкое увеличение энергоемкости маховичных аккумуляторов объясняется широким распространением магнитных подшипников, использованием особо прочных материалов и положительным опытом

применения нанотехнологий для изготовления маховиков [8-10].

Следует отметить, что вследствие малосерийного производства стоимость маховичных накопителей пока остается несколько выше стоимости химических аккумуляторов. В то же время срок службы супермаховиков превышает аналогичный показатель химических аккумуляторов в несколько раз.

Инерционные динамические аккумуляторы, выполненные с использованием современных материалов, обладают высокими эксплуатационными свойствами. Среди них – исключительная продолжительность сохранения накопленной энергии. По сравнению с химическими аккумуляторами маховики экологичны и допускают произвольные режимы пополнения и выдачи энергии.

Актуальность той или иной темы выражается количеством публикаций. Первые одиночные исследования по этой теме появились еще в 1871-1881 гг., но активно разрабатывались в XX в. Рассмотрим объемы документов по разработкам в области возобновляемых энергоресурсов, особенно солнечных накопителей энергии и аккумуляторов в международных ба-

зах данных (БД) цитирования Web of Science и Scopus. В настоящее время это самые крупные платформы по анализу рецензируемой литературы, в которые включены источники с достаточно глубокой ретроспекцией: с 1975 г. – в WoS, с 1960 г. – в Scopus.

Рассмотрим представленные в этих БД документы по теме исследования с момента создания баз данных и за период 2018-2021 гг. Поиск источников велся по основным терминам. Рассмотрена классификация документов по областям наук (представлены самые крупные), типу документов (самые многочисленные) и странам-издателям документов (самые крупные и с отслеживанием документов из России).

В БД WoS первые документы по теме относятся к 1975 г. Всего (за 1975-2021 гг.) по запросу по ключевым словам представлено 400,8 тыс. документов, в том числе за 2018-2021 гг. – 173206 (43,2%), из них в открытом доступе – всего 96154 документа (24%), за 2018-2021 гг. – 51939 (54%). Эти вопросы активно разрабатывались учеными из разных стран, но наибольшее количество публикаций по этим темам принадлежит США и Китаю.

В табл. 1 также приведены данные по российским изданиям. В период с 1975 г. авторами из США опубликовано 84070 (20,98%) документов, в том числе в 2018-2021 гг. – 27282 (15,7%); из Китая – 122626 (30,59%), в том числе в 2018-2021 гг. – 71765 (41,4%); из России – 6485 (1,6%), в том числе в 2018-2021 гг. – 5486 (3,2%). Наибольший интерес вызывала тема накопители энергии (74,8%) и солнечные фотоэлектрические элементы (18,3%), причем в 2018-2021 гг. интерес к этим темам остался прежним (79,4% и 13,5% соответственно).

В БД Scopus несколько иная картина. Всего в БД представлено 427395 документов, т.е. на 6,6% больше, чем в БД WoS, однако за 2018-2021 гг. включено 167549 (39,2%) документов, т.е. на 3,4% меньше, чем в БД WoS. Из них в БД Scopus в открытом доступе – 88404 (20,7%) и 48100 (28,71%), что меньше, чем в БД WoS. География стран, издающих наибольшее количество документов, немного шире: США, Китай, Россия, Южная Корея, Япония, ФРГ, Индия. Лидируют Китай и США. Начиная с 1960 г. авторами из США опубликовано 72138 (16,88%) докумен-

Таблица 1. Данные по БД WoS за весь период с 1975 г.

Тематическая рубрика	Число документов	Область науки	Тип документа	Страна-издатель	В открытом доступе
Автономное энергоснабжение	1311 (1311)	Инженерия – 504 (504), энергетическое топливо – 286 (286), автоматические системы контроля – 127 (127)	Труды – 545 (545), статьи – 737 (737), обзоры – 4 (4)	США – 139 (139), Китай – 243 (243), ФРГ – 82 (82), Россия – 191 (191)	498 (498)
Солнечные фотоэлектрические элементы	73170 (23472)	Материаловедение – 32002 (10526), энергетическое топливо – 27347 (8683), инженерия – 13727 (3660)	Статьи – 52927 (18643), труды – 20712 (3587), обзоры – 3162 (161), главы книг – 598 (114)	Китай – 16997 (7525), США – 14517 (3149), Япония – 6551 (1357), Россия – 864 (353)	13706 (6333)
Накопители энергии	299688 (137590)	Энергетическое топливо – 87741 (41698), материаловедение – 68521 (37135), химия – 56273 (29112)	Статьи – 225404 (112424), обзоры – 1635 (9847), главы книг – 2869 (836)	Китай – 96616 (58746), США – 62846 (21900), ФРГ – 19954 (н.д.), Россия – 4760 (1911)	76730 (42348)
Химические аккумуляторы	21938 (9974)	Химия – 6257 (3185), химия физическая – 6099 (3131), химия многопрофильная – 4994 (2277), энергетическое топливо – 3696 (1856)	Статьи – 17678 (8490), обзоры – 1509 (966), труды – 2539 (325), главы книг – 114 (40)	Китай – 7988 (5000), США – 5607 (1984), Южная Корея – 1960 (890), Россия – 535 (288)	4369 (2454)
Инерционные накопители энергии	633 (277)	Инженерия – 274 (140), энергетическое топливо – 180 (101), прикладная физика – 77 (21), механическая инженерия – 30 (12)	Статьи – 445 (214), труды – 238 (60), обзоры – 19 (14)	Китай – 124 (73), США – 172 (53), Индия – 43 (30), Россия – 18	212 (126)
Маховичные накопители энергии	2204 (582)	Инженерия – 1160 (258), энергетическое топливо – 652 (228), прикладная физика – 323 (47)	Труды – 1203 (183), статьи – 1099 (367), обзоры – 86 (42), главы книг – 28 (9)	США – 463 (57), Китай – 451 (178), Япония – 191 (10)	389 (180)

Примечание. В скобках указаны данные за 2018-2021 гг.

Таблица 2. Данные по БД Scopus за весь период с 1960 г.

Тематическая рубрика	Число документов	Область науки	Тип документов	Страна-издатель	В открытом доступе
Автономное энергоснабжение	4359 (1540)	Инженерия – 2867 (964), энергетика – 1299 (531), компьютерная техника – 1088 (482)	Материалы конференций – 2196 (755), статьи – 1913 (701), обзоры – 80 (26), главы книг – 76 (39)	США – 582 (145), Россия – 531 (324), Китай – 364 (179), ФРГ – 338 (100)	880 (554)
Солнечные фотоэлектрические элементы	89619 (32989)	Инженерия – 43787 (15899), материаловедение – 38690 (14202), энергетика – 31363 (14181)	Статьи – 55115 (22098), материалы конференций – 28646 (840), обзоры – 3442 (180), главы книг – 1182 (457)	Китай – 18136 (9088), США – 1533 (3602), Индия – 8940 (5084), Россия – 998 (480)	16532 (8971)
Накопители энергии	290975 (117121)	Инженерия – 135963 (54123), энергетика – 91203 (43912), материаловедение – 66585 (34886)	Статьи – 179219 (80963), материалы конференций – 83367 (23758), обзоры – 16145 (8922), главы книг – 5076 (1820)	Китай – 75810 (45802), США – 59467 (16576), Индия – 17792 (10417), Россия – 4977 (2028)	63285 (34494)
Химические аккумуляторы	40960 (14746)	Химия – 20131 (7064), материаловедение – 19417 (7860), инженерия – 13392 (4447)	Статьи – 33041 (12231), материалы конференций – 4237 (734), обзоры – 2453 (1446), главы книг – 581 (182)	Китай – 14429 (7625), США – 9091 (2457), Россия – 577 (253)	6803 (3739)
Инерционные накопители энергии	873 (346)	Инженерия – 582 (240), энергетика – 328 (175), физика и астрономия – 243 (67), компьютерная техника – 146 (78)	Статьи – 473 (221), материалы конференций – 346 (103), обзоры – 18 (14), главы книг – 9 (3)	США – 236 (59), Китай – 184 (110), Россия – 29 (11)	214 (122)
Маховичные накопители энергии	6095 (807)	Инженерия – 4534 (614), энергетика – 2305 (391), материаловедение – 933 (105)	Материалы конференций – 3098 (351), статьи – 2675 (389), обзоры – 150 (34), главы книг – 68 (18)	Китай – 1348 (262), США – 1229 (62), Япония – 446 (17), Россия – 65 (21)	690 (220)

Примечание. В скобках указаны данные за 2018-2021 гг.

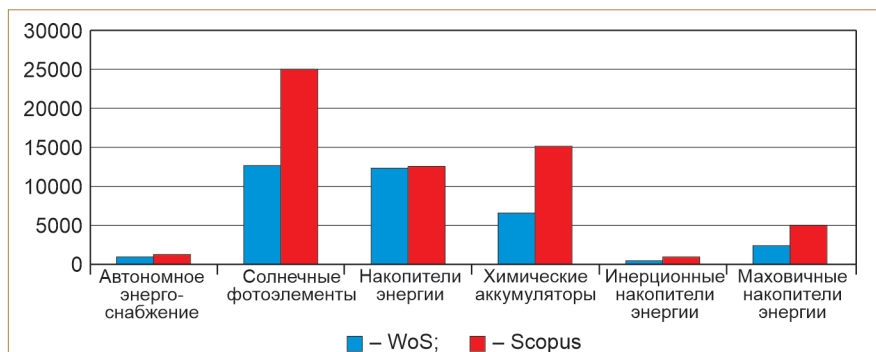
тов, в том числе в 2018-2021 гг. – 22901 (13,67%); из Китая – 110271 (25,8%), в том числе в 2018-2022 гг. – 63066 (37,6%); из России – 7177 (1,68%), в том числе в 2018-2021 гг. – 3117 (1,86%), что тоже немного меньше, чем показатели БД WoS. Наибольшее количество документов выявлено по тем же темам, что и в БД WoS: «накопители энергии» (68,08% – за все годы и 69,9% – за 2018-2021 гг.) и «солнечные фотоэлектрические элементы» (20,97% – за все годы и 19,68% – за 2018-2021 гг.) – табл. 2.

Рассмотрим показатели цитирования публикаций по выбранным тематическим рубрикам в БД WoS и Scopus. Особый интерес вызывает наибольший показатель цитирования. Для сравнения эти показатели представлены на рисунке.

Максимум цитирования в БД Scopus приходится на статьи по теме «солнечные элементы» и немного меньше

на статьи по теме «химические аккумуляторы». В БД WoS максимальное количество цитирований приходится на статьи по теме «солнечные фотоэлементы» и «накопители энергии». Наименьшее цитирование – по темам «автономное энергоснабжение» и «инерционные накопители энергии». При сравнении значений максимальной цитируемости для различных областей

знаний можно отметить, что публикации по солнечным фотоэлементам в БД WoS характеризуются 17,2% уровнем цитирования, а в БД Scopus – 27,4%. Аналогичные сравнения по статьям по теме «химические аккумуляторы» показали уровень цитирования 23,4 и 44,9% соответственно. Количество цитирований по статьям по теме «маховичные накопители энергии»



Цитирование публикаций в БД WoS и Scopus

на 8% превышает количество цитирований публикаций по БД WoS (108,6%). Несколько скромнее показатели в БД Scopus. Здесь по этому запросу можно найти 83,2% цитирований.

Таким образом, наличие достаточно большого количества документов в WoS и Scopus, а также объем цитирований статей подтверждает большой интерес ученых к теме и ее актуальность. Более того, увеличение публикаций в последние 5 лет в WoS (43,2%) и Scopus (39,2%) говорит о возрастании интереса к проблеме альтернативных и возобновляемых источников электроэнергии, что вызвано общей ситуацией в мире с энергоносителями, топливом и поиском экологически чистых источников энергии. WoS предоставляет также большее количество документов в открытом доступе. За последние годы значительно расширился охват документов, представленных в открытом доступе: 54% – в WoS, 28,7% – в Scopus. Однако в Web of Science можно отследить только 25 стран, имеющих наибольшее количество публикаций по заданному поисковому запросу, а в Scopus есть возможность просмотра всех стран-издателей по убывающей. И если необходима информация о более ранних источниках, то следует прибегнуть к поиску в Scopus, так как там имеются более ранние публикации, а WoS составлена только на основе публикаций с 1975 г.

Выводы

1. Рассмотрены возможности использования фотоэлектрических преобразователей для автономного электроснабжения жилых домов и коттеджей в средней полосе России. Анализ современных устройств для кратковременного хранения энергии показал, что для работы в составе маломощных гелиосистем вполне эффективно могут использоваться инерционные динамические накопители, которые по сравнению с химическими аккумуляторами имеют гораздо более высокую удельную энергетическую емкость, экологичны, допускают широкое варьирование режимами заряда и разряда и характеризуются практически неограниченным сроком эксплуатации.

2. Сформулирован ряд рекомендаций по проектированию и эксплуатации автономных гелиоэнергетических систем малой мощности:

- при выборе мощности фотоэлектрических преобразователей и емкости энергоаккумулирующего оборудования необходимо принимать во внимание мощность потребителей и продолжительность периода отсутствия источника света;

- емкость энергоаккумулирующего оборудования в значительной степени зависит от количества проживающих в электрифицируемом объекте людей, наличия и особенностей бытовых электроприборов, а также режимов их эксплуатации;

- основным направлением совершенствования инерционных накопителей энергии является поиск оптимальной конструкции маховиков, способов их крепления и устройств сочленения с электромашинным оборудованием.

3. Анализ объемов публикаций документопотоков по вопросам автономного электроснабжения с использованием фотоэлектрических элементов, химических аккумуляторов, инерционных и маховичных накопителей энергии в базах данных Web of Science и Scopus показал постоянный интерес ученых к проблеме и, более того, увеличение объемов публикаций в 2018-2021 гг. (43,2 и 39,2% соответственно). Наиболее активно эта тема разрабатывается учеными США, Китая, Южной Кореи, России, ФРГ, Индии, Японии. Самыми распространенными темами исследований являются «накопители энергии» (74,8% – в WoS и 68,08% – в Scopus) и «солнечные фотоэлектрические элементы» (18,3% – в WoS и 20,97% – в Scopus).

Список

использованных источников

1. Бринкворт Дж. Солнечная энергия для человека / пер. с англ. В. Н. Оглоблева. М.: Мир, 1976. 288 с.
2. Reiss B.D., Hanson D.B., Firestone M.A. Evaluation of the photosynthetic reaction center protein for potential use as a bioelectronic circuit element // Biotechnol. Prog. 23 (2007) 985-989.
3. АЛТЭКО: [сайт]. URL: <http://www.altecolgy.ru> (дата обращения: 17.03.2022).

4. Domastroim.su: [сайт]. URL: http://www.domastroim.su/articles/electro/electro_1495.html (дата обращения: 17.03.2022).

5. Вайлов А.М., Эйгель Ф.И. Эксплуатация аккумуляторных батарей. М.: Талер, 2009. 170 с.

6. Устинов Т.И. Обслуживание стационарных свинцово-кислотных аккумуляторов. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Энергия, 1974. 120 с.

7. Шибаров Д.В., Андреев С.А. Оценка эффективности маломощных гелиосистем // Современные достижения в области технических наук: сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-практ. конф. / ЭВЕНСИС. Оренбург, 2016. № 1. С. 14-17.

8. Гулиа Н.В. Удивительная механика // НЦ ЭНАС. М., 2006. 48 с.

9. Шибаров Д.В., Андреев С.А. Эффективность использования химических и маховичных накопителей энергии в автономных гелиосистемах // EUROPEAN RESEARCH: сб. ст. VII Междунар. науч.-практ. конф. Пенза, 2016. С. 49-52.

10. Андреев С.А., Загинайлов В.И., Шибаров Д.В. Аккумуляция энергии в маломощных гелиосистемах автономного электроснабжения // Вестник ФГБОУ ВПО «МГАУ им. В.П. Горячкина». 2017. № 5(81). С. 70-76.

Application of Heliosystems and Electricity Accumulation for Autonomous Power Supply of Residential Buildings: Document Flow Analysis

E.V. Andreeva

(Central Scientific Agricultural Library)

Yu.I. Chavykin

(Rosinformagrotekh)

Summary. The issues of using renewable energy sources and, in particular, solar energy for autonomous power supply to residential buildings and cottages in central Russia were considered. Recommendations on assessment of reliability of power supply, selection of accumulator batteries capacity, assessment of their service life, operation peculiarities are presented. The possibility of using inertial dynamic accumulators to accumulate the obtained electricity has been studied. The search for information sources on the issues discussed in the international citation databases Web of Science and Scopus was analyzed.

Keywords: renewable energy sources, autonomous power supply, solar energy, solar plants, photocells, storage batteries.

УДК 631.171:633.11

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-8-44-48

Эффективность применения элементов координатного земледелия при производстве озимой пшеницы

Н.П. Мишуров,

канд. техн. наук,
первый зам. директора,
mishurov@rosinformagrotech.ru
(ФГБНУ «Росинформагротех»);

Д.А. Петухов,

канд. техн. наук,
зав. лабораторией,
вед. науч. сотр.,
dmitripet@mail.ru

С.А. Свиридова,

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

Е.Е. Подольская,

зав. лабораторией,
науч. сотр.,
gost304@yandex.ru
(Новокубанский филиал
ФГБНУ «Росинформагротех»
[КубНИИТиМ]);

Е.В. Труфляк,

д-р техн. наук,
проф., зав. кафедрой,
trufljak@mail.ru
(ФГБОУ ВО «КубГАУ им. И.Т. Трубилина»)

Аннотация. Рассмотрены основные направления и задачи по освоению и внедрению технологий координатного земледелия. Приведена разработанная технологическая карта возделывания и уборки озимой пшеницы с элементами координатного земледелия. Представлены результаты сравнительного анализа показателей экономической оценки указанной и традиционной технологии.

Ключевые слова: координатное земледелие, дифференцированное внесение удобрений, озимая пшеница, технология, экономическая оценка, эффективность.

Постановка проблемы

В Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации обозначен переход к высокопродуктивному и экологически чистому

агрохозяйству, который в настоящее время невозможно осуществить без цифровизации сельского хозяйства с использованием технологий координатного земледелия [1]. Министерством сельского хозяйства Российской Федерации разработан ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство», где отражена актуальная на сегодняшний день задача освоения и внедрения цифровых технологий и платформенных решений с целью технологического прорыва в АПК и роста производительности труда в сельском хозяйстве за счет применения координатного земледелия [2].

Исследования последних лет показали, что повысить эффективность производства продукции растениеводства за счет применения традиционных методов и ресурсов весьма затруднительно, но возможно за счет использования цифровых технологий, координатного земледелия и платформенных решений [3-7].

Анализ статистической информации по использованию элементов координатного земледелия в России, проведенный «Центром прогнозирования и мониторинга», показал, что элементы координатного земледелия используются в 55 регионах, 2834 хозяйствах на площади 15,5 млн га, но из проанализированных регионов оно применяется лишь в 10 % хозяйств. По экспертной оценке, число регионов, применяющих новые технологии в растениеводстве, выросло на 38 %, при этом общая площадь, на которой применяются элементы координатного земледелия, увеличилась на 24 % [8]. Кроме того, экспертами установлено, что наиболее важными элементами координатного земледелия для реализации в 2021-2030 гг. будут оцифровка полей и диф-

ференцированное внесение удобрений, мониторинг состояния посевов с использованием дистанционного зондирования Земли, дифференцированное опрыскивание сорняков, составление цифровых карт урожайности, параллельное вождение, дифференцированный посев.

Современные подходы к экономическому анализу технологии координатного земледелия, как правило, сводятся к оценке применяемой техники и соответствующих технологий при возделывании одной сельскохозяйственной культуры [9]. Внедрение технологий координатного земледелия в масштабах сельхозпредприятия позволит обеспечить экономию ресурсов до 30 %, а также повысить эффективность и экологические показатели использования земельных ресурсов [10]. Следовательно, исследования элементов технологии координатного земледелия при возделывании и уборке озимой пшеницы с расчетами экономической эффективности от их применения и обоснованием наиболее эффективных вариантов для внедрения в производство являются весьма актуальными.

Цель исследований – проведение сравнительной экономической оценки традиционной технологии возделывания и уборки озимой пшеницы и технологии с элементами координатного земледелия в условиях Краснодарского края.

Материалы и методы исследования

Для проведения сравнительной экономической оценки технологий возделывания и уборки озимой пшеницы и обоснования наиболее эффективного варианта в качестве базы взята традиционная технология, применяемая на валидационном полиго-

не Новокубанского филиала ФГБНУ «Росинформагротех» (КубНИИТиМ), на основе которой была разработана новая технология с элементами координатного земледелия и оптимальными дозами внесения минеральных удобрений, полученными в результате проведенных экспериментальных исследований по дифференцированному внесению минеральных удобрений в зонах с различной урожайностью предшественника.

При применении традиционной технологии удобрения вносили в соответствии с хозяйственными дозами: основное внесение удобрений (аммофос и калий хлористый) – по 150 кг/га; с посевом – аммофос (50 кг/га); первая и вторая подкормка аммиачной селитрой – по 150 кг/га. Урожайность озимой пшеницы составила 57,8 ц/га.

Для определения показателей экономической оценки при применении новой технологии брали усредненную максимальную урожайность – 65,6 ц/га из наиболее эффективных экспериментальных вариантов по дифференцированному внесению удобрений. Оптимальные дозы дифференцированного внесения удобрений также усреднены: основное внесение удобрений (аммофос и калий хлористый) – по 145 кг/га; с посевом – аммофос (50 кг/га); первая подкормка аммиачной селитрой – 150 кг/га, вторая – 117 кг/га.

Экономическая оценка применения машинно-тракторных парков в базовой и новой технологиях осуществлялась в соответствии с действующим межгосударственным стандартом ГОСТ 34393 [12]. Расчеты по определению показателей экономической оценки проведены по данным эксплуатационно-технологической оценки согласно технологическим картам с помощью программного обеспечения «Экономическая оценка» на площадь озимой пшеницы 1000 га. Цена на сельскохозяйственную технику взята без учета НДС.

Результаты исследований и обсуждение

Для исследования элементов координатного земледелия в техно-

Таблица 1. Расчет суммы необходимых дополнительных вложений денежных средств в технологию с элементами координатного земледелия на 1000 га

Наименование	Цена, руб.	Число	Стоимость, руб.
<i>Технические средства</i>			
«Агронавигатор-АСУР-Дозатор» для дифференцированного внесения	175 236	2	350 472
Система картирования урожайности Trimble YM	909 150	4	3 636 600
<i>Услуги</i>			
Создание карт NDVI с помощью аэрофотосъемки	1 023 000	1	1 023 000
Программное обеспечение для создания карт Trimble AG	99 000	1	99 000
Итого	5 109 072		

логии возделывания и уборки озимой пшеницы были закуплены и установлены необходимые технические средства, а также оплачены услуги по применению специализированного программного обеспечения для обработки полученных данных. Расчет необходимых денежных средств, т.е. дополнительных капитальных вложений в технические средства и стоимость оказанных услуг для внедрения технологии с элементами координатного земледелия приведен в табл. 1.

Таким образом, размер необходимых дополнительных вложений денежных средств в технологию с элементами координатного земледелия составил 5 109,1 тыс. руб.

В рамках выполнения НИР в 2021 г. на основе традиционной технологии возделывания и уборки озимой пшеницы разработана новая технология с элементами координатного земледелия и оптимальными дозами внесения минеральных удобрений (табл. 2) [11].

Сравниваемые технологии (традиционная и новая) включают в себя одинаковый набор технологических операций, но отличаются между собой следующими параметрами:

- дозами внесения минеральных удобрений;
- разным количеством вспомогательных рабочих на операциях внесения минеральных удобрений машинно-тракторными агрегатами с Bogballe M2 (два вспомогательных рабочих в технологии с элементами

координатного земледелия против четырех – в традиционной технологии);

- наличием в технологии с элементами координатного земледелия систем картирования урожайности Trimble YM на зерноуборочных комбайнах с последующей программной обработкой полученных данных.

Проведем сравнительный анализ показателей экономической оценки использования различных вариантов машинно-тракторного парка (МТП) при возделывании и уборке озимой пшеницы по традиционной технологии и технологии с элементами координатного земледелия (табл. 3).

Применение нового МТП с использованием элементов координатного земледелия по сравнению с базовым обеспечило снижение трудоемкости механизированных работ на 13,6 %, потребности в обслуживающем персонале на 8 человек, или на 33,3 %. Потребность в топливе для обоих вариантов применения МТП одинаковая.

Величина капитальных вложений в новый МТП с применением элементов координатного земледелия выше на 3 987 тыс. руб., или на 3,1 %, по сравнению со стоимостью базового МТП, что связано с дооснащением техническими средствами для координатного земледелия: агронавигаторами для дифференцированного внесения удобрений «Агронавигатор-АСУР-Дозатор» и системами картирования урожайности Trimble YM.

Таблица 2. Новая технологическая карта возделывания и уборки озимой пшеницы с элементами координатного земледелия

Основные технологические операции	Состав агрегата	Агросрок	Производительность в час сменного времени, га	Удельный расход топлива, кг/га
1. Дискование растительных остатков в два следа (закрытие влаги)	Versatile 2375 + Challenger 1435 K-744P1 + БДТМ-6×3 John Deere 8420 + Catros 6001-2	25.08-25.09	6,4 5 4,3	5,6 7,5 6,3
2. Внесение минеральных удобрений (основное)	MT3-82 + Bogballe-M2 + + «Агронавигатор-АСУР-Дозатор» Беларус-1025.2+Bogballe-M2 + + «Агронавигатор-АСУР-Дозатор»	26.09-30.09	15,7 17,1	0,3 0,4
3. Дискование с заделкой минеральных удобрений	Versatile 2375 + Challenger 1435 K-744P1 + БДТМ-6×3	26.09-30.09	6,4 5	5,6 7,5
4. Предпосевная подготовка почвы	K-744P1 + КДК-9	01.10-10.10	6,4	6,5
5. Посев с внесением удобрений	John Deere 8420 + John Deere 455 Беларус-1025.2 + С-7,2-ПМЗ	01.10-10.10	5,7 5	3,4 2,5
6. Прикатывание посевов	MT3-82 + КЗК-6 MT3-82 + КЗК-9,2	01.10-10.10	6,4 7,8	2,1 1,7
7. Первая подкормка озимых (поверхностная)	MT3-82 + Bogballe-M2 + + «Агронавигатор-АСУР-Дозатор» Беларус-1025.2 + Bogballe-M2 + + «Агронавигатор-АСУР-Дозатор»	05.03-15.03	21,4 22,8	0,4 0,5
8. Вторая подкормка озимых (поверхностная)		25.03-05.04	21,4 22,8	0,4 0,5
9. Борьба с сорняками и болезнями	MT3-82 + ОПГ-3000/24 МК	06.04-10.04	11,7	0,4
10. Внекорневая подкормка		15.05-19.05	11,7	0,4
11. Борьба с вредителями и болезнями		05.06-09.06	11,7	0,4
12. Прямое комбайнирование озимой пшеницы с измельчением соломы	RSM-142 «ACROS-550» + + Power Stream 700 + Trimble Yield Monitoring K3C-1218 «GS-12» + ЖЗК-7-7 + + Trimble Yield Monitoring	05.07-15.07	2 2,1	12,5 12,5

Таблица 3. Показатели экономической оценки использования различных вариантов МТП

Показатели	Значение по МТП	
	базовый	новый с применением элементов координатного земледелия
Затраты труда, чел.-ч	3150	2721
Потребность: в механизаторах	8	8
вспомогательных рабочих	16	8
топливе, т	55,1	55,1
капитальных вложениях, тыс. руб.	130 629	134 616
Эксплуатационные затраты денежных средств, тыс. руб.	13 461	13 735
Совокупные затраты денежных средств, тыс. руб.	13 461	14 857

Удельные эксплуатационные затраты денежных средств при применении МТП с элементами координатного земледелия увеличились на 274 руб/га, или на 2 %.

В совокупные затраты денежных средств для применения МТП с элементами координатного земледелия помимо эксплуатационных затрат денежных средств включены оплата

услуг по созданию карт NDVI с беспилотного летательного аппарата и стоимость программного обеспечения для создания карт урожайности Trimble AG. Величина удельных совокупных затрат денежных средств при применении нового МТП с элементами координатного земледелия выше по сравнению с базовым МТП на 1396 руб/га, или на 10,4 %.

Проведенный сравнительный анализ показателей экономической эффективности технологий возделывания и уборки озимой пшеницы показал, что новая технология с элементами координатного земледелия является более эффективной по сравнению с традиционной, так как урожайность данной культуры увеличилась на 0,78 т/га, или на 13,5 %, что повлияло на рост стоимости реализованной продукции на 9 984 тыс. руб. Прибыль от реализации продукции выросла

на 9,71 млн руб., или на 34,2 %. Рентабельность реализованной продукции увеличилась на 20,8 п.п. и составила 83 % (табл. 4).

В дополнительные затраты по предлагаемой технологии с элементами координатного земледелия включена не только разница в совокупных затратах денежных средств по сравнению с традиционной технологией, но и дополнительные капитальные вложения на дооснащение техническими средствами. Установлено, что на каждый 1 руб. дополнительных затрат по внедрению новой технологии с элементами координатного земледелия приходится 1,8 руб. дополнительной прибыли, т.е. дополнительные затраты полностью окупаются.

Применение новой технологии с элементами координатного земледелия при возделывании и уборке озимой пшеницы вместо традиционной технологии позволило получить дополнительную погектарную прибыль в размере 9 713 руб.

Выводы

1. Анализ статистической информации показал, что элементы координатного земледелия используются в 55 регионах, 2834 хозяйствах на площади 15,5 млн га: из проанализированных регионов координатное земледелие применяется лишь в 10 % хозяйств. Количество регионов, применяющих новые технологии в растениеводстве, увеличилось на 38 %, а общая площадь, на которой применяются элементы координатного земледелия, – на 24 %.

2. Для внедрения элементов координатного земледелия в существующие технологии возделывания сельскохозяйственных культур необходимы дополнительные капитальные затраты на технические средства и услуги по использованию специализированного программного обеспечения.

3. Применение элементов координатного земледелия и электронных карт-заданий на дифференцированное внесение минеральных удобрений в технологии возделывания и уборки озимой пшеницы привело

Таблица 4. Показатели экономической эффективности технологий возделывания и уборки озимой пшеницы

Показатели	Вариант технологии	
	традиционная	новая, с элементами координатного земледелия
Урожайность, т/га	5,78	6,56
Стоимость реализованной продукции, тыс. руб.	73 984	83 968
Капитальные вложения, тыс. руб.	130 628,9	134 615,9
Оборотные фонды (всего), тыс. руб.	35 129,7	34 005,4
В том числе:		
топливо	2 981,5	2 981,5
семена	5 000	5 000
удобрения	24 028	22 903,7
средства защиты растений	3 120,2	3 120,2
Себестоимость производства продукции, тыс. руб.	45 610,4	45 881,5
Прибыль:		
тыс. руб.	28 373,6	38 086,5
руб/га	28 373,6	38 086,5
руб/т	4 908,9	5 821,1
Рентабельность культуры, %	62,2	83
Затраты труда, чел. -ч/т	0,54	0,41
Дополнительные затраты, руб/га	-	5 383,1
Дополнительная прибыль, руб/га	-	9 712,9

к росту урожайности данной культуры на 13,5 %, увеличению погектарной прибыли на 34,2 % и рентабельности продукции на 20,8 п.п.

Список использованных источников

1. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2016, № 49, ст. 6887).
2. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: официальное издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 48 с.
3. Буклагин Д.С., Мишуrow Н.П., Федоренко В.Ф., Соловьев С.А., Балабанов В.И. Цифровые технологии и системы управления сельскохозяйственным производством: аналит. обзор. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. 88 с.
4. Буклагин Д.С., Мишуrow Н.П., Труфляк Е.В. Цифровые технологии в землепользовании и землеустройстве: аналит. обзор. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. 96 с.

5. Гольяпин В.Я., Мишуrow Н.П., Федоренко В.Ф., Голубев И.Г., Балабанов В.И., Петухов Д.А. Цифровые технологии для обследования состояния земель сельскохозяйственного назначения беспилотными летательными аппаратами: аналит. обзор. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 88 с.

6. Petukhov DA, Ivanov AB, Bondarenko EV, Trubnikov AV and Semizorov SA. The efficiency of the differentiated application of mineral fertilizers in the production technology of winter wheat cultivation // In the journal: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 723 (ESDCA 2021) 032042, 2021. 6 p.

7. Федоренко В.Ф., Мишуrow Н.П., Петухов Д.А., Трубников А.В., Семизоров С.А. Технология точного земледелия: дифференцированное внесение удобрений с учетом внутриполевой неоднородности почвенно-земельного покрова // Техника и оборудование для села. 2019. № 2. С. 2-8.

8. Труфляк Е.В., Курченко Н.Ю., Креймер А.С. Мониторинг научно-технологического развития АПК в области точного сельского хозяйства: моно-

графия. Краснодар: КубГАУ, 2021. 95 с.

9. Точное земледелие: учеб. пособие / Е.В. Труфляк. Краснодар: КубГАУ, 2020. 164 с.

10. Лобков В.Т., Плыгун С.А. Анализ приоритетных направлений развития земледелия на современном этапе научно-технического прогресса // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2012. № 2 (2). С. 3-9.

11. Исследование экономической эффективности дифференцированного внесения удобрений и разработка метода создания карт-заданий на основе цифровых карт урожайности и карт биомассы растений, полученных с БПЛА: отчет о НИР (заключит.) / ФГБНУ «Росинформагротех»; рук. Подъяблонский П.А.; исполн. Петухов Д.А. [и др.]. М., 2021. 78 с.

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

Effectiveness of the Use of Coordinate Farming Elements in the Production of Winter Wheat

N.P. Mishurov

(Rosinformagrotekh)

D.A. Petukhov,

S.A. Sviridova,

E.E. Podolskaya

(KubNIITiM)

E.V. Truflyak

(Kuban SAU)

Summary. *The main directions and tasks for the development and implementation of coordinate agriculture technologies are considered. A new technological map of winter wheat cultivation and harvesting with elements of coordinate agriculture is presented. The results of comparative analysis of indicators of economic assessment of technology with elements of coordinate agriculture and traditional technology are presented.*

Keywords: *coordinate agriculture, differentiated application of fertilizers, winter wheat, technology, economic assessment, efficiency.*

Реферат

Цель исследований – проведение сравнительной экономической оценки традиционной технологии возделывания и уборки озимой пшеницы и технологии с элементами координатного земледелия в условиях Краснодарского края.

Анализ статистической информации показал, что элементы координатного земледелия используются в 55 регионах, 2834 хозяйствах на площади 15,5 млн га, но из проанализированных регионов координатное земледелие применяется лишь в 10 % хозяйств. Количество регионов, применяющих новые технологии в растениеводстве, увеличилось на 38 %, а общая площадь, на которой применяются элементы координатного земледелия, – на 24 %. Внедрение технологий координатного земледелия в масштабах сельхозпредприятия позволит обеспечить экономию ресурсов до 30 %, а также повысить эффективность и экологические показатели использования земельных ресурсов. Однако для внедрения элементов координатного земледелия в существующие технологии возделывания сельскохозяйственных культур необходимы дополнительные капитальные затраты на технические средства и услуги по использованию специализированного программного обеспечения. Для проведения сравнительной экономической оценки технологий возделывания и уборки озимой пшеницы и обоснования наиболее эффективного варианта в качестве базы была взята традиционная технология, применяемая на валидационном полигоне Новокубанского филиала ФГБНУ «Росинформагротех» (КубНИИТиМ), на основе которой разработана новая, с элементами координатного земледелия и оптимальными дозами внесения минеральных удобрений, полученными в результате проведенных экспериментальных исследований по дифференцированному их внесению. Применение элементов координатного земледелия и электронных карт-заданий на дифференцированное внесение минеральных удобрений в технологии возделывания и уборки озимой пшеницы привело к росту урожайности пшеницы на 13,5 %, увеличению погектарной прибыли на 34,2 % и рентабельности продукции на 20,8 п.п.

Abstract

The purpose of the research is to conduct a comparative economic assessment of the traditional technology of cultivation and harvesting of winter wheat and technology with elements of coordinate agriculture in the conditions of the Krasnodar Territory.

Analysis of statistical information showed that elements of coordinate agriculture are used in 55 regions, 2,834 farms on an area of 15.5 million hectares, but coordinate agriculture is used only in 10 % of farms of the analyzed regions. The number of regions using new technologies in crop production increased by 38 %, and the total area on which the elements of coordinate agriculture are used increased by 24 %. The introduction of coordinate farming technologies on the scale of the agricultural enterprise will ensure resource savings of up to 30 %, as well as it will increase the efficiency and environmental indicators of the use of land resources. However, additional capital expenditures on technical means and services for the use of specialized software are required to incorporate the elements of coordinate agriculture into existing crop technologies. To conduct a comparative economic assessment of winter wheat cultivation and harvesting technologies and justify the most effective option, the traditional technology used at the validation site of the Novokubansk branch of the Federal State Budgetary Institution Rosinformagrotekh (KubNIITiM) was taken as the basis. On the basis of that technology a new one was developed - with elements of coordinate agriculture and optimal doses of mineral fertilizer application obtained as a result of experimental studies on differentiated application of mineral fertilizers. The use of elements of coordinate farming and electronic task cards for differentiated application of mineral fertilizers in the technology of cultivation and harvesting of winter wheat led to an increase in wheat yield by 13.5 %, an increase in per hectare profit by 34.2 % and product profitability by 20.8 p.p.