ISSN 2072-9642

Техника и оборудование для села

Machinery and Equipment for Rural Area

Сельхозпроизводство ❁ Переработка ❁ Агротехсервис ❁ Агробизнес

VERSATILE SP 275/235

ЭФФЕКТИВНАЯ РАБОТА В ЛЮБЫХ УСЛОВИЯХ

СЕРИЯ

САМОХОДНЫХ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ

МОЩНЫЕ, НАДЕЖНЫЕ
ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ
МАШИНЫ

ROSTSELMASH

№11 Ноябрь 2017

Молочная и мясная индустрия

16-я Международная выставка оборудования и технологий для животноводства, молочного и мясного производств

27.02-02.03.2018

Москва, МВЦ «Крокус Экспо»

Подробнее о выставке:
md-expo.ru

Организатор
Группа компаний ITE
+7 (499) 750-08-28
md@ite-expo.ru

Одновременно с выставкой

ingredients RUSSIA

21-я Международная выставка пищевых ингредиентов

Ежемесячный научно-производственный и информационно-аналитический журнал
Учредитель:
ФГБНУ «Росинформагротех»
Издается с 1997 г.
при поддержке Минсельхоза России
Индекс в каталоге агентства «Роспечать» 72493
Индекс в объединенном каталоге «Пресса России» 42285
Перерегистрирован в Роскомнадзоре
Свидетельство ПИ № ФС 77-47943 от 22.12.2011 г.

Редакционная коллегия:
главный редактор – **Федоренко В.Ф.**, д-р техн. наук, проф., академик РАН,
зам. главного редактора – **Мишуров Н.П.**, канд. техн. наук.
Члены редколлегии:
Буклагин Д.С., д-р техн. наук, проф.,
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,
Кешуов С.А., д-р техн. наук, проф., академик НАН Республики Казахстан,
Конкин Ю.А., д-р экон. 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., чл.-корр. РАН,
Морозов Н.М., д-р экон. наук, проф., академик РАН,
Некрасов А.И., д-р техн. наук,
Сыроватка В.И., д-р техн. наук, проф., академик РАН,
Цой Ю.А., д-р техн. наук, проф., чл.-корр. РАН,
Черноиванов В.И., д-р техн. наук, проф., 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:
Buklagin D.S., Doctor of Technical Science, professor,
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 Scinces,
Keshuov S.A., D.E., professor, academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan,
Konkin Yu.A., Doctor of Economics, 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, corresponding member of the Russian Academy of Sciences,
Morozov N.M., Doctor of Economics, professor, academician of the Russian Academy of Sciences,
Nekrasov A.I., Doctor of Technical Science,
Syrovatka V.I., Doctor of Engineering, professor, academician 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
Отдел рекламы
Горбенко И.В.
Дизайн и верстка
Речкина Т.П.
Художник Жуков П.В.

ISSN 2072-9642
№ 11 (245)
Ноябрь 2017 г.

ТЕХНИКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СЕЛА

MACHINERY AND EQUIPMENT FOR RURAL AREA

В НОМЕРЕ

Техническая политика в АПК

Сыроватка В.И., Горбачев И.В. Актуальность «Земледельческой механики» В.П. Горячкина (к 150-летию со дня рождения) 2

Технико-технологическое оснащение АПК: проблемы и решения

CLAAS полностью обновляет модельный ряд погрузчиков и выводит на рынок новый продукт 5

Точно в цель: в Германии завершилась крупнейшая международная сельхозвыставка «Агритехника-2017» 6

Инновационные технологии и оборудование

Кувшинов А.Н., Русяев А.В., Буянкин Д.Ю. Исследование причин перегрева в системах охлаждения двигателей внутреннего сгорания 8

Пуков Р.В., Симдянкин А.А., Успенский И.А., Угланов М.Б., Юхин И.А., Нефедов Б.А. Оценка топливопотребления двигателей при ультразвуковой обработке топлива 12

Ростовцев Р.А., Шишин Д.А. Результаты испытаний нового устройства для очёса лент льна 18

Терпигорев А.А., Грушин А.В., Гжибовский С.А. Технологии и техника микрооросения локальных систем 22

Пахомов А.И., Максименко В.А., Буханцов К.Н. Энергетическая оценка комплекта нового оборудования для конвективно-сверхвысокочастотного и низкоконцентрационного химического обеззараживания зерна и семян 27

Тихомиров Д.А., Тихомиров А.В. Совершенствование и модернизация систем и средств энергообеспечения – важнейшее направление решения задач повышения энергоэффективности сельхозпроизводства 32

Агротехсервис

Михальченков А.М., Шустов А.Ф. Особенности изнашивания и ресурс восстановленных импортных составных лемехов при пахоте на супесчаных почвах .. 37

Аграрная экономика

Цой Л.М. Эффективные модели производства свинины 41

Информатизация

Козубенко И.С. Точное земледелие и интернет вещей 46

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).
Полные тексты статей размещаются на сайте электронной научной библиотеки eLIBRARY.RU: http://elibrary.ru

Журнал включен в международную базу данных AGRIS ФАО ООН

Входит 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 по отраслям науки, соответствующим профилю журнала (технические и экономические науки), как издание, входящее в международную базу данных AGRIS (приказ Минобрнауки России от 25.07.2014 № 793).

Редакция журнала:
141261, г.п. Правдинский Московской обл., ул. Лесная, 60
Тел. (495) 993-44-04. Факс (496) 531-64-90
fgnu@rosinformagrotech.ru; r_technica@mail.ru
www.rosinformagrotech.ru
Отпечатано в ФГБНУ «Росинформагротех»
Подписано в печать 22.11.2017. Заказ 1012

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

© «Техника и оборудование для села», 2017

УДК 631.365.25:633.853.494

Актуальность «Земледельческой механики» В.П. Горячкина (к 150-летию со дня рождения)

29 января 2018 г. исполняется 150 лет со дня рождения основоположника «Земледельческой механики» Василия Прохоровича Горячкина, почетного академика Академии наук СССР, академика ВАСХНИЛ, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, первого председателя секции механизации ВАСХНИЛ.

В.И. Сыроватка,
д-р техн. наук, проф., академик РАН (лауреат золотой медали РАН имени В.П. Горячкина), зав. лабораторией, vniimzh@mail.ru (ФГБНУ ВНИИМЖ);
И.В. Горбачев,
д-р с.-х. наук, проф., чл.-корр. РАН, info@timacad.ru (ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева)

Василий Прохорович Горячкин родился 29 января 1868 г. в Москве в семье крепостного горнозаводского мастера из села Выксы Нижегородской губернии Прохора Ивановича Горячкина, а ушел из жизни 22 сентября 1935 г. С тех пор прошло 83 года, но В.П. Горячкин и сегодня – яркая звезда на небосклоне инженерной сельскохозяйственной науки.

На прошедшей сессии РАН (25-29 сентября 2017 г.) был дан анализ состояния науки России, сформулированы задачи и пути их решения, избраны президент РАН и руководство академии.

Отмечено, что в современном мире в странах – глобальных лидерах с динамично развивающейся экономикой наука является ведущей производительной силой, обеспечивающей технологическое лидерство, высокий уровень жизни населения и повышение его интеллекта. Наука имеет стабильную финансовую, материальную и политическую поддержку, служит обществу, выполняя свои основные задачи: получение новых знаний о закономерностях развития Природы, Человека и Общества; обеспечение научно-технологического задела в интересах развития экономики, укрепления обороноспособности и безопасности страны; развитие системы образования, повышения интеллектуального и культурного уровня общества; подготовка кадров высшей квалификации; научное сопровождение принятия и реализации важнейших государственных решений [1].

Какова роль и польза научного наследия В.П. Горячкина в выполнении поставленных задач, в чем ее научный, практический и социальный смысл?

«Земледельческую механику» применяют как надежную, проверенную научную базу сельскохозяйственного машиностроения, новую вузовскую дисциплину и инженерную специальность. Обойти ее при изыскании новых рабочих органов, конструировании и расчетах параметров машин невозможно. Важная особенность «Земледельческой механики» состоит в том, что все рассмотренные в ней процессы представлены в аналитических зависимостях и математических формулах, что является основой составления алгоритмов и программ цифровых технологий с интеллектуальными системами управления. Была предложена и реализована научно-производственная сеть учреждений для непрерывного совершенствования машинных технологий и машин: НИИ разрабатывают экспериментальные образцы по результатам исследований процессов и рабочих органов; МИС проводят испытания, определяют соответствие новой машины и рабочих органов агротехническим требованиям; завод изготавливает опытный образец с учетом замечаний МИС; МИС испытывают опытный образец и определяют соответствие агротехническим требованиям, технико-экономическим показателям; завод осуществляет серийное производство. Все отмеченные учреждения проводят непрерывный мониторинг и через четыре-пять лет с учетом достижений мирового научно-технического прогресса запускают в серийное производство новое, более совершенное оборудование.

Исходя из научного фундамента, созданного в течение 40 лет научной деятельности В.П. Горячкиным с учениками и последователями, вузы должны готовить не потребителей зарубежной продукции, технологий и машин, а специалистов, способных творчески мыслить, эффективно использовать современную технику и обеспечивать непрерывный прогресс на базе мировых технических открытий.

Ценность наследия Горячкина заключается не только в созданной им «Земледельческой механике», но и основанной в соавторстве с другими учеными русской интеллектуальной

системе подготовки инженерных кадров. Под руководством академиков Н.Е. Жуковского и С.А. Чаплыгина он создавал русскую систему образования, базирующуюся на следующих принципах: фундаментальное образование как основа инженерных знаний; соединение образования с обучением инженерному делу (практика); применение знаний и практики в решении актуальных задач. Таким образом, формируется возможность системной подготовки и решения сложных научно-технических задач. Вузы должны концентрироваться на образовании, на фундаментальных знаниях. Ведущими в инженерных вузах являются кафедры математики, механики, физики, химии, теории машин и механизмов, иностранных языков. Без фундаментальных знаний у человека будет набор компетенций, а не комплекс понимания, способов мышления, что называется высокой инженерной культурой. «Образование – это то, что остается, когда все выученное забыто». Эта схема – главный критерий российского, а затем и советского образования взята за основу в училище им. Н.Э. Баумана. На Всемирной выставке в Вене (1873 г.) она была удостоена Большой золотой медали и стала называться «русской». Она положена в основу концепции подготовки инженерных кадров Массачусетского технологического института (МТИ) – законодателя мод в инженерном образовании.

Высокий научный интеллект, честь и совесть подтверждены достоверностью, объективностью научных результатов, являются следствием профессиональной самоотдачи, любви к родной земле и стране.

После 1917 г. в стране началась индустриализация сельскохозяйственного производства. Были востребованы научные разработки и сам Василий Прохорович Горячкин.

В 1928 г. отделение земледельческой механики было преобразовано в самостоятельный факультет Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева. В этом же году был организован Всесоюзный институт земледельческой механики, впоследствии переименованный во Всесоюзный институт сельскохозяйственного машиностроения (ВИСХОМ). Василий Прохорович стал его научным руководителем. В институт была передана и созданная им машиноиспытательная станция.

В 1930 г. при активном участии В.П. Горячкина был открыт научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства (ВИМЭ). Разработку плана научных исследований, структуру института и научное руководство осуществлял Василий Прохорович.

Из наследия и деятельности ученого следует, что для успешного развития сельскохозяйственного машиностроения необходимо следующее:

- постоянно действующая сеть институтов, МИС и заводов;
- чтобы научные учреждения, станции, заводы возглавляли лидеры, способные побуждать каждого сотрудника коллектива к творческому труду;
- тратить средства на экспериментальные установки и исследования только тогда, когда будут исчерпаны теоретические ресурсы, возможности естественных и прикладных наук;
- оценивать и защищать диссертации после внедрения полученных результатов в производство.

Земледельческая механика по обилию и разнообразию своих задач будет самой интересной механикой среди других.

На базе «Земледельческой механики» создана сеть научно-исследовательских учреждений: ВИСХОМ, ВИМ, МГАУ, МИС, позже НАТИ, РИСХМ, заводы, где ученики и сподвижники Горячкина успешно трудились. Аналогичные институты при его содействии были организованы на Украине и в других республиках бывшего Советского Союза.

В период 1930-1980 гг. в стране отмечался подъем сельскохозяйственного машиностроения, при этом важная роль отводилась «Земледельческой механике» В.П. Горячкина. Сельское хозяйство получило в нужных масштабах совершенную на то время технику: тракторы, комбайны, сельскохозяйственные машины и оборудование для животноводства.

Большинство решений проблем и диссертационных тем выполнялось в развитие «Земледельческой механики». Заработала система регулярного обновления техники на базе своевременной реализации мировых достижений научно-технического прогресса [2].

Многие сотрудники ВИМЭ – выпускники и ученики В.П. Горячкина – известные ученые, лауреаты государственных премий за создание новой техники. Среди них Н.Д. Лучинский, Н.Н. Ульрих, И.Ф. Василенко, А.Я. Поляк, Г.И. Бремер, Н.Н. Левыкин, Ф.М. Соловей, А.С. Маят, В.С. Краснов, М.А. Пустыгин, Г.М. Бузенков, С.Д. Птицын, З.Л. Тиц, В.Ф. Королев, А.Н. Карпенко, Г.И. Назаров, Г.И. Синеоков, Л.И. Воробьев, В.А. Зяблов, А.П. Макаров, А.Д. Хорошилов и др.

В РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева создан музей В.П. Горячкина, где студенты изучают отдельные темы и научное наследие Василия Прохоровича. Помимо макетов, собрания сочинений имеются материалы, представляющие собой глубокий анализ деятельности В.П. Горячкина: статьи В.А. Желиговского к 100-летию [3] и М.А. Пустыгина к 130-летию ученого [4], М.Н. Ерохина [5], Н.И. Кленина – МГАУ на рубеже веков [6] и др. Показано влияние Василия Прохоровича на мировую науку других стран, в частности США.

Большое разнообразие объектов исследования, фундаментальная постановка вопроса, глубина разработки, исключительная сила мышления математика и механика – вот черты, которые характеризуют ученого. Подтверждение тому – работы «Теория плуга», «Теория барабана», «Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин», «Теория соломорезки и силосорезки», «Теория колебаний», «Рациональная формула для силы тяги плугов», «Теория масс и скоростей сельскохозяйственных машин и орудий», «Уравнение удара ...», «Общая теория орудий».

Анализируя 150 -летний период, прошедший со дня рождения Василия Прохоровича Горячкина, можно отметить, что он не напрасно прожил свою жизнь [7].

С каждым годом мы все дальше и дальше уходим от той звездной поры, соратников и учеников В.П. Горячкина становится все меньше. Хочется верить, что время не властно над величием «Земледельческой механики» В.П. Горячкина и познавшие будут черпать в ней свои силы.

Список использованных источников

1. Программа кандидата в президенты РАН академика А.М. Сергеева. Н. Новгород: типография ФИЦ «Институт прикладной физики РАН», 2017. 7 с.

2. **Горячкин В.П**. Собрание сочинений: в 3 томах. М: Колос, 1968. Т. 1. С. 5-8.

3. **Желиговский В.А**. Василий Прохорович Горячкин // Механизация и электрификация. 1968. № 1. С. 1-9.

4. **Пустыгин М.А**. Основоположник науки о сельскохозяйственных машинах. К 130-летию со дня рождения Василия Прохоровича Горячкина (1868-1998) // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1998. № 1. С. 1-5.

5. **Ерохин М.Н**. Роль наследия В.П. Горячкина в агроинженерном образовании XXI века // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2008. № 1. С. 7-10.

6. **Кленин Н.И**. Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина на рубеже веков. М.: МГАУ им. В.П. Горячкина, 2000. 231 с.

7. **Сыроватка В.И**. Машинные технологии приготовления комбикормов в хозяйствах. М.: ФГУП «Типография «Россельхозакадемии», 2010. С. 8-10.

CLAAS полностью обновляет модельный ряд погрузчиков и выводит на рынок новый продукт

Обновленный модельный ряд известных телескопических погрузчиков SCORPION и новую линейку колесных погрузчиков TORION представил CLAAS на крупнейшей сельскохозяйственной выставке Agritechica 2017 в г. Ганновере. Работа по усовершенствованию и производству этих высокоэффективных машин велась во взаимодействии с одним из ведущих мировых производителей строительной и грузоподъемной техники – компанией LIEBHERR, которая и в дальнейшем будет сотрудничать с CLAAS в данном направлении.

Обновленный модельный ряд SCORPION способен оптимально удовлетворить потребности любого хозяйства – от небольшой фермы до крупного агрохолдинга. Самым компактным является SCORPION 635 – высокоманевренный универсальный телескопический погрузчик грузоподъемностью 3,5 т и рабочей высотой 6,13 м. Модель SCORPION 1033 разработана специально для тех потребителей, кому необходимо осуществлять работы на особенно большой высоте – до 9,75 м.

Семь новых моделей SCORPION отличаются повышенными грузоподъемностью – 3,2-5,6 т, рабочей высотой – 6,13-9,75 м и расширенными возможностями рулевого управления, обеспечивающими еще более удобное и точное маневрирование. Кроме того, альтернативой гидростатическому ходовому приводу являются системы VARIPOWER и VARIPOWERPLUS, имеющие три скорости, регулировка которых легко осуществляется с помощью джойстика. Комфортность и безопасность работы механизатора гарантируются системой электрогидравличе-ского парковочного тормоза, который автоматически активируется в случае, если водитель встает с сиденья, при остановке погрузчика или выключении двигателя. При нажатии на педаль газа парковочный тормоз автоматически выключается. Таким образом, погрузчик всегда готов к работе.

Абсолютно новая система SMART LOADING в моделях SCORPION объединяет все системы, обеспечивающие оптимальное использование производительности машины и предохраняющие её от перегрузки. Благодаря SMART LOADING появилась возможность программирования алгоритма операции погрузки и разгрузки ковша, что делает рабочий процесс безошибочным и полностью автоматизированным.

Оптимальную работу двигателя как при движении по дороге, так и при выполнении рабочих операций обеспечивают сразу две системы: SMARTLOADING и DYNAMICPOWER. Первая автоматически устанавливает количество оборотов двигателя при разгоне исходя из потребности в мощности. Если требуется меньше мощности, то скорость вращения оборотов двигателя автоматически снижается. DYNAMICPOWER в моделях 756 и 746 регулирует скорость вращения двигателя с помощью джойстика. Совместное использование двух систем обеспечивает не только комфортную работу с любыми орудиями, но и значительно снижает расход топлива и уровень шума.

Первыми на российском рынке уже в 2018 г. появятся пять основных моделей SCORPION – 635, 732, а также 736, 741, 1033

с системой VARIPOWER мощностью 136 л.с. Модели 746 и 756 с двигателями 156 л.с. станут доступными к 2019 г.

Новая линейка колесных телескопических погрузчиков TORION является ответом компании CLAAS на все более растущий спрос аграриев на специализированную сельскохозяйственную технику, отвечающую их потребностям в высокопроизводительных машинах для «профессиональной» транспортировки, погрузке/разгрузке материалов в сфере сельского хозяйства.

Семь моделей TORION представлены в трех классах в зависимости от их грузоподъемности и имеют широкий диапазон рабочих возможностей. Все они оснащены зарекомендовавшими себя компонентами CLAASPOWERSYSTEM, в которой совмещаются высочайшая степень надежности и отличная производительность. Кроме того, в погрузчиках TORION была существенно увеличена кабина с остеклением, обеспечивающим полный круговой обзор (на 360°). Все модели TORION отличает уникальное расположение двигателя, который установлен сзади машины и максимально низко. Это создает противовес поднимаемому грузу, соответственно, требуется меньше дополнительного балласта, что уменьшает износ шин и расход топлива. Кроме того, поднятие груза на максимальную высоту (вплоть до 7,5-9,75 м) возможно при использовании меньшего рабочего веса. Достичь высокой эффективности при эксплуатации погрузчиков TORION также помогает интеллектуальная система помощи механизатору SMARTLOADING, применимая и на SCORPION. Система включает в себя функцию программирования возврата ковша, определения предельных значений подъема и опускания груза. Также доступна система взвешивания груза.

Дополнительные преимущества при использовании погрузчиков TORION может предоставить уникальное для рынка решение – ковш с устройством SMARTPUSH. Принцип его работы заключается в том, что выгрузка осуществляется без опрокидывания, вместо этого содержимое просто выталкивается подвижной задней стенкой. Поскольку ковш находится при этом в горизонтальном положении, то фактически увеличивается максимальная рабочая высота выгрузки. Такая конструкция позволяет осуществлять работу на фермах и в помещениях с низкими потолками.

ТОЧНО В ЦЕЛЬ

В ГЕРМАНИИ ЗАВЕРШИЛАСЬ КРУПНЕЙШАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ СЕЛЬХОЗВЫСТАВКА «АГРИТЕХНИКА-2017»

Это событие неслучайно называют крупнейшим аграрным, хотя к агропроцессам оно относится опосредованно. Один раз в два года профессионалы сельского хозяйства собираются, чтобы обсудить перспективы развития отрасли и показать свои достижения. Это выставка «Агритехника». С 12 по 18 ноября она проходила в Ганновере. Настало время делиться впечатлениями и подводить итоги.

Для понимания масштаба приведём несколько цифр. 2803 компании из 53 стран привезли свою продукцию для более чем 450 000 посетителей. В 23 павильонах на 387 371 м^2 определены тренды развития сельского хозяйства на ближайшие годы. В определении приняли участие 28 компаний из России.

Стенд Ростсельмаш стал точкой притяжения и делегаций, и частных посетителей, и журналистов. По количеству новинок на 1 м^2 компания стала лидером, и это чувствовалось: и в первые, более официальные, дни для делегаций, и во время, отведенное для посещения выставки фермерами, у сельхозмашин было не протолкнуться. Еще с улицы через стекло павильона были видны огромные буквы – ROSTSELMASH, и для многих маршрут по павильону начинался именно отсюда. Посетителей встречал сервисный автомобиль, а дальше внимание фермеров, бауэров, представителей агрохолдингов и чиновников привлекли зерноуборочные комбайны TORUM 770, NOVA, RSM 161 и кормоуборочные RSM F 1300 и RSM F 2650.

Рядом с техникой разместились специальные экспонаты: кабина-тренажер комбайна, модель роторного молотильно-сепарирующего устройства с уникальной системой ARS, инновационная система очистки 5D.

Экспозиция подбиралась с учетом тематики выставки и профессиональных задач, стоящих перед сельским хозяйством. «Агритехника-2017» прошла под знаком экологии, центральной темой всех мероприятий (и деловой, и образовательной программ, и многочисленных семинаров, и круглых столов) стало «умное» сельское хозяйство. «Зеленое будущее – смарт-технологии» – этот девиз выставки определил интерес к ресурсосбережению, увеличению производительности, интеллектуализации сельхозтехнологий, обеспечению поддержки сельхозменеджмента.

Об этом говорит деловая и образовательная программа выставки: smart farming, нейро-адаптивные технологии, интерфейсы управления техникой и даже Landwirdshaft 4.0 – сельское хозяйство нового поколения. В повестку дня современного сельского хозяйства Ростсельмаш вписался удачно. Больше экономии ресурсов, меньше воздействия на окружающую среду – именно эти принципы были декларированы

при презентации новинок – самого ожидаемого на континенте в 2017 г. зерноуборочного комбайна NOVA и новых комбайнов кормоуборочной линейки RSM F 1300 и RSM F 2650. Они, кстати, вызвали особый интерес.

RSM F 1300 для маленьких и средних животноводческих хозяйств и RSM F 2650 для хозяйств крупных и контракторов представляют разные мощностные классы, но выдержаны в едином экологическом и интеллектуальном направлении; их задача – снизить воздействие на окружающую среду, облегчить труд оператора и минимизировать человеческий фактор.

Европейцев достаточно неожиданно заинтересовал F 1300 – его фермеры рассматривают как технику, которая может прийти на смену устаревшей.

В RSM F 2650 заинтересовала возможность дистанционного мониторинга: данные всех машин могут быть объединены системой Agrotronic, позволяющей контролировать использование машин и оптимально рассчитывать полевые работы.

Второй точкой притяжения посетителей стал NOVA – компактный комбайн третьего класса с потенциалом четвертого. Небольшие агромашины сегодня стали еще одним трендом. Их привезли на выставку Deutz Fahr и New Holland, но именно комбайн NOVA стал настоящей звездой. Сочетание простоты (значит, и надежности), технологичности и отличной приспособленности к условиям работы не очень большого хозяйства обеспечит новинке прекрасное будущее.

С NOVA Ростсельмаш, действительно, попал точно в цель, предложив решение для «бауэров» – не очень крупных фермеров. На «Агритехнике» выяснилось: комбайн нашел целевого потребителя.

Зерноуборочные TORUM 770 и RSM 161 продемонстрировали ориентацию и на другую группу потребителей – это крупные хозяйства и агрохолдинги. До недавнего времени на европейском рынке особых альтернатив-то и не было – Claas и John Deere (кстати, поддержка «своих» на выставке ох как чувствовалась, начиная от стенда и заканчивая программой), цены на рынке устанавливались достаточно монопольные. С усилением присутствия Ростсельмаш в Европе многим придется поволноваться.

Это выяснилось уже на стенде. Самый популярный вопрос у зерноуборочной линейки касался не технической части, а того, где найти ближайшего дилера. Многие, в основном фермеры, которые или уже используют нашу технику, или только собираются её использовать, говорили: так держать!

Вторая тенденция тоже порадовала. Современная уборка урожая становится все более сложной: условия изменяются, климат становится более влажным, с огромными объемами убираемых площадей зачастую необходимо управиться в минимальные сроки. То, что европейские условия работы становятся все более российскими, Ростсельмаш, безусловно, на руку: созданные для нестандартных условий машины станут тем самым решением, которое давно искали.

Скоро оптимистичные планы экспансии техники Ростсельмаш в Европе начнут сбываться, об этом говорит то, что с выставки компания привезла договоренности с Австралией, Японией, Турцией, Угандой, Алжиром, Индией. Политика компании сегодня – открывать не менее двух новых рынков в год. Видимо, после «Агритехники» это число изменится в большую сторону.

УДК 621.431.7

Исследование причин перегрева в системах охлаждения двигателей внутреннего сгорания

А.Н. Кувшинов,
канд. техн. наук, доц.,
mesmgu@mail.ru
А.В. Русяев,
препод.,
mesmgu@mail.ru
Д.Ю. Буянкин,
магистрант,
mesmgu@mail.ru
(Национальный исследовательский Мордовский государственный университет)

Аннотация. *Рассмотрены причины перегрева в системе охлаждения двигателя внутреннего сгорания (ДВС). Показано, что при анализе отказов данной системы необходимо учитывать внутреннее давление в ней, так как оно оказывает значительное влияние на значения большей части параметров системы и на запас ее охлаждающей способности при переменной нагрузке на двигатель.*

Ключевые слова: *двигатель внутреннего сгорания (ДВС), система охлаждения, перегрев, температура, жидкость, помпа, давление.*

Исследование причин перегрева двигателя внутреннего сгорания (ДВС) в реальной практике в основном осуществляется при экспертной диагностике, которая определяет степень влияния «человеческого фактора» на возникновение причин перегрева двигателя: нарушение режимов эксплуатации (перегрузка двигателя на малых оборотах вращения коленчатого вала); несанкционированное вмешательство человека в систему охлаждения; отсутствие контроля за работой контрольных приборов. В то же время значительный интерес представляют объективная оценка возникновения неисправностей системы охлаждения и поиск необходимых инструментов контроля для предотвращения отказов на этапе их зарождения.

Анализ априорной информации [1- 3] показал, что большинство исследователей распределяют причины перегрева ДВС на три группы:

1) неисправности, вызывающие нарушение циркуляции охлаждающей жидкости (ОЖ) в системе (в том числе неисправности термостата, насоса, загрязнение радиатора изнутри);

2) неисправности агрегатов, нарушающие отвод теплоты из системы (в том числе неисправности датчиков, вентилятора, загрязнение радиатора снаружи);

3) утечки охлаждающей жидкости из системы (в том числе вследствие негерметичности из-за повреждения хомутов, шлангов, радиаторов).

Первые две группы причин имеют общий признак – нормальное количество ОЖ на момент начала повышения температуры в системе. На рис. 1 показаны неисправности, вызывающие нарушение циркуляции ОЖ вследствие отказа помпы (насос циркуляции системы охлаждения).

Причины отказов насоса связаны в основном с ослаблением ремня натяжения, его обрывом или проскальзыванием крыльчатки. Отказ крыльчатки вызван попаданием посторонних предметов, технологическими недостатками изготовления, перегревом, а также химическим разрушением из-за использованиянекачественного антифриза.

Рис. 1. Обрыв крыльчатки насоса охлаждающей жидкости

Глубокий анализ установленных групп неисправностей показал, что не во всех случаях понятны причины возникновения отказов системы охлаждения автотракторных двигателей. Это обусловлено тем, что в предложенной классификации учитываются только параметры теплоотвода, уровня охлаждающей жидкости, ее циркуляции в системе (коэффициент обмена), а параметр давления в системе охлаждения не учитывается, в то время как от него зависит функционирование системы охлаждения в штатном режиме.

В большинстве случаев на современных двигателях в качестве охлаждающей жидкости используются антифризы, которые представляют собой водные растворы этиленгликоля. Из-за химической активности раствора применяется различный пакет присадок (ингибирующие, стабилизирующие и др.). При этом физические свойства антифризов отличаются от физических свойств воды. Неоспоримыми преимуществами антифризов являются низкая температура замерзания и практически отсутствие образования накипи. При этом если рассмотреть другие их свойства, то можно отметить, что антифризы значительно ухудшают параметры системы охлаждения.

Представим работу системы охлаждения двигателя в виде способности передавать теплоту окружающему воздуху, которая определяется по формуле [4, 5]

$$Q_в = G_ж c_ж (T_2 - T_1), \qquad (1)$$

где $G_ж$ – расход охладителя через систему, кг/ч;

$c_ж$ – удельная теплоёмкость охладителя, кДж/ (кг·К);

T_1, T_2 – температура охладителя на входе и выходе из системы охлаждения, К.

Из выражения (1) видно, что охлаждающая способность охладителя зависит от перепада температуры на теплообменнике (радиаторе), которая в реальных условиях эксплуатации зависит от внешних и внутренних загрязнений, циркуляции и параметров теплоемкости теплоносителя (вода или антифриз).

Расход охладителя в системе охлаждения определяется из выражения

$$G_{Ж} = Q_{в} /(c_{Ж}\, \rho_{ж}\, \Delta T_{ж}), \qquad (2)$$

где $\rho_{ж}$ – плотность охладителя, кг/м^3;

$\Delta T_{ж}$ – температурный перепад воды в радиаторе, равный 6-12 К.

В выражениях (1) и (2) параметр теплоемкости теплоносителя является основным, при этом в теоретических расчетах он принимается постоянным.

Известно, что параметры теплоносителя не являются константой и зависят от параметров состояния системы [6, 7]. Как правило, теплоемкость охлаждающей жидкости (теплоносителя) зависит от множества параметров. Например, у воды в диапазоне температур 0 -100°С теплоемкость практически не меняется и составляет 4,2- 4,23 кДж/(кг·К) [6, 7]. Теплоемкость антифризов в этом же температурном диапазоне составляет 2,8-3,6 кДж/ (кг·К).

К тому же антифризы являются вязкими средами, что увеличивает затраты на их прокачивание в системе. Все это снижает запас охлаждающей способности системы охлаждения на различных температурных режимах от 15 до 33 %, что может вызвать кратковременный перегрев двигателя. Данная проблема требует решения по увеличению запаса охлаждающей способности системы охлаждения до необходимого запаса в эксплуатации.

Одним из таких решений является применение закрытых систем охлаждения под избыточным давлением. Давление обеспечивается впускными и выпускными клапанами, которые обычно располагают в крышке расширительного бачка. Выпускной клапан (паровой) поддерживает давление в системе при горячем двигателе и открывается при давлении выше 0,6-0,9 бар для карбюраторных ДВС, 1 бар – инжекторных и 1,2 бар – для современных дизельных двигателей. Впускной клапан (вакуумный) открывается при снижении давления в системе относительно атмосферного на 0,03-0,13 бар (относительное давление). Функционирование системы охлаждения подобного типа обеспечивает усредненные тепловые режимы.

В эксплуатации встречается достаточное количество неисправностей системы поддержания давления, которые приводят к отказам как системы охлаждения, так и других механизмов и систем автотракторных ДВС (рис. 2).

Детальное исследование системы охлаждения по параметрам давления показало, что возникновение неисправностей, представленных в первой, второй и третьей группах, является следствием нарушения баланса внутреннего давления. Часто нарушение герметичности определенных узлов системы связывают с их некачественным изготовлением. При этом узлы меняются на более прочные, что может приводить к дальнейшему разрушению других элементов, наиболее слабых в системе (раздувание и разрушение шлангов (рис. 3), радиатора печки, а также к протечке помп.

Анализ причин нарушения баланса внутреннего давления системы охлаждения жидкости показал, что это происходит из-за нарушения работы клапанов давления системы охлаждения, которые располагаются в крышке расширительного бачка или в крышке радиатора. При эксплуатации мало внимания уделяется этому элементу системы охлаждения и считается, что он выполняет только функцию запирания жидкости. На самом деле это сложный узел, который имеет в своем строении два клапана – высокого и низкого давления.

Этот элемент сберегает систему охлаждения (СО) автомобиля от повреждений, а также стабилизирует ее нормальную работу. Это запирающий элемент с параметрами, которые могут изменяться в процессе эксплуатации. Его работа обеспечивается подвижной работой клапанов и влиянием на них температурного и химического воздействия охлаждающей жидкости.

Устройство крышки или пробки обеспечивает плотное герметичное закрывание системы охлаждения для создания необходимого давления. Для сброса избыточного давления предусмотрен предохранительный клапан. Он срабатывает (открывается) тогда, когда давление внутри системы охлаждения (СО) достигает уровня 110-150 кПа (зависит от конструкции крышки и ее производителя) (рис. 4).

Пока давление ниже порогового значения, клапан открыт, а сразу после стравливания избыточного давления до величины, указанной на крышке, он закрывается. Еще один клапан в крышке – впускной, его еще называют вакуумным. Он начинает работать при охлаждении жидкости,

Рис. 2. Нарушение герметичности расширительного бачка по соединительному шву в результате превышения давления в системе

Рис. 3. Раздувание (в 2 раза) подающего патрубка (шланга) радиатора системы охлаждения и нарушение герметичности в результате превышения внутреннего давления

Рис. 4. Клапаны давления в системе охлаждения, встроенные в крышку расширительного бачка

которая при понижении температуры уменьшается в объеме, что сопровождается снижением давления внутри системы охлаждения двигателя. Охлаждающая жидкость, поступившая в бачок, при собственном нагреве начинает уходить обратно в систему, освобождая место для оставшегося в расширительной емкости воздуха и переставая на него давить. Затем наступает момент, когда давление в системе охлаждения двигателя сравнивается с внешним (атмосферным). Если при этом у ОЖ температура окажется выше, чем во внешней среде, то она, продолжая остывать, уменьшается в объеме.

Это приведет к тому, что давление в системе охлаждения двигателя опустится до уровня ниже атмосферного, т. е. создается разрежение (вакуумный эффект). Наружный воздух станет оказывать давление на элементы системы и будет при этом стремиться занять ее внутренний объем. Если в какой-либо части системы охлаждения двигателя окажется «слабое» место, то возможно нарушение герметичности – в систему попадет воздух с последующим образованием воздушной пробки, которая при запуске двигателя может спровоцировать появление неисправности в системе.

С целью проверки влияния параметров работы крышек расширительного бачка на внутреннее давление в системе охлаждения двигателя были проведены специальные экспериментальные исследования. Исследовались новые и бывшие в эксплуатации крышки наиболее популярных производителей. Результаты исследований представлены в таблице.

Анализ результатов экспериментальных исследований позволил установить, что у большей части крышек расширительного бачка в работе клапанов имеются отклонения от оптимальных режимов, что приводит к различным неисправностям системы охлаждения. Опасность представляет как превышение внутреннего давления (приводит к нарушению герметичности системы охлаждения), так и снижение давления ниже нормы (приводит к снижению охлаждающей способности системы охлаждения,

Результаты экспериментальных исследований работы крышек расширительного бачка

Номер образца (производитель)	Нижний предел давления начала открытия клапана, кПа	Рекомендуемое давление открытия клапана, кПа	Предельное значение открытия парового клапана, кПа	Измеренное давление открытия парового клапана, кПа	Повторное и последующие измерения давления, кПа	Заключение о давлении в системе
1 («Лузар»)	90	100	120	144	153	Превышение
2 («Лузар»)	90	100	120	130	143	Превышение
3 («Лузар»)	90	100	120	143	134	Превышение
4 («Лузар»)	90	100	120	123	120	Норма
5 («Прамо»)	90	100	120	168	157	Не держит
6 («Прамо»)	90	100	120	173	167	Превышение
7 («Прамо»)	90	100	120	169	157	Превышение
8 («Прамо»)	90	100	120	153	88	Ниже нормы, не держит
9 («Прамо»)	90	100	120	158	108	Ниже нормы, не держит
10 («Автоприбор»)	90	100	120	210	160	Превышение, залипание клапана
11 («Восток-амфибия»)	90	100	120	146	133	Превышение
12 («Восток-амфибия»)	90	100	120	142	132	Превышение
13 («Евродеталь)	90	100	120	102	101	Норма
14 («Евродеталь)	90	100	120	103	101	Норма

так как параметры теплоносителя зависят от внутреннего давления системы).

Таким образом, анализ российских и зарубежных источников показал, что большинство исследователей классифицируют причины перегрева на три группы: по циркуляции, теплоотводу и утечкам охлаждающей жидкости. Проведенные исследования показали, что существует еще группа неисправностей, связанная с нарушением внутреннего давления в системе охлаждения двигателя. Применение антифризов снижает температуру застывания теплоносителя, но при этом обладает меньшей теплоемкостью, чем вода (на 15-33 %), что при использовании при атмосферном давлении снижает запас охлаждающей способности системы охлаждения. Так как внутреннее давление в системе охлаждения двигателя оказывает существенное влияние на возникновение большинства неисправностей системы, в том числе и на охлаждающую способность, что при различных режимах работы двигателя может вызвать его перегрев, рекомендуется в условиях эксплуатации двигателя проводить периодическую проверку параметров внутреннего давления в системе охлаждения, так как такие дефекты открыто себя не проявляют.

Список использованных источников

1. **Иншаков А.П., Байков Д.В., Курбаков И.И., Кувшинов А.Н.** К вопросу модернизации и разработки стендов для обкатки и испытаний автотракторных двигателей // Техника и оборудование для села. 2015. № 6. С. 45-48.

2. **Kang H.a.b., Ahn H.a., Min K.a.** Smart cooling system of the double loop coolant structure with engine thermal management modeling. Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Seoul National University, Seoul, South Korea, Applied Thermal Engineering Volume 79, 25 March 2015, P. 124-131.

3. **Хрулев А.Э.** Применение инженерных методов при экспертном исследовании и определении причин перегрева ДВС // Двигатели внутреннего сгорания. 2015. № 2. С. 86–95.

4. **Мороз В.П., Кузьмин М.В.** Предупреждение отложений накипи химическими реагентами в системе охлаждения двигателей внутреннего сгорания // Техника и оборудование для села. 2012. № 4. С. 11-12.

5. **Тарасик В.П., Бренч М.П.** Теория автомобилей и двигателей : учеб. пособие. 2-е изд., испр. Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М. 2015. 448 с.

6. **Nemati, M. Seyedtabaii, S.** On-board diagnosis of vehicles cooling system. 22nd Iranian Conference on Electrical Engineering, ICEE 2014, Article number 6999738, P. 1317-1322. DOI: 10.1109/IranianCEE.2014.6999738.

7. Свойства жидкостей. Вода и растворы [Электронный ресурс]. URL: http://thermalinfo.ru/svojstva-zhidkostej/voda-i-rastvory/ (дата обращения: 03.10.2017).

Study of Overheating Causes in Cooling Systems of Internal Combustion Engines

A.N. Kuvshinov, A.V. Rusyaev, D.Yu. Buyankin

Summary. *Overheating causes in the cooling system of an internal combustion engine (ICE) are discussed. It is shown that when analyzing failures in an engine cooling system, it is necessary to take into consideration the internal pressure in it. The internal pressure has a significant influence on the values of the most parameters of the cooling system and on the reserve of the cooling capacity of the system with a variable load on the engine.*

Key words: *internal combustion engine (ICE), cooling system, overheating, temperature, liquid, pump, pressure.*

УДК 656.11

Оценка топливопотребления двигателей при ультразвуковой обработке топлива

Р.В. Пуков,
аспирант,
tbi350@rambler.ru
А.А. Симдянкин,
д-р техн. наук, проф.,
seun2006@mail.ru
И.А. Успенский,
д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой,
ivan.uspensckij@yandex.ru
М.Б. Угланов,
д-р техн. наук, проф.,
mbu34@mail.ru
И.А. Юхин,
д-р техн. наук, доц.,
yuival@rambler.ru
(ФГБОУ ВО РГАТУ);
Б.А. Нефедов,
д-р техн. наук, проф.,
b.a.nefedof@mail.ru
(ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева)

Аннотация. *Дана оценка результатов экспериментальных исследований топливопотребления двигателей внутреннего сгорания после ультразвуковой обработки топлива. Установлено, что применение устройства для ультразвуковой обработки топлива перед подачей в камеру сгорания позволяет снизить его потребление от 7,5 (для дизельного двигателя) до 15,5% (для бензинового).*

Ключевые слова: *двигатель, кавитация, расход топлива, ультразвуковая обработка.*

Одной из наиболее важных особенностей развития общества в настоящее время является повышенное внимание к проблемам рационального и эффективного использования существующих энергоресурсов. Постепенное истощение мировых запасов нефти, обусловленное исчерпаемостью запасов основных видов энергоносителей [1], постоянное повышение цен на моторное топливо, а также сложившаяся в мире неблагоприятная экологическая обстановка свидетельствуют об актуальности работ, направленных на поиски рационального и эффективного использования существующих невозобновляемых энергоресурсов.

Ухудшение общей экологической обстановки обусловливает необходимость изменения требований к двигателям, в том числе используемым в агропромышленном комплексе, для которого в России ежегодно требуется более 5 млн т дизельного топлива (ДТ) [1-3], при этом сжигание минерального дизельного топлива сопровождается выбросом в атмосферу большого количества вредных веществ [4].

Согласно принятым Европейской экономической комиссией экологическим стандартам «Евро» содержание углеводородов и оксидов азота в выхлопных газах автотракторных дизелей должно снизиться до 0,25 и 2 г/кВт·ч соответственно, а дымность отработавших газов – до 0,15 г/кВт·ч [5].

Необходимость решения накопившихся проблем энергосбережения и повышения эффективности использования энергоресурсов в сельском хозяйстве достаточно очевидна и безальтернативна. Мировой опыт показывает, что одним из направлений устойчивого развития сельскохозяйственной отрасли при сложившемся потреблении нефтепродуктов и постоянном росте цен на них является диверсификация источников энергообеспечения [6], и Россия здесь не является исключением. Потенциал энергосбережения в отраслях экономики России, оцененный в «Энергетической стратегии России до 2030 года», составил в среднем порядка 20% [7].

С целью более эффективного использования энергоресурсов изучаются различные возможности улучшения эксплуатационных характеристик автотракторных дизелей: путем применения смесевого топлива [8], за счёт энергонасыщения топлива внешним комбинированным воздействием. За долгое время эксплуатации дизельных двигателей в агропромышленном комплексе (АПК) их конструкция претерпела множество изменений и стала, таким образом, практически совершенной. Дальнейшее улучшение показателей эффективности может быть достигнуто за счёт «трансформации» топлива путем изменения его состава или структуры при различных типах «внешней» обработки [9].

Одним из вариантов, способствующих решению данной проблемы, является устройство для ультразвуковой обработки топлива, разрабатываемое в Рязанском государственном агротехнологическом университете. Устройство представляет собой блок управления с размещённой в нём электрической частью и непосредственно герметичную камеру для обработки топлива ультразвуком, соединённые между собой электрическим кабелем (рис. 1).

Камера обработки топлива устанавливается в топливную магистраль двигателя внутреннего сгорания между топливным баком и топливным насосом. Топливо, закачиваемое топливным насосом из топливного бака, поступает по топливопроводу в камеру обработки и далее – к топливному насосу высокого давления с последующей подачей в камеру сгорания двигателя, что позволяет при отключении устройства, не демонтируя его, использовать сельскохозяйственную технику в штатном режиме эксплуатации.

Камера ультразвуковой обработки топлива (рис. 2) состоит из резервуа-

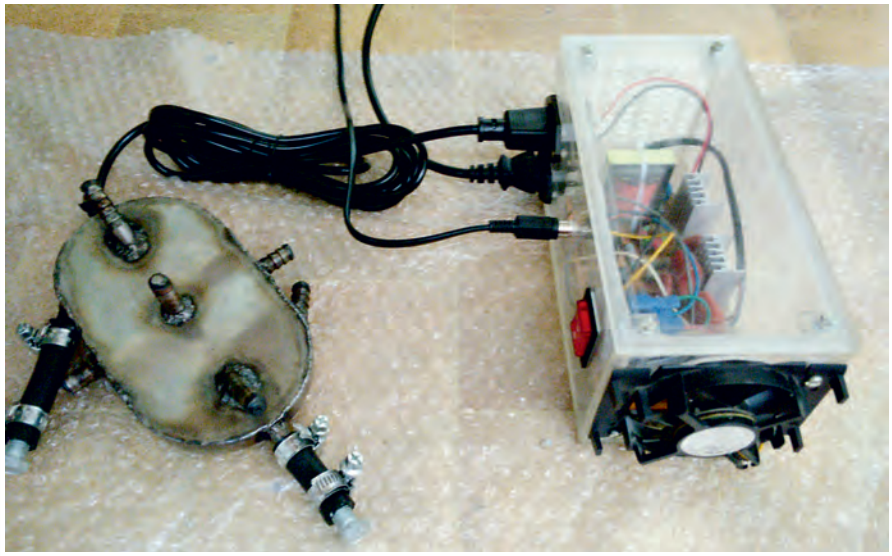


Рис. 1. Устройство для ультразвуковой обработки топлива

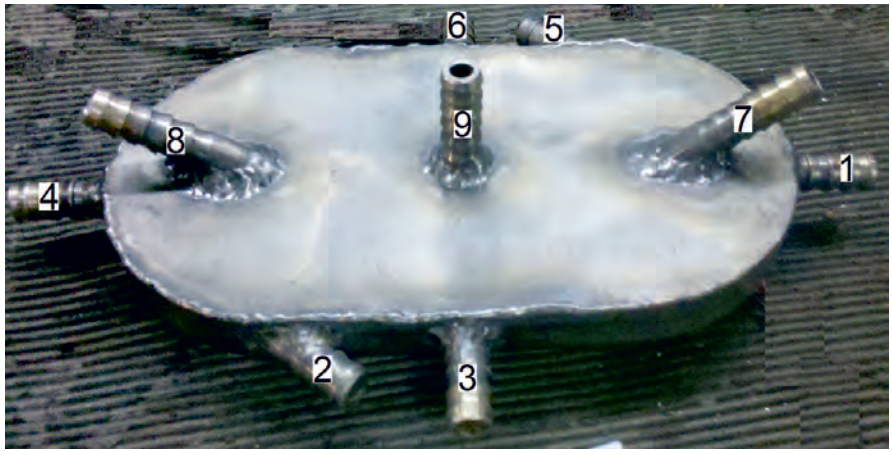


Рис. 2. Камера обработки топлива с пронумерованными штуцерами

ра для обработки топлива, входных и выходных топливных штуцеров 1-9 и ультразвукового излучателя (рис. 3), закреплённого на днище камеры.

Блок управления ультразвуковым излучателем смонтирован в отдельном корпусе, что позволяет размещать его в любом удобном для оператора месте, например в кабине. Максимальная мощность устройства – 60 Вт, это позволяет подключать его к штатной бортовой электрической сети сельскохозяйственной техники без внесения в неё каких-либо изменений.

При включении устройства блок управления активирует ультразвуковой излучатель, закреплённый на днище камеры обработки топлива, при этом во время нахождения топлива в камере обработки вследствие генерируемых излучателем высокочастотных колебаний (43-45 кГц) в нем происходят интенсивные кавитационные процессы (так называемый «разрыв сплошности жидкости») [10].

Эксперимент проводился на дизельном двигателе YANMAR 4TNV88-BGGE. Определение расхода топлива производилось путём взвешивания контрольного резервуара с дизельным топливом на электронных весах каждые 7 мин при количестве контрольных сессий (замеров), равном шести. Сессии чередовались между собой – половина из них была реализована с включенным устройством, половина – с выключенным. Камера ультразвуковой обработки топлива была установлена в разрыве топливопровода двигателя, между контрольным резервуаром с дизельным топливом и топливным насосом высокого давления двигателя. Подача топлива в камеру осуществлялась через штуцер № 1, выход обработанного топлива – через штуцер № 2. Дизельное топливо находилось в контрольном резервуаре, установленном на электронных весах, и после запуска двигателя посредством разрежения, создаваемого топливным насосом двигателя, проходило через камеру ультразвуковой обработки. Во время проведения эксперимента температура двигателя составляла 80°С, частота вращения коленчатого вала – 900 мин$^{-1}$. Результаты экспериментов представлены в табл. 1. Максимальное снижение расхода топлива при его обработке ультразвуком составило 9%.

Экспериментальным путём была выявлена и зависимость расхода топлива от направления его подачи в камеру ультразвуковой обработки: ввиду того, что камера обработки топлива снабжена штуцерами 1-9 (рис. 2), установленными в различных её частях и направленных на зону расположения излучателя под разными

Рис. 3. Ультразвуковой излучатель камеры обработки топлива

Таблица 1. Результаты оценки расхода топлива на дизеле YANMAR 4TNV88-BGGE

Номер сессии	Режим работы устройства	Масса контрольного резервуара, г		Разница масс	
		до запуска двигателя	после остановки двигателя	контрольного резервуара, г	израсходованного обработанного и необработанного топлива, %
1	Включено	2612	2551	61	9
2	Выключено	2551	2484	67	
3	Включено	2484	2422	62	7,5
4	Выключено	2422	2355	67	
5	Включено	2355	2293	62	7,5
6	Выключено	2293	2226	67	

Таблица 2. Результаты экспериментальных исследований оценки расхода топлива дизельным двигателем YANMAR 4TNV88-BGGE с использованием различных вариантов подачи топлива через штуцеры 1-9

Номера штуцеров (вход-выход)	Режим работы устройства	Масса контрольного резервуара, г		Разница масс	
		до запуска двигателя	после остановки двигателя	контрольного резервуара, г	израсходованного обработанного и необработанного топлива, %
9 - 1	Включено	2484	2419	65	3
9 - 1	Выключено	2419	2352	67	
7 - 1	Включено	2546	2483	63	6
7 - 1	Выключено	2483	2416	67	
2 - 1	Включено	2612	2550	62	7,5
2 - 1	Выключено	2550	2483	67	

углами, существует возможность реализации различных вариантов подключения топливопроводов для входа/выхода топлива, проходящего через зону ультразвуковой обработки.

Были апробированы все варианты подачи и отвода топлива в камеру и из нее: наилучшие результаты зафиксированы в случае подачи топлива через штуцеры № 9, 7 и 2, а отвод в топливный насос высокого давления – через штуцер № 1. В каждом варианте подключения измерение массы израсходованного топлива измерялось при включенном и выключенном устройстве. Измерения проводили каждые 7 мин, количество контрольных сессий – 6 (табл. 2).

Результаты эксперимента показали, что эффективность работы устройства меняется в зависимости от времени нахождения топлива в камере обработки, которое зависит от направления его подачи и общего времени нахождения в этой зоне. Наилучший результат соответствует варианту с максимальным временем нахождения топлива в камере обработки, при котором его подача в камеру осуществляется через штуцер № 2, а выход – через штуцер № 1.

Также проведены экспериментальные исследования по выявлению влияния ультразвуковой обработки на бензин автомобильный АИ-80, используемый для работы некоторых видов сельскохозяйственной техники прямого и вспомогательного назначения. Эксперименты проводились на испытательном стенде, укомплектованном двигателем ЗМЗ-320-01 с нагрузочным электрическим модулем, позволяющим имитировать нагрузку 14 и 27% от номинальной мощности двигателя посредством использования нагревательных элементов мощностью 3 и 6 кВт соответственно, размещённых в водяном резервуаре.

Определение расхода топлива производилось путём взвешивания контрольного резервуара с дизельным топливом на электронных весах каждые 7 мин при количестве 12 контрольных сессий. Подача топлива в камеру обработки осуществлялась через штуцер № 1, выход обработанного топлива – через штуцер № 2. Сессии с нечётной нумерацией (1, 3, 5, 7, 9, 11) проводились с включенным устройством ультразвуковой обработки, с чётной (2, 4, 6, 8, 10, 12) – с выключенным.

Во время проведения эксперимента температура двигателя составляла 90°С, частота вращения коленчатого вала двигателя – 1500 мин$^{-1}$. Сессии 1-4 проводились без нагрузки на двигатель, 5-8 – с нагрузкой 3 кВт, что составляет 14% от номинальной мощности двигателя, 9-12 – с нагрузкой 6 кВт (27% от номинальной мощности двигателя). Во время проведения сессий с нагрузкой к двигателю подключался нагрузочный модуль, состоящий из нагревательных элементов, размещённых в водяном резервуаре. Изменение порядка подключения нагревательных элементов позволило менять нагрузку на двигатель в соответствии с требованиями эксперимента.

Проведённый эксперимент позволил сделать вывод о положительном результате в виде снижения расхода бензина АИ-80 при его обработке ультразвуком (табл. 3). Однако при этом выявлено, что снижение расхода зависит от нагрузки на двигатель и составляет:

без нагрузки на двигатель – 15,15%;

с нагрузкой 14% от номинальной мощности двигателя – 5,90%;

с нагрузкой 27% от номинальной мощности двигателя – 3,85%.

Таблица 3. Результаты экспериментальных исследований оценки расхода топлива при изменении нагрузки бензинового двигателя

Номер сессии	Нагрузка, кВт	Режим работы устройства	Масса контрольного резервуара, г		Разница масс	
			до запуска двигателя	после остановки двигателя	резервуара, г	между израсходованным обработанным и необработанным топливом, %
1	0	Включено	2700	2400	300	15
2		Выключено	2400	2047	353	
3		Включено	1200	908	292	15,3
4		Выключено	908	561	347	
5	3	Включено	1690	1315	375	5,8
6		Выключено	1315	917	398	
7		Включено	1700	1325	375	6
8		Выключено	1325	925	400	
9	6	Включено	2200	1725	475	4
10		Выключено	1725	1230	495	
11		Включено	2200	1723	477	3,7
12		Выключено	1723	1230	493	

Наблюдаемый эффект зависимости эффективности работы устройства для ультразвуковой обработки топлива от возрастания нагрузки на работающий двигатель может быть связан с недостаточным временем нахождения топлива в зоне его обработки ультразвуком из-за возрастания скорости потока топлива при увеличении нагрузки.

По результатам проведенных экспериментальных исследований можно сделать вывод: устройство для ультразвуковой обработки топлива может быть использовано для подготовки его перед подачей в камеру сгорания и позволяет снизить потребление топлива от 7,5 (для дизельного двигателя) до 15,5% (для бензинового).

Список использованных источников

1. Инновационное развитие альтернативной энергетики: науч. изд. / В.Ф. Федоренко, Н.Т. Сорокин, Д.С. Буклагин, Н.П. Мишуров, В.С. Тихонравов. Ч. 1. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. 347 с.

2. Состояние и развитие производства биотоплива: науч. аналит. обзор. / В.Ф. Федоренко [и др.]. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. 130 с.

3. Развитие биоэнергетики, экологическая и продовольственная безопасность: научн. изд. / В.Ф. Федоренко, Д.С. Буклагин, Н.П. Мишуров, В.С. Тихонравов. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. 144 с.

4. **Чернецов Д.А.** Загрязнение окружающей среды сельскохозяйственной техникой // Вопросы современной науки и практики. 2011. № 1. С. 23-27.

5. **Артемов И.И., Гуськов Ю.В., Уханов А.П.** Эксплуатационные материалы: учеб. пособие. Пенза: Изд-во ПГУ, 2014. 204 с.

6. **Маркин С.Ю., Бахматова Г.А.** Эффективность применения биотоплива в АПК // Никоновские чтения. 2009. №14. С. 116-118.

7. Основные положения ЭС-2035. [Электронный ресурс]. URL: http://www.energystrategy.ru/projects/energystrategy.htm (дата обращения: 05.02.2016).

8. **Уханов А.П., Уханов Д.А., Шеменев Д.С.** Дизельное смесевое топливо: монография. Пенза: РИО ПГСХА, 2012. 147 с.

9. Способ обработки нефти, нефтепродуктов, углеводородов: пат. 2149886 Рос. Федерация: МПК C10G 32/00 / Быков И.Н., Бембель В.М., Колмаков В.А., Марков Г.А., Сафонов Г.А.; заявитель и патентообладатель Быков Игорь Николаевич. № 99110547/04; заявл. 20.05.1999 ; опубл. 27.05.2000, Бюл. № 15. 4 с.

10. **Пирсол. И.** Кавитация. М.: «МИР», 1975. 69 с.

Estimation of Engine Fuel Consumption at Ultrasonic Fuel Treatment

R.V. Pukov, A.A. Simdyankin, I.A. Uspensky, M.B. Uglanov, I.A. Yukhin, B.A. Nefedov

Summary. *The estimation results of experimental studies of fuel consumption of internal combustion engines after ultrasonic fuel treatment are presented. It is determined that the device for ultrasonic fuel treatment can be used to prepare fuel before it is fed into a combustion chamber and enables fuel consumption reduction from 7.5% for a diesel engine to 15.5% for a gasoline one.*

Key words: *engine, cavitation, fuel consumption, ultrasonic treatment.*

Реферат

Цель исследований – определение влияния ультразвуковой подготовки топлива перед его подачей в камеру сгорания на топливопотребление двигателя внутреннего сгорания. Экспериментальные исследования дизельного топлива проводились на дизельном двигателе YANMAR 4TNV88-BGGE, бензина – на испытательном стенде, укомплектованном двигателем ЗМЗ-320-01 с нагрузочным электрическим модулем, позволяющим имитировать нагрузку 14 и 27%. Определение расхода топлива производилось путём взвешивания контрольного резервуара с топливом на электронных весах каждые 7 мин при количестве контрольных замеров: 6 – для дизельного топлива, 12 – для бензина. Замеры дизельного топлива чередовались между собой – половина из них была реализована с включенным устройством, половина – с выключенным. Замеры бензина с нечётной нумерацией (1, 3, 5, 7, 9, 11) проводились с включенным устройством ультразвуковой обработки, с чётной (2, 4, 6, 8, 10, 12) – с выключенным. Во время проведения эксперимента температура дизельного двигателя составляла 80°С, частота вращения коленчатого вала – 900 мин$^{-1}$, бензинового – 90°С и 1500 мин$^{-1}$ соответственно. Установлено, что эффективность работы устройства ультразвуковой подготовки дизельного топлива меняется в зависимости от времени нахождения топлива в камере обработки, которое зависит от направления его подачи и общего времени нахождения в зоне обработки. Наилучший результат (экономия топлива 9%) соответствует варианту с максимальным временем нахождения топлива в камере обработки, при котором подача топлива в камеру осуществляется через штуцер № 2, а выход – через штуцер № 1. Установлено, что ультразвуковая подготовка бензина АИ-80 обеспечивает снижение расхода топлива: без нагрузки на двигатель – на 15,15%; с нагрузкой 14% от номинальной мощности двигателя – 5,90; с нагрузкой 27% от номинальной мощности двигателя – 3,85%.

Abstract

The purpose of the research is to study the effect of ultrasonic fuel preparation before it is fed into the combustion chamber for fuel consumption of the internal combustion engine. Experimental studies of diesel fuel were carried out on the YANMAR 4TNV88-BGGE diesel engine. Petrol was tested on a test bench equipped with the ЗМЗ-320 engine with a load electric module that enables load simulation of 14% and 27%. The fuel consumption was determined by weighing the control tank with fuel on electronic scales every 7 minutes. The number of control measurements for diesel fuel was 6, for gasoline -12. Measurements with diesel fuel alternated. Half of them was carried out with the ultrasonic device turned on, and the other half - with the device turned off. Gasoline measurements with odd numbering (1, 3, 5, 7, 9 and 11) were performed with the ultrasonic device turned on. The device was turned off when performing the measurements with even numbering (2, 4, 6, 8, 10 and 12). During the experiment, the temperature of the diesel engine was 80°C, the speed of the crankshaft – 900 min^{-1}. The temperature of the gasoline engine was 90°C, and the engine crankshaft speed – 1500 min^{-1}. It was determined that the efficiency of diesel fuel ultrasonic preparation varied depending on the period of the fuel spent in the treatment chamber. Duration time depends on the direction of the fuel supply and the total time spent in the treatment zone. The best result (fuel economy of 9%) corresponds to the variant with the maximum time the fuel spent in the treatment chamber when the fuel supplied to the treatment chamber through the connection No. 2, and directed to the outlet - through the connection No. 1. It was determined that the ultrasonic preparation of the АИ-80 gasoline provides a reduction in fuel consumption by 15.15% without load on the engine, by 5.90% with 14% load of the rated engine power and by 3.85% with 27% load of the rated engine power.

Информация

ИТОГИ AGRITECHNICA – 2017: РОССИЙСКАЯ СЕЛЬХОЗТЕХНИКА В ГЕРМАНИИ

В рамках ведущей в мире Международной выставки сельхозтехники AGRITECHNICA – 2017, которая прошла в Ганновере (Германия) с 12 по 18 ноября, российские производители были представлены отдельным национальным павильоном.

Организаторами экспозиции выступили Министерство промышленности и торговли Российской Федерации, Российский экспортный центр и Ассоциация «Росспецмаш».

Раз в два года эта крупнейшая отраслевая выставка демонстрирует самые последние достижения мирового уровня в области сельскохозяйственного машиностроения, агротехнологий, оборудования для лесного хозяйства, садоводства, овощеводства, хранения сельхозпродукции. По сравнению с предыдущей выставкой общая площадь экспозиции в этом году увеличилась вдвое и составила 2117 м^2.

Свои новинки представили компания Ростсельмаш (г. Ростов-на-Дону), Петербургский тракторный завод (г. Санкт-Петербург), компании «Навигатор – Новое машиностроение» (г. Пермь), «БДМ-Агро» (Краснодар), VELES (Алтайский край), «Лилиани», «Новые Агро-Инженерные Решения» (г. Ростов-на-Дону) и «ПромАгро» (г. Белгород). Кроме того, компании «Пегас-Агро» (г. Самара), «АГРО» (г. Кемерово), «Мельинвест» (г. Нижний Новгород) были представлены информационными стендами.

Экспозиции отечественных производителей осмотрел первый заместитель Министра сельского хозяйства Российской Федерации Джамбулат Хатуов, пообщавшись с представителями всех предприятий. Во время посещения стенда компании Ростсельмаш он ознакомился с образцами инновационной агротехники, производство которой стало возможным, в том числе при поддержке государственных программ. Среди этих машин – зерноуборочный комбайн RSM 161, который успешно отработал на полях в течение двух сезонов, а также главные премьеры выставки – компактный комбайн NOVA, кормоуборочный RSM F 2650. В ходе экскурсии заместитель Министра посидел за рулём зерноуборочного комбайна TORUM 770, обратил внимание на новый кормоуборочный комбайн F1300. Генеральный директор Ростсельмаш Валерий Мальцев подчеркнул, что данная агромашина вызвала повышенное внимание в Европе.

По итогам визита руководство компании и представители Минсельхоза России провели ряд переговоров, обсудив план расширения присутствия предприятия на мировых рынках, сообщили о рекордном количестве посетителей стенда за время участия компании в выставке. Зарубежные фермеры отметили постоянный рост качества продукции, выпускаемой заводом. «Увиденные мною агромашины поражают. Ростсельмаш продолжает активно совершенствовать выпускаемую линейку, подтверждая свои лидирующие позиции в мировом аграрном машиностроении», – отметил немецкий фермер Т. Мюллер.

Российские и зарубежные специалисты агробизнеса впервые увидели на стенде ПТЗ новейший трактор «Кировец» К-743 мощностью 435 л. с., способный конкурировать с машинами 8 тягового класса ведущих западных производителей. Также в г. Ганновере состоялась мировая премьера единственного российского трактора 4 тягового класса «Кировец» К-424 мощностью 240 л.с., серийный выпуск которого начался в сентябре текущего года.

Руководство Петербургского тракторного завода также осталось довольно первыми итогами выставки. «Для ПТЗ выставка прошла успешно, – подчеркнул член Совета директоров Ассоциации «Росспецмаш», директор предприятия Сергей Серебряков. – Мы пообщались с нашими стратегическими поставщиками, такими как BoschRexroth, ZF Friedrichshafen AG, MTU Friedrichshafen, Cummins, DEUTZ, Bondioli&Pavesi. Получили обратную связь, которая позволит расширить опциональность наших машин. В будущем мы сможем предложить клиентам новые решения для того, чтобы повысить свою конкурентоспособность. Нашим новым К-424 заинтересовались не только российские заказчики, но и гости выставки из Европы и Северной Америки. И это неудивительно, поскольку машина удалась. Многие европейские дилеры уже сейчас хотят ее получить».

Генеральный директор Алтайского завода сельскохозяйственного машиностроения Татьяна Филидова сообщила, что выставка впечатляет масштабами и результатами: «Ирландия, Италия, Польша, Болгария, Германия, Швейцария – это только малая часть стран, которые уже заинтересовались поставками агрегатов VELES». Для зарубежного фермера компания VELES привезла борону БДП-7.

По словам директора Ассоциации «Росспецмаш» Аллы Елизаровой, участие в международных выставках с демонстрацией техники – это один из важнейших инструментов продвижения продукции сельхозмашиностроителей за рубеж: «Благодаря организации таких масштабных российских павильонов иностранный аграрный бизнес знает, что в России производится техника высокого качества. Участие в крупнейших зарубежных выставках позволяет нашим производителям не только продемонстрировать возможности своих машин, но и стимулирует отечественные компании на поиск новых клиентов и партнеров для увеличения поставок и расширения географии экспорта».

АГРОПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ТРАДИЦИОННОГО БИЗНЕСА!

13-16 МАРТА
УФА 2018

XXVIII международная специализированная выставка

Агро Комплекс

ОФИЦИАЛЬНЫЙ САЙТ

www.agrobvk.ru

ПРАВИТЕЛЬСТВО РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РБ

БВК БАШКИРСКАЯ ВЫСТАВОЧНАЯ КОМПАНИЯ

+7 (347) 246-42-00
agro@bvkexpo.ru

agrocomplex_ufa
агрокомплексуфа

ВДНХ ЭКСПО
ул.Менделеева,158

УДК 631.358:633.521

Результаты испытаний нового устройства для очёса лент льна

Р.А. Ростовцев,
д-р техн. наук, проф. РАН, директор,
r.rostovcev@vniiml.ru
Д.А. Шишин,
науч. сотр.,
d.shishin@vniiml.ru
(ФГБНУ ВНИИМЛ)

Аннотация. *Показано, что использование гребневого барабана с измененной формой зуба позволяет в 2-3 раза снизить степень повреждения стеблей в процессе очеса по сравнению с серийным устройством, а также увеличить выход длинного волокна в процессе дальнейшей переработки льносырья.*

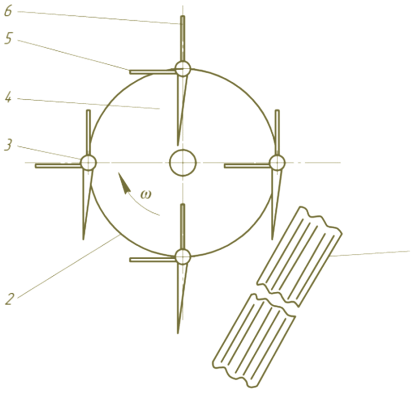
Ключевые слова: *лён, очёс, устройство, гребневой барабан, повреждение стеблей, агротехническая оценка.*

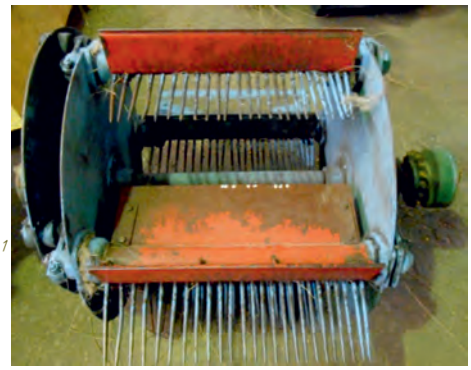
В настоящее время на отечественных и зарубежных льнокомбайнах для очёса лент льна применяют устройства, основным рабочим органом которых является гребневой барабан с круговым поступательным движением зубьев (рис. 1 а) [1].

Основной недостаток этих устройств – высокая степень повреждения стеблей и большая засоренность вороха, что приводит к снижению качества и количества волокнистой продукции, а также к повышению затрат на сушку, переработку и транспортировку льновороха [2].

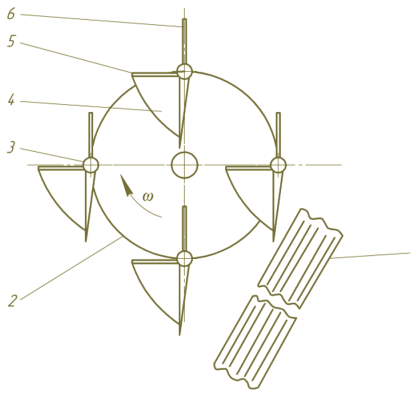
Анализ работы гребневого барабана показал, что указанные недостатки возникают в результате явления захлёстывания, когда вершина стебля, несущая семенную массу, совершает движение по траектории, огибающей рабочий орган, из-за чего происходит спутывание верхушек стеблей и последующий обрыв растений движущимся зубом [2, 3].

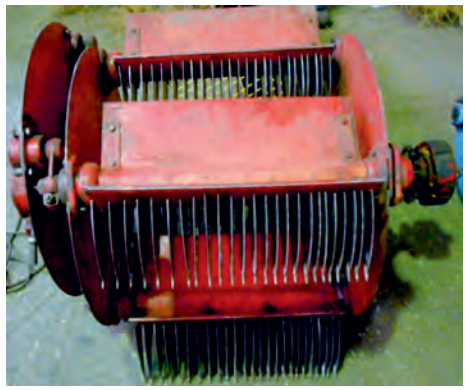
С целью снижения негативных последствий явления захлестывания проведены научно-исследовательские работы и разра-





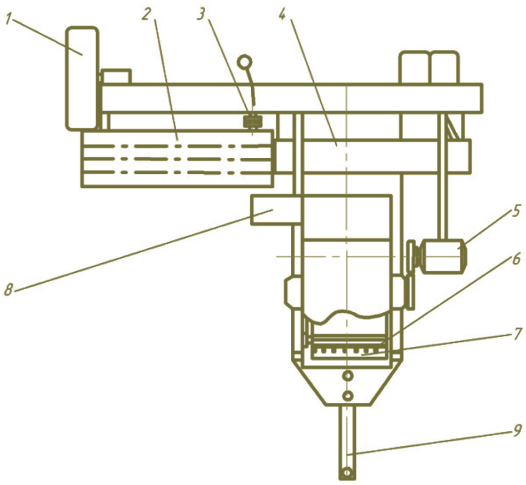
а





б

Рис. 1. Схемы и общий вид серийного (а) и нового (б) устройств для очёса лент льна:
1 – зажимной транспортёр; 2 – очесывающий барабан; 3 – гребень; 4 – зуб; 5, 6 – лопасти



а

б

Рис. 2. Схема (а) и общий вид установки (б)

Таблица 1. Характеристика льна при лабораторных испытаниях

Параметры	Значение
Сорт	Мерилин
Урожайность льносоломы, т/га	4
Урожайность льносемян, т/га	1,2
Густота стеблестоя, шт/м^2	824
Средняя длина стеблей, м	0,79
Средний диаметр стеблей, мм	1,59
Зона расположения семенных коробочек в стеблестое, м	0,125

Таблица 2. Уровни варьирования факторов

Фактор и единица измерения	Обозначение		Интервал варьирования	Уровни варьирования		
	натуральное	кодированное		нижний	нулевой	верхний
				-1	0	+1
Частота вращения очесывающего барабана, мин$^{-1}$	n	X_1	50	230	280	330
Число стеблей на погонном метре ленты льна, шт/м	i_n	X_2	660	1400	2060	2720

ботано новое устройство для очеса лент льна с изменённой формой зубьев (рис. 1 б) [4], позволяющей при выполнении данной операции разделять ленты на элементарные полосы и предотвращать захлестывание [5].

В уборочный период 2017 г. была проведена сравнительная агротехническая оценка серийного и нового устройств для очёса лент льна.

Для проведения испытаний была изготовлена лабораторная установка (рис. 2), позволяющая моделировать процессы очеса стеблей и сбора вороха. Установка включает в себя: колеса *1*, поперечный транспортер *2*, муфту *3* включения поперечного транспортера, зажимной транспортер *4*, механизм привода *5*, очесывающий барабан *6*, помещенный в камеру очеса *7*, бункер *8* для сбора продуктов очёса. Для транспортировки установки имеется прицепное устройство *9*.

Испытания проводили на льне сорта «Мерилин», характеристика которого представлена в табл. 1.

Агротехнические показатели определяли согласно СТО АИСТ 8.9 –2004.

Исследования проводили методом планирования многофакторного эксперимента. В качестве независимых переменных приняты частота вращения очесывающего барабана и число стеблей на погонном метре ленты льна (плотность ленты).

Выходными параметрами, определяющими качество выполнения технологического процесса, являлись чистота очеса и повреждение стеблей, влияющее на выход длинного волокна. Уровни варьирования факторов представлены в табл. 2.

Перед проведением испытаний с помощью льноуборочного комбайна ЛК-4А были получены ленты стеблей льна.

По результатам испытаний получены уравнения регрессии, характеризующие чистоту очёса и повреждение стеблей, влияющее на выход длинного волокна, в зависимости от частоты вращения очесывающего барабана и числа стеблей на погонном метре:

серийный очесывающий барабан:

$$Ч_с = 98,07 - 1,222X_1 + 0,3633X_2 - 1,998\,X_1^2 - 1,833X_2^2; \quad (1)$$

$$П_с = 8,333 - 4X_1 - 1,833X_2 - X_1^2 - 0,5X_2^2; \quad (2)$$

новый очесывающий барабан:

$$Ч_н = 97,28 + 0,05167X_1 + 0,7483X_2 - 1,442\,X_1^2 + 0,7183X_2^2; \quad (3)$$

$$П_н = 1,444 - 0,1667X_1 - 0,1667X_2 + 2,833X_1^2 + 2,833X_2^2. \quad (4)$$

По данным уравнениям построены поверхности отклика, представленные на рис. 3 и 4.

Анализ зависимостей, представленных на рис. 3 показывает, что

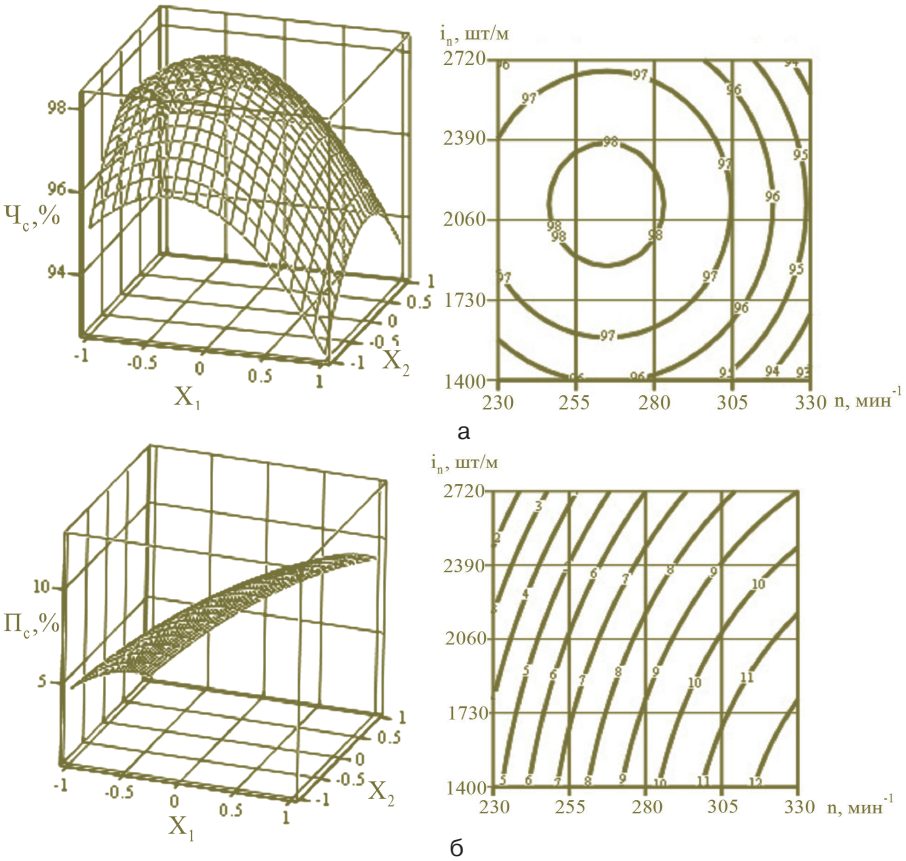


Рис. 3. Поверхности отклика и их двумерные сечения зависимости чистоты очеса $Ч_с$ (а) и повреждения стеблей $П_с$ (б), влияющего на выход длинного волокна, от частоты вращения очесывающего барабана n и числа i_n стеблей на погонном метре ленты льна (серийное очесывающее устройство)

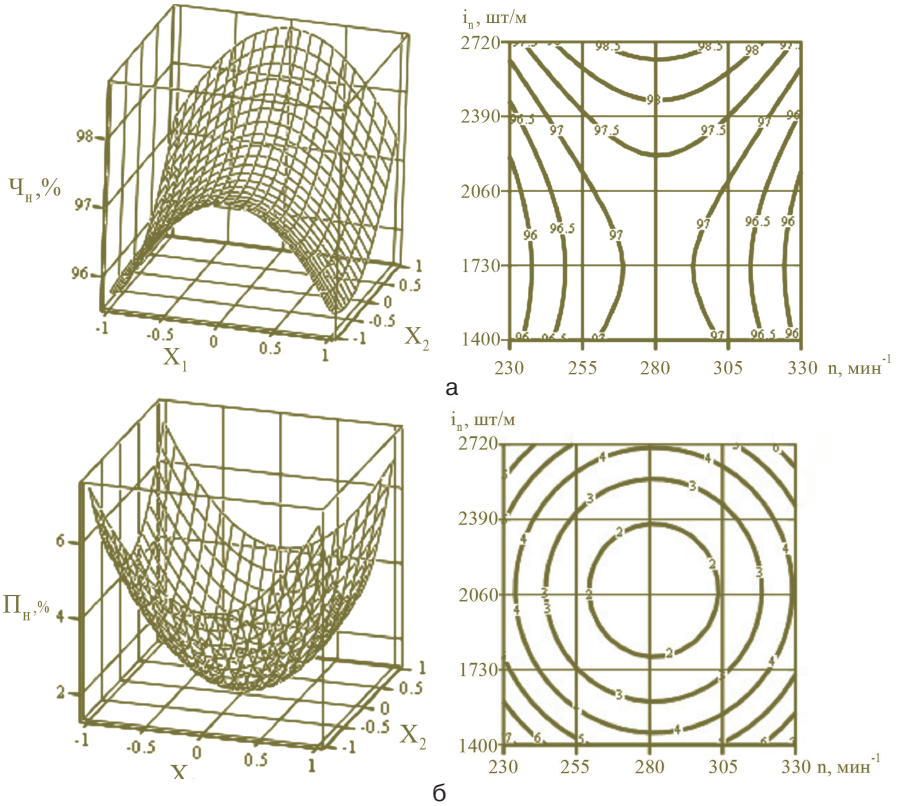


Рис. 4. Поверхности отклика и их двумерные сечения зависимости чистоты очеса $Ч_н$ (а) и повреждения стеблей $П_н$ (б), влияющего на выход длинного волокна, от частоты вращения очесывающего барабана n и числа i_n стеблей на погонном метре (новое очесывающее устройство)

при частоте вращения барабана 250-280 мин$^{-1}$ и плотности ленты льна 1875-2380 шт/м серийное очесывающее устройство обеспечивает чистоту очеса более 98% и повреждение стеблей 5-9 %.

У нового очесывающего устройства (рис. 4) показатель чистоты очеса более 98% достигается при частоте вращения барабана 280 мин$^{-1}$ и плотности ленты льна более 2460 шт/м. При этом повреждение стеблей, влияющее на выход длинного волокна, составило 2-4%, что в 2-3 раза меньше по сравнению с серийным устройством.

На практике обеспечить необходимую для качественного очеса плотность ленты льна (более 2460 шт/м) возможно путем выбора рациональной скорости движения агрегата.

Число стеблей на погонном метре ленты льна i_n в зажимном транспортере очесывающего устройства определяется по формуле

$$i_n = \frac{Bi_0V_a}{V_{3T}}, \qquad (5)$$

где B – ширина захвата агрегата, м;

i_0 – густота стеблестоя, шт/м^2;

V_a– скорость агрегата, м/с;

$V_{зт}$ – скорость зажимного транспортера, м/с.

Отсюда определяется рациональная скорость движения агрегата:

$$V_a \geq \frac{V_{3T}i_n}{Bi_0}. \qquad (6)$$

На рис. 5 представлена номограмма выбора рациональной скорости

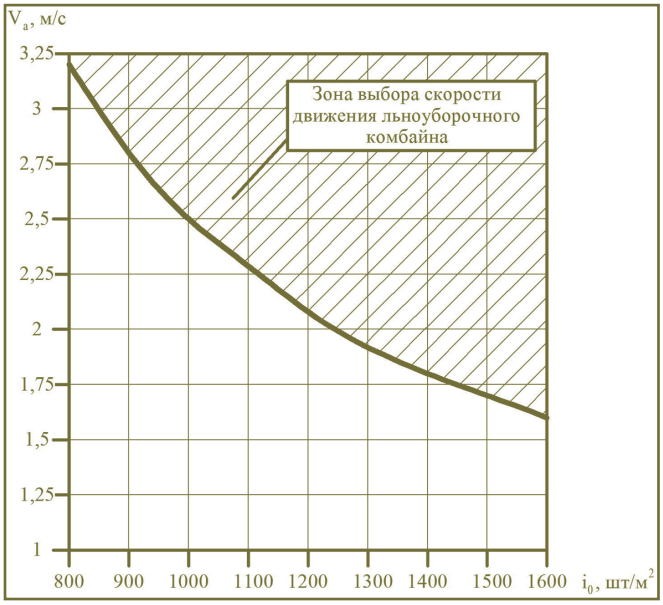


Рис. 5. Выбор скорости льноуборочного комбайна $V_м$ в зависимости от густоты стеблестоя i_0

движения льноуборочного комбайна ЛК-4А (B = 1,5 м; $V_{ЗТ}$ =1,54 м/с; i_n = = 2460 шт/м) в зависимости от густоты стеблестоя, построенная по формуле (6). Выбранная скорость должна находиться в заштрихованной области.

Анализ результатов испытаний показал эффективность нового очесывающего устройства по сравнению с серийным. Его применение позволило снизить повреждение стеблей, влияющее на выход длинного волокна, в 2-3 раза.

Список использованных источников

1. **Черников В.Г., Порфирьев С.Г., Ростовцев Р.А.** Очесывающие аппараты льноуборочных машин (теория, конструкция, расчет): монография. М.: «Издательство ВИМ», 2004. 240 с.

2. **Ростовцев Р.А., Шишин Д.А.** К вопросу отделения семенной части урожая от стеблей // Сб. науч. тр. ВНИИМЛ. Тверь, 2014: Машинно-технологическая модернизация льняного агропромышленного комплекса на инновационной основе. С. 100-103.

3. **Ковалев М.М., Галкин А.В., Фадеев Д.Г.** Анализ процесса очеса стеблей// Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2010. № 8. С. 10-11.

4. Устройство для очёса стеблей льна: пат. 2567904 Рос. Федерация: МПК[7] A01D45/06 / Ростовцев Р.А., Шишин Д.А.; заявитель и патентообладатель Тверская государственная сельскохозяйственная академия, ВНИИМЛ. № 2014138334/13; заявл. 22.09.2014; опубл. 10.11.15, Бюл. № 31. 11 с.

5. **Ростовцев Р.А., Шишин Д.А.** Устройство для отделения семенных коробочек от стеблей льна // Сельский механизатор. 2016. № 7. С. 14-15.

Results of Testing of New Device for Combing of Flax Tape

R.A. Rostovtsev, D.A. Shishin

Summary. *It is shown that the use of modified tooth shape in a comber cylinder makes it possible to reduce the amount of damage to stems in the process of combing by 2-3 times in comparison with a production device. The use of modified device installed on flax harvesters will increase the yield of long fiber during further processing of flax raw material.*

Key words: *flax, combing, device, comber cylinder, damage to stems, agrotechnical evaluation.*

УДК 631.674

Технологии и техника микроорошения локальных систем

А.А. Терпигорев,
канд. тех. наук, зав. отделом,
taa@vniiraduga.ru
А.В. Грушин,
ст. науч. сотр.,
gav@vniiraduga.ru
С.А. Гжибовский,
ст. науч. сотр.,
gsa@vniiraduga.ru
(ФГБНУ ВНИИ «Радуга»)

Аннотация. *Приведены описание и назначение основных способов и технических модулей для комплектации систем микроорошения, используемых в локальных оросительных системах. Представлены предлагаемые ВНИИ «Радуга» способы и техника орошения на локальных участках, прошедшие испытания и производственную проверку.*

Ключевые слова*: микродождевание, синхронное импульсное дождевание, мелкодисперсное дождевание, капельное орошение, внутрипочвенное орошение.*

С развитием фермерских хозяйств в растениеводстве возникла необходимость создания локальных оросительных систем с площадью орошения до 100 га. Такие системы по составу технического оборудования аналогичны оросительным системам оазисного типа. Основное преимущество локальных систем состоит в снижении объемов затрат и сроков для их создания, энергетических затрат на транспортировку и распределение оросительной воды, в оперативности проведения поливов, в том числе комплексных, поддержании оптимальных влагозапасов в почве с учетом текущих изменений погодных условий и состояния растений [1].

Оперативное поддержание водно-воздушного и питательного режимов почвы, а при необходимости оптимального микроклимата приземного слоя воздуха при минимальном расходовании оросительной воды достигается с применением микроорошения. Эти преимущества во многом определили развитие систем микроорошения, например капельного, площади которого с 2013 по 2016 г. увеличились почти в 2 раза [2].

Согласно принятой терминологии к микроорошению относят технологии с малоинтенсивной подачей воды: капельное, импульсно-локальное, внутрипочвенное орошение, микродождевание, мелкодисперсное (аэрозольное), импульсное дождевание, в том числе синхронно-импульсное. Эффективность каждой из этих технологий определяется соответствующими особенностями воздействия на растения и почву и тяготеет к определённым природно-хозяйственным условиям и набору сельскохозяйственных культур [3].

Перечисленные технологии микроорошения – водосберегающие и эрозионно-безопасные, наиболее эффективны в районах, испытывающих дефицит водных ресурсов. Реализуемый с их применением режим водоподачи малыми нормами, восполняющими расходование воды в объёмах суточной эвапотранспирации от 20 до 100 м^3/га в зависимости от природно-климатической зоны, не создает экстремальную нагрузку на водоисточник в период пикового водопотребления, как это происходит при традиционном орошении вегетационными поливными нормами (см. таблицу).

Применение высокоинтенсивного дождевания и подача больших поливных норм при традиционном периодическом орошении создают промывной режим корнеобитаемой зоны растений. В отдельных случаях следствием такого режима является двукратное снижение урожайности сельскохозяйственных культур [4].

При микроорошении непрерывное поддержание питательного режима почвы в зоне развития основной массы корневой системы обеспечива-

Технико-эксплуатационные показатели функционально-технологических модулей систем микроорошения

Модуль	Площадь, га	Расход, л/с	Напор, м	Распределение поливной нормы, %	
				на увлажнение почвы	на создание микроклимата
Микродождевание	1	0,005-0,14	10-30	85	15
Синхронно-импульсное дождевание	1	1	65	60	40
Импульсное дождевание	1	2	60	65	35
Мелкодисперсное дождевание	1	0,54	20-60	2	98
Капельное орошение	1,5-2,5	22-37	30-40	97	3
Локально-импульсное орошение	0,4	0,4	5	96	4
Внутрипочвенное орошение	5-10	12	2	98	2

Рис. 1. Схема и общий вид гидроподкормщика

Рис. 2. Микродождевание интенсивного сада

ется дробной подачей необходимых доз удобрений с оросительной водой. Для локальных систем микрооро-шения площадью 1-15 га ВНИИ «Радуга» разработаны гидроподкормщики (рис. 1).

Микродождевание (или, по А.М. Костякову – **«медленное дождевание»**) характеризуется формированием капель дождя размером 0,5-1 мм с интенсивностью 0,03-0,1 мм/мин, реализуется при давлениях 0,1-0,4 МПа. Дождеобразующие устройства (насадки и дождевальные аппараты) – короткоструйные и ограничиваются радиусом орошения до 8 м с расходом от нескольких литров до 500 л/ч.

Микродождевание может использоваться при производстве большинства сельскохозяйственных культур, в том числе в теплицах и открытом грунте для орошения овощей, виноградников, ягодников, фруктовых садов (рис. 2), декоративных растений. Чаще всего применяется для полива плодовых культур. Характерной особенностью микродождевания является возможность применения его для культур, отзывчивых не только на влажность почвы, но и на влажный микроклимат. Другим важным направлением применения микродождевания является защита растений в период продолжительных заморозков. Микродождевание с интенсивностью дождя 0,03-0,1 мм/мин позволяет повысить температуру растений на 1,5-2 ^{0}С и тем самым снизить потери урожая сельскохозяйственных культур [5].

В России микродождевание мало востребовано, применяется преимущественно на культурах закрытого грунта и декоративного цветоводства. Стоимость систем микродождевания, например садов, сопоставима со стоимостью систем капельного орошения и составляет 144-205 тыс. руб/га в зависимости от комплектации и автоматизации процесса полива [6].

Применение микродождевания даёт экономию воды до 50-60% по сравнению с поверхностным поливом и до 40-47 % по сравнению с обычным дождеванием.

Для реализации технологии разработаны комплекты «Росинка», «Дождик», КИМД-0,1 и др.

Синхронно-импульсное дождевание характеризуется подачей дождя, прерываемого продолжительными паузами, в течение которых происходит перемещение влаги с верхнего переувлажнённого слоя в нижние, менее увлажненные слои почвы под действием капиллярного оттока. Чередование импульсов и пауз в подаче воды позволяет снизить среднюю интенсивность дождя до 0,02-0,05 мм/мин и проводить полив малыми нормами для восполнения влаги в объемах суточной эвапотранспирации в зависимости от видов сельскохозяйственных культур и природно-климатической зоны. Такой вид непрерывного орошения или орошения с максимально короткими межполивными периодами, в отличие от периодического, создает условия для прироста урожая за счет уменьшения или полного исключения амплитуды изменения относительной влажности почвы при поддержании ее на оптимальном уровне (рис. 3) [3, 4].

Для импульсного дождевания разработаны функциональные модули КСИД-1 со средней интенсивностью дождя 0,02 мм/мин, КСИД-Р – 0,006 мм/мин при импульсном ре-

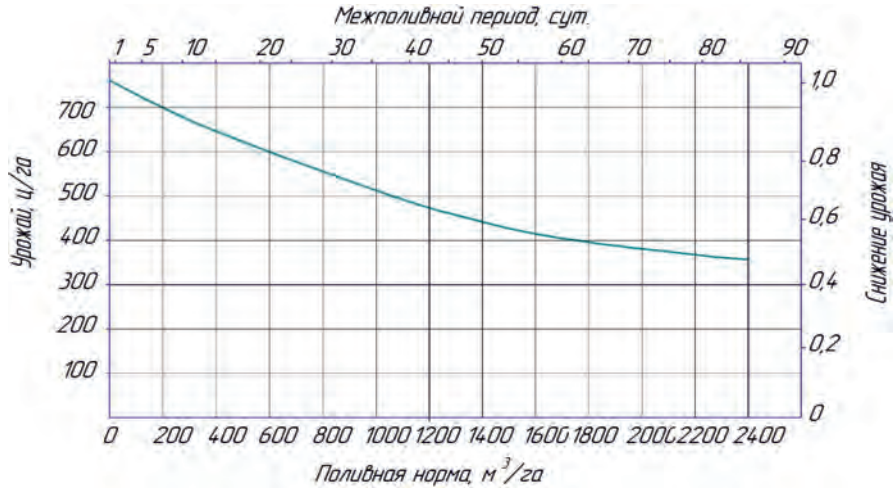


Рис. 3. Зависимость снижения урожая от превышения поливной нормы над суточной водоподачей

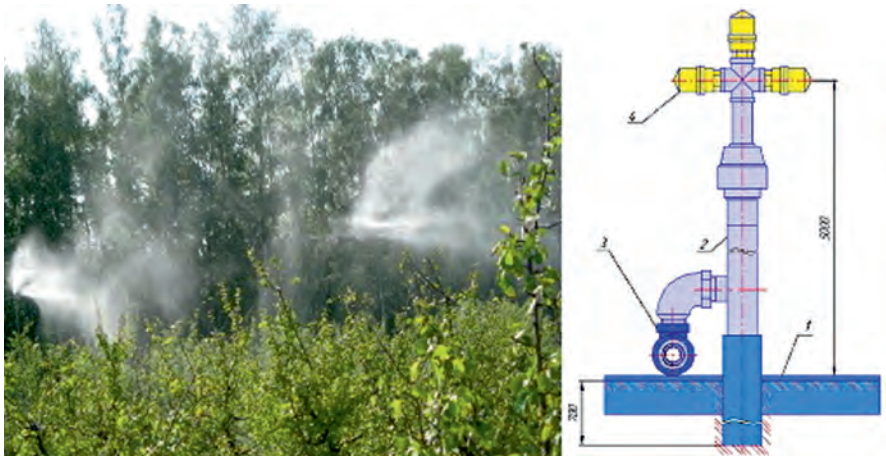


Рис. 4. Мелкодисперсное увлажнительное дождевание сада

жиме работы и 0,07 – при непрерывном, КИД-1 с интенсивностью 0,025 мм/мин.

Удельные капитальные вложения на создание систем импульсного дождевания в 3,2-4,5 раза меньше по сравнению со стационарными системами за счет применения труб малого диаметра – 20-40 мм (вместо 150-200 мм).

Мелкодисперсное, или аэрозольное дождевание, характеризуется мелкими каплями дождя – не более 0,6 мм («моросящий дождь») (рис. 4). Создаваемая средняя интенсивность дождя (0,001 мм/мин) рассчитана на перемещение создаваемого аэрозольного облака ветром. Доля оросительной воды, расходуемой на увлажнение почвы, не превышает 2-4 %. Такое дождевание предназначено для увлажнительного полива и создания микроклиматических условий в приземном слое воздуха. Используется для повышения фотосинтетической активности растений в термически напряжённые периоды времени за счет повышения влажности воздуха и снижения его температуры и температуры листовой поверхности вследствие отбора тепла при испарении мелких капель дождя, находящихся в воздухе и на поверхности растений [3, 5, 6].

В условиях теплиц или парников используется для размножения растений зелеными черенками, для чего применяется очень тонкий дождь, или выращивания рассады и нежных культур.

Капельное орошение – один из способов локального микрооросения, при котором оросительная вода через специальные микроводовыпуски (капельницы) подаётся в виде отдельных капель малыми нормами на поверхность корнеобитаемой зоны растений (рис. 5). Поступая на поверхность почвы, оросительная вода формирует под ней контур увлажнения. Форма контура увлажнения и его размеры зависят от типа почв, расхода капельниц, продолжительности полива и уклона орошаемой поверхности.

Наиболее приемлемыми условиями применения капельного орошения считается локальный или полосовой полив на участках с уклонами 0,01-0,3 и использованием оросительной воды с допустимой мутностью до 50 мг/л.

В современных условиях России наибольшее распространение получили системы капельного орошения со встроенными капельницами эмиттерного и щелевого типа в виде плоскосворачиваемых тонкостенных трубок (лент) капельного орошения одногодичного срока использования. Расход эмиттерных трубопроводов составляет 0,5-6 л/ч, у щелевой капельной ленты – до 10,6 л/ч на 1 погонный метр. Расстояние между капельницами имеет широкий диапазон – 0,1- 2 м в зависимости от орошаемой культуры. Средний гидромодуль при капельном орошении составляет 0,3 л/с·га. Необходимый номинальный напор на капельнице не превышает 0,1 МПа для капельных лент и до 0,4 МПа – для капельных трубок.

Экономия оросительной воды при капельном орошении может достигать 50-70 % по сравнению с традиционными способами орошения, а КПД – 0,8-0,95 вместо 05-0,6 – при поверхностном поливе и 0,7-0,8 – при дождевании. При этом затраты труда на поливе снижаются на 90-92 % по сравнению с традиционным поверхностным поливом и на 64-71 % по сравнению с дождеванием [3, 4].

За последние годы площади капельного орошения в России приблизились к 70 тыс. га и возрастают ежегодно на 5-10 тыс. га.

Импульсно-локальное орошение заключается в многократной импульсной подаче небольших объемов воды (2-2,5 л) или питательного раствора на поверхность прикорневой зоны растений, чередуя её по секциям в течение всей вегетации со средней интенсивностью, определяемой значением текущего водопотребления сельскохозяйственных культур. Применяется для орошения садов и виноградников на спланированных, малоуклонных (0,001-0,005) участках.

Рис. 5. Система капельного орошения

Распределение суточной поливной нормы соответственно водопотреблению происходит по принципу накопления малым расходом (до 0,4 л/с) объёма воды или питательного раствора в аккумулирующей ёмкости с последующей его подачей большим расходом в одну из

нескольких секций поливной сети. Секционное деление орошаемого массива с последовательной водоподачей создаёт импульсный характер полива с кратковременным выплеском и продолжительной паузой. Продолжительность цикла водоподачи до 30 раз меньше цикла «паузы». Длительные паузы между водоподачами обеспечивают рассредоточение влаги из контура перенасыщения, создавая более благоприятные условия питания растений.

Подаваемые на поверхность почвы малые объемы воды (1,5-2,5 л за импульс) впитываются почвой на протяжении продолжительной паузы и распределяются в увлажняемом слое почвы.

Для орошения садов ВНИИ «Радуга» разработан модуль системы импульсно-локального орошения МИЛОС-М (рис. 6). Модуль включает в себя накопительную емкость, установленную на опоре и снабженную гидравлическим распределителем, выполненным в виде группы последовательно срабатываемых сифонов с подсоединёнными к ним секционными трубопроводами, заканчивающимися поливными перфорированными трубопроводами в рядах растений. Продолжительность импульса водоподачи относительно расхода варьируется незначительно, а продолжительность паузы напрямую зависит от подводимого расхода, заполняющего накопительную емкость, который не превышает 0,4 л/с.

Для личных подсобных хозяйств и индивидуальных теплиц разработан комплект КЛИП-36, способный работать от водопровода или напорной емкости при напоре 1 м. Объем емкости от 200 л может обеспечить полив в автоматическом режиме без затрат энергии в течение 5-6 дней, присутствие человека необязательно [3, 4, 6, 7].

Внутрипочвенное орошение предназначено для малообъёмного орошения сельскохозяйственных культур. Применяется для полива сельскохозяйственных культур сплошного сева, пропашных, плодово-ягодных насаждений, виноградников.

Система имеет модульное построение. Работает с подачей воды под давлением от насосной станции (напорного трубопровода) до 1 МПа или от емкости, расположенной на командной отметке орошаемого участка, откуда вода самотеком поступает в систему. Необходимый напор, поддерживаемый в увлажнителях, должен составлять не более 0,3 м. Внутрипочвенное орошение признано наиболее перспективным, но и наиболее дорогостоящим способом, поэтому пока не получило своего развития. Во ВНИИ «Радуга» разработана технология внутрипочвенного орошения по полиэтиленовым увлажнителям с полным циклом автоматизации процесса полива. Внутрипочвенное орошение можно применять как с использованием чистой воды, так и подготовленных (разбавленных и очищенных) хозяйственно-бытовых или животноводческих стоков. Включение внутрипочвенного орошения в цикл утилизации стоков при орошении культурных пастбищ, кормовых и прифермских севооборотов с глубоким залеганием грунтовых вод дает возможность решения проблемы их автоматической утилизации. При этом растения, не контактируя своей надземной частью со стоками, получают все необходимые им питательные элементы, происходит обогащение почвы гумусом. Опыты показывают, что щадящие импульсные сбросы можно проводить и в зимнее время, активность почвенной микрофлоры сохраняется, происходит переработка органики и патогенной микрофлоры, так как температура сбрасываемых стоков не опускается ниже +14 °С. Имеют место предложения автономной системы биоочистки и утилизации стоков для частных домов с помощью внутрипочвенного орошения. Это направление очень перспективно и уже находит свое место в практике индивидуального строительства.

Все разработанные и усовершенствованные модульные комплекты микроорошения прошли государственные испытания.

Разработанные технологии микроорошения отвечают современным тенденциям экологической безопасности, экономии оросительной воды и энергетических ресурсов и по-

Рис. 6. Модуль импульсно-локального мелкоструйчатого орошения садов

вышения урожайности орошаемых культур. Технические средства микроорошения изготавливаются в основном из отечественных материалов и оборудования, что упрощает их производство, ремонт и, соответственно, уменьшает их стоимость. Проведенные государственные испытания и производственная проверка дают основание для их использования при создании локальных оросительных систем и сокращения сроков их строительства.

Применение малоинтенсивных технологий орошения позволяет снизить воздействие капель дождя на почвенные агрегаты; поддерживать влажность почвы на оптимальном уровне, что благоприятно отражается на почвообразовательном процессе, повышает усвоение растениями P_2O_5 в 1,5-2 раза, нитратов калия – до 10-30%; снижает коэффициент водопотребления и увеличивает урожайность орошаемых культур.

Развитие АПК, фермерских и приусадебных хозяйств, совершенствование технологий и повышение требований к качеству орошения ставит задачи необходимости разработки и организации производства отечественного оборудования с целью создания многофункциональных систем для локальных участков, обеспечивающих благоприятный микроклимат почвы и воздуха, внесение с оросительной водой минеральных удобрений, микроэлементов, химических средств защиты растений, а также их защиты в термически напряжённые периоды.

Список использованных источников

1. Ресурсосберегающие энергоэффективные экологически безопасные технологии и технические средства орошения: справочник. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. 264 с.

2. **Ольгаренко Г.В.** Научно-техническое обеспечение программы развития мелиорации земель в России. // Мелиорация и водное хозяйство. 2013. № 6. С. 2-4.

3. Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в России: информ. издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. 220 с.

4. **Терпигорев А.А., Грушин А.В., Гжибовский С.А.** Применение дождевания для защиты растений в термически напряженные периоды их вегетации // Техника и оборудование для села. 2016. № 8. С. 20-23.

5. **Гжибовский С.А, Грушин А.В., Терпигорев А.А**. Техника для орошения интенсивных садов // Техника и оборудование для села. 2016. № 5. С. 8-11.

6. Стационарные модули импульсно-локального орошения сельскохозяйственных культур / А.А. Терпигорев [и др.]// Техника и оборудование для села. 2017. № 3. С. 18-21.

7. **Ольгаренко Г.В.** Основные направления разработки отечественных технических средств микроорошения для мелкоконтурных участков // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 5. С. 82-85.

Technologies and Microirrigation Machinery for Local Systems

A.A. Terpigorev, A.V. Grushin, S.A. Gzhibovsky

Summary. *The article presents the description and purpose of the main methods and technical modules for kitting of micro-irrigation systems for local irrigation systems. The techniques for irrigation of local sites proposed by the All-Russian Research Institute "Raduga" that undergone production testing are given*.

Keywords: *micro-irrigation, synchronous pulse sprinkling, fine-dispersed sprinkling, drip irrigation, subsoil irrigation.*

УДК 631.331.922:664.72

Энергетическая оценка комплекта нового оборудования для конвективно-сверхвысокочастотного и низкоконцентрационного химического обеззараживания зерна и семян

А.И. Пахомов,
д-р техн. наук, доц., гл. науч. сотр.,
alivpx@mail.ru
В.А. Максименко,
канд. техн. наук, вед. науч. сотр., зав. отделом,
elektro_skniimesh.rashn@mail.ru
К.Н. Буханцов,
мл. науч. сотр.,
buhantsov.k@gmail.com
(СКНИИМЭСХ ФГБНУ «АНЦ «Донской»)

Аннотация. *Приведены теоретические расчеты затрат электроэнергии и их снижения на процесс электрофизической обработки семян в новой установке «СИГМА-1» и на обеззараживание зерна пониженными концентрациями пестицидов в смесителе-протравливателе СП-1. Показано, что производственное использование технологического модуля «СИГМА-1» позволит сократить энергозатраты на обеззараживание на 28%, а применение установки СП-1 – на 29%.*

Ключевые слова: *экономия энергетических ресурсов, рекуперация тепла, конвективный нагрев, сверхвысокочастотная обработка зерна, смеситель-протравливатель семян, химическое протравливание, теплоэлектронагреватель воздуха.*

В России ежегодно до 10-13% производимого зерна заражено плесневыми грибами, вызывающими в процессе выращивания и хранения значительные количественные и качественные потери урожая, величина которых составляет до 30%, а иногда и более [1]. Самым широко используемым в производстве методом борьбы с возбудителями грибковых заболеваний зерна является химическое протравливание, для его реализации применяются специализированные сельскохозяйственные машины, такие как протравливатели семян.

Однако технологии химического обеззараживания являются очень дорогостоящими и экологически небезопасными, а оборудование для его проведения обладает высокой энергоемкостью. Кроме того, на большинство фунгицидных препаратов, применяемых в российском АПК, у плесневых грибов, содержащихся в отечественном зерне, выработалась резистентность, т.е. невосприимчивость к ингибирующему действию пестицидов, из-за чего химическое протравливание начинает терять свою эффективность. Перспективной альтернативой химическим методам обеззараживания зерна являются комбинированные электрофизические способы его обработки. Однако для успешного внедрения таких технологий в производство необходимо создание высокопроизводительных установок непрерывного действия, в которых процессы электрообеззараживания будут эффективно реализовываться с минимальными энергозатратами, а для этого необходимо проводить энергетическую оценку любого нового оборудования в процессе его разработки и исследования и сравнивать ее с энергетикой известных промышленных аналогов.

Для обеззараживания зерна и семян с высоким уровнем обсемененности плесневыми грибами и бактериями авторами разработан комбинированный способ обработки, который не только эффективно подавляет вредную микрофлору, но и обеспечивает преодоление ее резистентности к химическим протравителям. Этот способ осуществляется за пять последовательных этапов. На первом этапе зерно или семена увлажняют водой, на втором – происходит их отлежка в течение 70-90 мин, на третьем – материал нагревается горячим воздухом, на четвертом – зерно обрабатывают в электромагнитном поле СВЧ, на пятом – материал протравливают водным раствором или смесью обеззараживающих химических препаратов с пониженными дозами отравляющих веществ [2].

Описанный процесс комбинированного обеззараживания сельскохозяйственных материалов базируется на двух основных технологических установках: СВЧ-модуле «СИГМА-1» и смесителе-протравливателе семян СП-1.

Эти установки в своем составе имеют электропривод и другие потребители электрической энергии, оригинальная компоновка которых, выявленная на основе их теоретических и экспериментальных исследований еще на стадии разработки, дала возможность создания оригинальных конструкций оборудования для реализации предложенного способа обеззараживания, которые при обеспечении высокой технологической эффективности позволяют получать в процессе эксплуатации еще и существенный энергосберегающий эффект. В частности, рациональное построение разработанной СВЧ-установки на основе принципов, изложенных в работе [3], позволило добиться значительной экономии энергетических

ресурсов при ее работе, величину которой найдем из расчета, приведенного ниже.

На этапе конвективно-микроволновой обработки необходима мощность:

$$N_{э.к.мв.} = P_{э.к.} + P_{э.СВЧ}, \quad (1)$$

где $N_{э.к.мв}$ – мощность, необходимая для реализации всего процесса конвективно-микроволновой обработки, кВт;

$P_{э.к.}$ – мощность, необходимая для конвективного нагрева материала, кВт:

$$P_{э.к.} = P_{в.ТЭН} + P_{ТЭН}, \quad (2)$$

где $P_{в.ТЭН}$ – мощность привода вентилятора теплоэлектронагревательного блока, кВт;

$P_{ТЭН}$ – мощность ТЭНов, кВт;

$P_{э.СВЧ}$ – мощность, необходимая для СВЧ-обработки материала, кВт.

В том случае, когда не используется принцип рекуперации тепла, необходим отдельный вентилятор для продувания воздуха через ТЭНы, в качестве которого приняли радиальный вентилятор среднего давления ВР-300-45-2,0 с потребляемой мощностью $P_{в.ТЭН}$ = 0,18 кВт, паспортной производительностью (без нагрузки) $Q_{пасп.}$ = 600-800 м³/ч и частотой вращения $n_в$ = 1500 мин⁻¹.

Мощность ТЭНов находили по формуле

$$P_{ТЭН} = c_з \cdot Q_{к.н.з.} \cdot Dt_{к.н.з.}, \quad (3)$$

где $c_з$ – теплоемкость зерна, поступающего на этап конвективного нагрева, кВт, при влажности зернового материала $W_з$ = 14% $c_з$ = 2,116 кДж/кг·°С [4];

$Q_{к.н.з.}$ – расход зерна через теплообменник, кг/с, согласно опытным данным $Q_{к.н.з.} = Q_{СВЧ_з}$ = 411,8 – 983,6 кг/ч = 0,114-0,273 кг/с [5, 6], для расчетов принимали $Q_{к.н.з.з}$ = 0,114 кг/с;

$\Delta t_{к.н.з}$ – технологически необходимое повышение температуры зерна на этапе конвективного нагрева, °С, согласно опытным данным $\Delta t_{к.н.з}$ = 13-16°С [7], для расчета принимали $\Delta t_{к.н.з}$ =16°С.

Подставляя в формулу (3) известные значения составляющих, получили $P_{ТЭН}$ = 3,86 кВт. Тогда вся мощность на конвективный нагрев по формуле (2) составила $P_{э.к.}$ = 4,04 кВт.

Мощность для этапа СВЧ-обработки находили по формуле

$$P_{э.СВЧ} = N_{Σмаг.} + N_{Σв.маг.} + N_{в.тр.}, \quad (4)$$

где $N_{Σмаг.}$ – суммарная мощность магнетронов в установке «СИГМА-1», кВт:

$$N_{Σмаг.} = N_{пасп.маг.} \cdot n_{маг.}, \quad (5)$$

где $N_{пасп.маг.}$ – паспортная мощность одного магнетрона ОМ75S фирмы «Samsung», кВт, $N_{пасп.маг.}$ = 1 кВт [1];

$n_{маг.}$ – общее количество магнетронов установки «СИГМА-1», шт, $n_{маг.}$ = 8 [7];

$N_{Σмаг.}$ – суммарная мощность вентиляторов охлаждения, кВт:

$$N_{Σв.маг.} = n_{в.} \cdot N_{пасп.в.}, \quad (6)$$

где $n_в$ – количество вентиляторов системы охлаждения, $n_в = n_{маг.}$ = 8 шт.;

$N_{пасп.в.}$ – паспортная мощность одного вентилятора, кВт, согласно [8] применен радиальный вентилятор среднего давления BDRS 120-6 производства фирмы «*Bahcivan Motor*» (Турция) с максимальной подачей $Q_{в.маг.}$ = 380 м³/ч, мощностью $N_{пасп.в.}$ = 0,097 кВт [7];

$N_{в.тр.}$ – мощность блока охлаждения анодно-накальных трансформаторов, кВт, согласно работе [7] использован один радиальный вентилятор среднего давления ВР-300-45-2 производительностью $Q_{в.}$ = 600-800 м³/ч, частотой вращения $n_в$ = 1500 мин⁻¹ и приводным электродвигателем АИР63В4У3 мощностью $N_{в.тр.}$ = 0,37 кВт.

Подставив известные числовые значения в формулы (5) и (6), получили

$$N_{Σв.маг.} = 8 \text{ кВт}, N_{Σв.маг.} = 0{,}776 \text{ кВт}.$$

Затем провели расчет по выражению (4), в результате получили $P_{э.СВЧ}$ = 9,146 кВт.

Подставляя найденные составляющие в формулу (1), получили полную мощность на этапе конвективно-микроволновой обработки $N_{э.к.мв.}$ = 13,186 кВт. Эта мощность может быть реализована в двух практических вариантах: 1) с отдельным блоком конвективного нагрева без рекуперации тепла $N_Σ^{б.к.н.} = N_{э.к.мв.1}$ =13,186 кВт (рис. 1а); 2) с рекуперацией тепла из системы охлаждения магнетронов (рис. 1б).

При рекуперации тепла отдельный блок конвективного нагрева из схемы оборудования исключается, в связи с чем расчет по формуле (1) проводили без параметра $P_{э.к.}$. В результате получили мощность на конвективно-микроволновую обработку с рекуперацией тепла, составившую $N_Σ^{рек.} = N_{э.к.мв.} = P_{э.СВЧ}$ = 9,146 кВт.

На основе найденных величин определяли величину снижения энергозатрат ($\Delta Э_{\%}^{рек.}$, %) в установке «СИГМА-1», использующей принцип рекуперации:

$$\Delta Э_{\%}^{рек.} = \frac{N_Σ^{б.к.н.} - N_Σ^{рек.}}{N_Σ^{б.к.н.}} \cdot 100, \%. \quad (7)$$

Согласно расчету снижение энергозатрат составило $\Delta Э_{\%}^{рек.}$ = = 30,22%.

Далее определяли, какую долю в суммарных затратах мощности на конвективно-микроволновую обработку составляет тепло, рекуперированное из системы охлаждения магнетронов, по формуле

$$\Delta p_{к.н.}^{рек.} = \frac{P_{к.н.}^{рек.}}{N_Σ^{рек.}} \cdot 100, \quad (8)$$

где $\Delta p_{к.н.}^{рек.}$ – содержание рекуперированной тепловой мощности в суммарной, %;

$P_{к.н.}^{рек.}$ – тепловая мощность из системы охлаждения магнетронов, кВт:

$$P_{к.н.}^{рек.} = P_{т.п.маг.} + P_{волн.}, \quad (9)$$

где $P_{т.п.маг.}$ – тепловые потери мощности при работе магнетрона, кВт:

$$P_{т.п.маг.} = \frac{N_{Σмаг.} \cdot (100 - \eta_{маг.})}{100\%}, \quad (10)$$

где $\eta_{маг.}$ – паспортное значение КПД магнетрона, %, для магнетронов фирмы «Samsung» типа ОМ75S $\eta_{маг.}$ = = 70% [1];

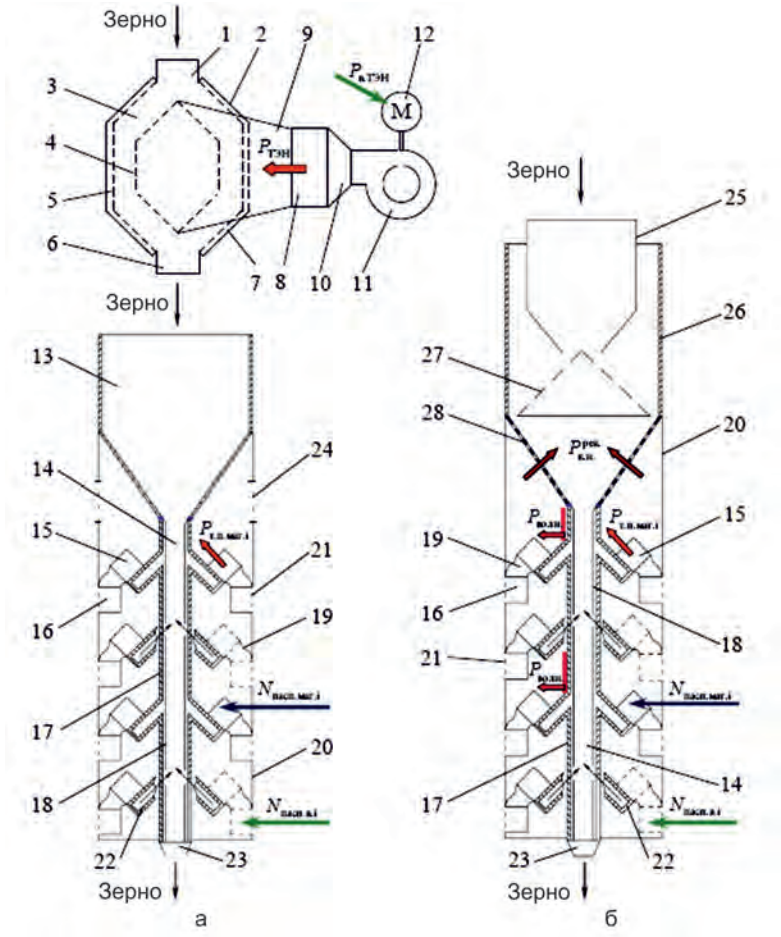


Рис. 1. Конструктивно-технологические схемы реализации комбинированного процесса электрофизического и химического обеззараживания зерна на этапе конвективно-сверхвысокочастотной обработки:

а – с отдельным блоком конвективного нагрева без рекуперации тепла;

б – с рекуперацией тепла из системы охлаждения магнетронов (установка «СИГМА-1»);

1 – загрузочная горловина зерна;
2 – защитный кожух конвективного нагревателя зерна;
3 – рабочая камера конвективного нагрева;
4 – внутренний короб для подвода нагретого воздуха с перфорированными стенками;
5 – наружный короб с перфорированными стенками;
6 – горловина выгрузки зерна;
7 – камера сбора и отвода отработанного теплоносителя;
8 – воздушный теплоэлектронагреватель (ТЭН); 9, 10 – воздуховод; 11 – вентилятор ТЭН;
12 – привод вентилятора ТЭН;
13 – буккер-накопитель зерна;
14 – проточная рабочая камера установки «СИГМА-1» для сверхвысокочастотной (микроволновой) обработки зерна;
15 – магнетрон ОМ75S;
16 – вентилятор BDRS 120-6 индивидуального охлаждения магнетрона;
17 – вертикальный волновод, суммирующий СВЧ-энергию от магнетронов;
18 – фторопластовая труба-продуктопровод;
19 – гибкий рукав-воздуховод;
20 – защитный корпус СВЧ-блока установки «СИГМА-1»;
21 – зарешеченное отверстие для забора воздуха в систему охлаждения магнетрона;
22 – согласующий волновод;
23 – конус выгрузки зерна;
24 – зарешеченное отверстие для отвода отработанного охлаждающего воздуха;
25 – приемно-распределительный бункер;
26 – корпус конвективного теплообменника-нагревателя зерна; верхний перфорированный конус теплообменника-нагревателя;
28 – нижний (обратный) перфорированный конус теплообменника-нагревателя.

$P_{волн.}$ – тепловая мощность, рассеиваемая с поверхности рабочей волноводной камеры СВЧ-установки, кВт:

$$P_{волн.} = \alpha_{ст.} \cdot F_{волн.} \cdot (t_{ст.волн.} - t_{в.о.маг.}), \quad (11)$$

где $\alpha_{ст.}$ – коэффициент теплоотдачи плоской стальной поверхности, $\alpha_{ст.}$ = 50 Вт/м²°С [9];

$F_{волн.}$ – площадь поверхности рабочей камеры установки «СИГМА-1», м²:

$$F_{волн.} = П_{п.с.} \cdot h, \quad (12)$$

где $П_{п.с.}$ – периметр поперечного сечения камеры, м, при квадратном поперечном сечении со стороной а = 0,09 м [7, 10] получили $П_{п.с.}$ = 4·а = 0,36 м;

h – высота рабочей камеры установки «СИГМА-1», м, h = 0,9 м.

$t_{ст.волн.}$ – средняя температура стальной стенки рабочей камеры с учетом экспериментальных измерений, °С, при производительности зерна через рабочую камеру СВЧ-обработки $Q_{з.СВЧ}$ = 411,8 кг/ч $t_{ст.волн.}$ = 44 °С [5];

$t_{в.о.маг.}$ – температура отработанного воздуха из системы охлаждения магнетронов, °С, для нахождения которой использовали формулу

$$P_{н.в.} = P_{т.п.маг.} = c_{в} \cdot Q_{в.маг.} \cdot r_{в} \cdot (t_{в.о.маг.} - t_{а.в.}). \quad (13)$$

После преобразования выражения (13) получили:

$$t_{в.о.маг.} = \frac{P_{т.п.маг.} + c_{в} \cdot Q_{в.маг.} \cdot \rho_{в} \cdot t_{а.в.}}{C_{в} \cdot Q_{в.маг.} \cdot \rho_{в}}, \quad (14)$$

где $c_{в}$ – теплоемкость воздуха, поступающего в систему охлаждения магнетронов, кДж/кг·°С, для сухого воздуха в диапазоне температур окружающей среды $t_{а.в.}$= 0-30°С, $c_{в}$ = 1,005 кДж/кг·°С [9];

$Q_{в.маг.}$ – расход охлаждающего воздуха через магнетрон, м³/с, для вентилятора BDRS 120-6 фирмы «*Bahcivan Motor*» $Q_{в.маг.}$ = 380 м³/ч = 0,106 м³/с;

$\rho_{в}$ – плотность воздуха, кг/м³, для сухого воздуха при температуре $t_{а.в.}$= 20°С, $\rho_{в}$ = 1,205 кг/м³ [9];

$t_{а.в.}$ – температура атмосферного воздуха на входе в систему охлаждения магнетронов при проведении опытов, °С, $t_{а.в.}$= 17,3°С.

Подставляя составляющие в формулу (14), получили $t_{в.о.маг.}$ = 36°С. Далее по формуле (11) определили мощность рассеяния с поверхности волноводной камеры $P_{волн.}$ = 0,13 кВт, а по формуле (9) тепловую мощность из системы охлаждения магнетронов, равную $p_{к.н.}^{рек.}$ = = 2,53 кВт. Энергоэкономия по формуле (8) составила $\Delta p_{к.н.}^{рек.}$ = 27,66%.

В разработанном комбинированном способе обеззараживания характерной особенностью является то, что на пятом этапе обработки проводится химическое протравливание зерна водными растворами или смесями пестицидов с пониженными относительно нормативных значений дозами фунгицидных препаратов [2]. Существующие промышленные протравливатели семян не обеспечивают необходимую для производства равномерность нанесения на зерно ядохимиката с пониженной концентрацией действующих веществ. Для реализации способа на этапе низкоконцентарционного химического обеззараживания разработана специализированная установка – смеситель-протравливатель СП-1(рис. 2) [11], основной смешивающий механизм которого представляет собой вращающийся конус с осью вращения, наклоненной вниз по ходу движения зерна. Далее в установке СП-1 зерно перемешивается непосредственно в отгрузном шнеке-смесителе. Шнек имеет малую частоту вращения, малый угол подъема витка и увеличенный зазор между шнеком и кожухом. Эти факторы увеличивают гравитационное обратное пересыпание зернового материала и тем самым разнос поверхностной влаги с пестицидом по объему подымаемого зерна.

Из конструктивных и технологических соображений приняли следующие параметры элементов устройства и характеристик транспортируемого материала, представленные в таблице.

Параметры элементов смесителя-протравливателя СП-1 для расчета

Параметры	Числовое значение параметра
Производительность Q, т/ч	1
Угол наклона шнека к горизонту β, град.	45
Коэффициент трения зерна по стали μ	0,357
Диаметр шнека D, м	0,14
Частота вращения шнека n, мин$^{-1}$	160
Длина шнека L, м	3
Шаг витков шнека S, м	0,1

Мощность на привод шнека рассчитывали с учетом известных методик [12]:

$$N_1 = \frac{v_o \cdot G \cdot (\sin\beta + \mu \cdot \cos\beta) \cdot tg(\alpha_o + \rho_1)}{75}, \text{ л.с.,} \quad (15)$$

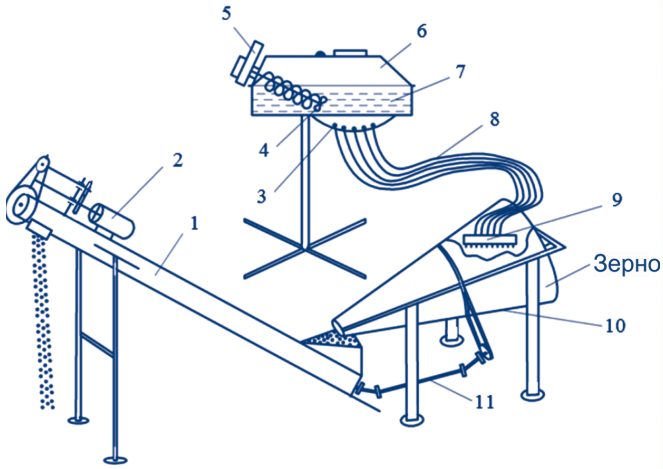


Рис. 2. Предлагаемая конструкция смесителя-протравливателя СП-1:
1 – шнек-смеситель; 2 – электродвигатель; 3 – штуцер; 4 – лопастной винт-мешалка; 5 – микроэлектродвигатель; 6 – бачок; 7 – протравитель; 8 – гибкий трубопровод; 9 – иглодержатель; 10 – вращающийся конус-смеситель; 11 – карданная передача

где v_o – окружная скорость точек на шнеке по центрам давления, м/с:

$$v_o = \frac{\pi \cdot D_o \cdot n}{60}, \quad (16)$$

где D_o – диаметр окружности, проходящей через центр давления транспортируемого материала на винтовую поверхность шнека, м, определяли из выражения $D_o = 0,7D$ = 0,098 м;

G – сила давления зерна на кожух, кгс:

$$G = g \cdot L = \frac{Q \cdot L}{3.6 \cdot v_n} = \frac{Q \cdot L}{3.6 \cdot \frac{S \cdot n}{60}}, \quad (17)$$

где g – погонный вес транспортируемого материала, кгс/м;

v_n – скорость продольного перемещения транспортируемого материала, м/с;

α_o – угол подъема винтовой поверхности шнека по окружности, проходящей через центр давления транспортируемого материала на шнек, град., $tg\alpha_o = \frac{S}{\pi \cdot D_o}$, откуда = 18°;

ρ_1 – угол трения транспортируемого материала о винтовую поверхность шнека, град., tgr_1=μ, откуда ρ_1= 19,6°.

Подставляя значения из таблицы в формулу (17), получили G = 3,1 кгс.

Вычисления по формуле (15) дают значение мощности N_1 = 0,0252 л.с. = 0,0186 кВт.

Мощность на валу шнека:

$$N_o = \frac{N_1 \cdot k_o}{\eta_n}, \text{ кВт,} \quad (18)$$

где k_o – коэффициент, учитывающий перемешивание транспортируемого материала, k_o = 1,4;

η_n – КПД подшипников скольжения вала шнека, η_n = 0,95.

Подставляя значения в формулу (18), получаем N_o= 0,028 кВт.

Поскольку затраты энергии на привод вращающегося конуса требуют углубленного исследования и с учетом того, что они составят не более половины от затрат на привод шнека, делаем допущение, что мощность, необходимая на привод конуса, не превышает $N_{п.к.}$ = 0,015 кВт, при этом суммарная мощность составляет $N_{р\Sigma}$=$N_О$ + $N_{п.к.}$ = 0,043 кВт.

Из наиболее распространенных тихоходных асинхронных двигателей для привода разрабатываемого смесителя-протравливателя СП-1 приняли ближайший двигатель АИР63АС6 мощностью $N_{сп-1}$= 0,18 кВт с синхронной частотой вращения $n_{син.}$= 1000 мин$^{-1}$, рабочей частотой вращения $n_{раб.}$= 870 мин$^{-1}$ и КПД η = 57%. Мощностью привода мешалки в баке, где используется микроэлектродвигатель, можно пренебречь.

Как следует из расчета, вследствие отсутствия насосов и компрессоров, используемых в других аналогичных устройствах, энергопотребление смесителя-протравливателя СП-1 невелико и практически полностью определяется мощностью основного приводного электродвигателя $N_{сп-1}$ = 0,18 кВт. При этом производительность данной установки равна $Q_{сп-1}$ = 1 т/ч, а приведенные энергозатраты на низкоконцентрационное химическое протравливание составляют $N^{пр.}_{н.х.п.}$ = 0,18 кВт·ч/т.

Анализ промышленных протравливателей семян [11] показал, что наименьшую приведенную мощность на обработку 1т материала имеет установка ПС-10АМ – $N^{пр.}_{ПС-10АМ}$= 0,254 кВт·ч/т при производительности $Q_{ПС-10АМ}$= 22 т/ч и установочной мощности электродвигателей $N^{уст.}_{ПС-10АМ}$= 5,6 кВт, т.е. этот протравливатель является лучшим по энергоэкономичности из выпускаемых аналогичных сельхозмашин. Приняв его за базу для сравнения, увидели, что предлагаемый смеситель-протравливатель СП-1 обладает безусловным преимуществом, затрачивая на обработку 1т материала меньше электроэнергии: $\Delta Э_{н.х.п.}$= $N^{пр.}_{ПС-10АМ}$ – $N^{н.х.}_{п.пр.}$ = 0,074 кВт·ч. Таким образом, энергоэкономия на этапе обеззараживающей химобработки в процентном выражении составила

$$\Delta Э^{н.х.п.}_{\%} = \frac{\Delta Э_{н.х.п.}}{N^{пр.}_{ПС-10АМ}} \cdot 100 = 29{,}13\%.$$

Энергетическая оценка установок «СИГМА-1» и СП-1 показала, что энергосбережение от их применения в новой технологии конвективно-сверхвысокочастотно-химического обеззараживания составляет 28 и 29% соответственно, что в сочетании со снижением зараженности зерна при обработке не менее чем на 25-30% и уменьшением химического загрязнения окружающей среды пестицидами на 50-75% [11] в разработанном способе позволят рекомендовать и этот способ, и установки «СИГМА-1» и СП-1, применяемые для его реализации, для внедрения в сельскохозяйственное производство.

Список использованных источников

1. Разработка улучшенных энергосберегающих технологий и исходных требований на разработку новых технических средств высокоинтенсивной обработки сельскохозяйственных материалов с использованием комбинированных электрофизических воздействий на основе аналитических и технико-экономических исследований: отчет о НИР (промежуточ.): 09.03.04.01/ ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии; рук. Пахомов А.И. Зерноград, 2011. 62 с..

2. Способ комбинированного обеззараживания зерна и семян с использованием СВЧ-энергии: заявка на изобр. № 2017101178 РФ, МПК A01 C1/00. / Пахомов В.И., Пахомов А.И., Буханцов К.Н., Максименко В.А.; заявитель и патентообладатель: ФГБНУ СКНИИМЭСХ. №2017101178/13, заявл.: 13.01.2017. 54 с.

3. **Пахомов А.И.** Рациональные принципы построения сельскохозяйственных СВЧ-установок // Хранение и переработка зерна. 2014. № 7. С.53-56.

4. **Гержой А.П., Самочетов В.Ф.** Зерносушение и зерносушилки. Изд. 4-е, перераб. и доп. М.: Колос, 1967. 224 с.

5. Разработка технологии эффективной обработки сельскохозяйственных материалов с использованием обеззараживающих препаратов и комбинированных электрофизических воздействий: отчет о НИР (промежуточ.): 0708-2014-0010 /ФГБНУ СКНИИМЭСХ; рук. Пахомов А.И. Зерноград, 2015. 60 с.

6. Разработка нового технологического процесса высокоинтенсивной обработки сельскохозяйственных материалов с использованием комбинированных электрофизических воздействий и экологически чистых препаратов для их обеззараживания: отчет о НИР (промежуточ.): 0708-2014-0010 / ФГБНУ СКНИИМЭСХ; рук. Пахомов А.И. Зерноград, 2014. 72 с.

7. Разработка конструкторской документации для изготовления экспериментального образца модуля для обеззараживания сельскохозяйственных материалов с использованием СВЧ-энергии: отчет о НИР: 09.03.04.01/ ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии; рук. Пахомов А.И. Зерноград, 2013. 70 с.

8. **Пахомов В.И., Пахомов А.И., Парапонов А.А.** Система воздушного охлаждения магнетрона сельскохозяйственной установки // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2012. № 4. С. 26-28.

9. **Нащокин В.В.** Техническая термодинамика и теплопередача. М.: Высшая школа, 1969. 560 с.

10. Устройство для непрерывной СВЧ-обработки сыпучих сельскохозяйственных материалов: пат. №134726 Рос. Федерация: МПК H05 B6/64 / Пахомов А.И., Пахомов В.И., Максименко В.А.; заявитель и патентообладатель: ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии. № 2013107522/07; заявл. 20.02.2013; опубл. 20.11.2013. Бюл. № 32. 2с.

11. Получение новых знаний по агротехнической и энергетической оценке технологии эффективной обработки сельскохозяйственных материалов с использованием обеззараживающих препаратов и комбинированных электрофизических воздействий: отчет о НИР (промежуточ.): 0708-2014-0010 / ФГБНУ СКНИИМЭСХ; рук. Пахомов А.И. Зерноград, 2016. 62 с.

12. **Корнеев Г.В.** Транспортеры и элеваторы сельскохозяйственного назначения. Теория и основы проектирования. М.-Киев: Машгиз, 1961. 232 с.

Energy Estimation of New Equipment Set for Convection and Super High Frequency and Low Concentration Chemical Disinfection of Grain and Seed

A.I. Pakhomov, V.A. Maksimenko, K.N. Bukhantsov

Summary. *The article presents theoretical calculations of energy costs and their reduction on the process of electrophysical seed treatment in the new СИГМА 1 unit and on grain disinfection with reduced concentrations of pesticides in the СП-1 mixer-treater. It is shown that the production use of the СИГМА-1 technological module will enable reduction of energy costs for disinfection by 28% and the use of the СП-1 unit - by 29%.*

Key words: *energy resources economy, heat recovery, convection heating, super high frequency grain treatment, mixer-treater of seed, chemical treatment, heat-and-power air heater.*

УДК 631.22.015

Совершенствование и модернизация систем и средств энергообеспечения – важнейшее направление решения задач повышения энергоэффективности сельхозпроизводства

Д.А. Тихомиров,
д-р техн. наук, проф. РАН, чл.-корр. РАН, зав. лабораторией,
tihda@mail.ru

А.В. Тихомиров,
канд. техн. наук, вед. науч. сотр.,
viesh@viesh.ru
(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Аннотация. *Приведены результаты анализа энергоэффективности действующих систем и средств энергообеспечения сельхозпроизводства. Определены и обоснованы перспективные направления развития и модернизации энергетической базы АПК, систем и средств энергообеспечения, повышения энергоэффективности сельхозпроизводства и использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на селе.*

Ключевые слова: *топливно-энергетические ресурсы (ТЭР), энергосбережение, система энергообеспечения, энергозатраты, энергоемкость.*

Затраты на топливно-энергетические ресурсы (ТЭР) в издержках производства сельскохозяйственной продукции занимают до 35%, поэтому реализация путей их эффективного использования и повышения КПД энергетического оборудования приобретает особое значение. Обоснование и прогнозирование в «Стратегии машинно-технологической модернизации сельского хозяйства» создания и внедрения новых интенсивных технологий в растениеводстве и животноводстве, оснащения их новой техникой обусловливают необходимость развития и совершенствования систем и средств энергообеспечения, создания и применения на селе новых видов энергоносителей, повышения эффективности использования ТЭР. Ряд примеров решения задач повышения продуктивности производства и энергосбережения подтверждает перспективность модернизации систем и средств энергообеспечения при внедрении новых технологий и техники, например [1]:

- в птицеводстве и животноводстве использование новых комбинированных технологий создания микроклимата (общего и локального) с использованием газовых инфракрасных обогревателей и утилизации тепла позволяет снизить удельные энергозатраты до 40% и себестоимость производства – до 15% при повышении его продуктивности [2].
- в растениеводстве при совершенствовании технологий и росте урожайности зерновых с 20 до 35 ц/га энергоемкость снижается в 1,3 раза, а при урожайности 50 ц/га – в 1,5 раза;
- в животноводстве при увеличении надоя молока с 3500 до 5500 кг в год энергоемкость в среднем снижается в 1,3 раза;
- в птицеводстве увеличение продуктивности также влияет на снижение энергозатрат, но в меньшей степени, что связано с уже достигнутым более высоким уровнем реализации прогрессивных технологий и организации производства.

Важнейшим показателем энергоэффективности производства сельхозпродукции является ее энергоемкость, т.е. величина удельных затрат энергии на производство единицы продукции и их доля в себестоимости [3].

В последние годы показатели энергоемкости производства отдельных видов сельхозпродукции снижались, однако доля энергозатрат в ее себестоимости неуклонно возрастала. Так, при действующих ценах на энергоносители стоимость потребленных энергоресурсов в себестоимости производства основных видов сельхозпродукции в среднем состав-

ляет 26-35% (в 1985-1990 гг. – 7-15%). Высокие показатели энергозатрат, диспаритет цен на сельхозпродукцию и энергоносители отрицательно сказываются на величине и структуре себестоимости продукции [1].

Поэтому важнейшей задачей машинно-технологической и энергетической модернизации сельскохозяйственного производства наряду с ростом продуктивности и производительности труда являются повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов и их энергоотдачи, оптимизация энергопотребления при широком использовании местных и возобновляемых энергоресурсов, что обеспечит снижение энергоемкости производства.

На основании проведенного анализа состояния систем и средств энергообеспечения сельскохозяйственных объектов, новых перспективных разработок, структуры энергоемкости производства сельскохозяйственной продукции, а также с учетом мирового опыта и передовых достижений по вопросам энергоэффективности и энергосбережения определены перспективные направления развития и модернизации энергетической базы АПК, повышения энергетической эффективности сельского хозяйства и рационального использования топливно-энергетических ресурсов.

Эффективность энергообеспечения сельских потребителей, затраты на энергоресурсы, а следовательно, и энергоемкость сельхозпродукции во многом определяются принятой системой энергоснабжения, используемыми энергоносителями, энергоэкономным оборудованием и величиной энергопотерь. Поэтому обоснование и выбор рациональной системы энергоснабжения конкретных объектов (или ее модернизация), адаптированной к местным условиям и наличию энергоресурсов, являются важнейшей задачей при проектировании и реализации систем энергоснабжения сельских потребителей.

Значительная часть территории России и сельских поселений не имеет централизованного электроснабжения. Подключение к централизованным электрическим системам затруднено ввиду больших капитальных затрат и тарифов, отсутствия средств на прокладку дорогостоящих теплосетей и сооружение линий электропередачи. Это означает, что обеспечить электроэнергией и теплом потребителей, расположенных на этих территориях, целесообразно с помощью систем и оборудования автономной, малой энергетики. В настоящее время данный вопрос решается установкой дизельных электростанций, но это далеко не всегда оптимальный вариант. Разрабатываются системы и средства автономного энергообеспечения с использованием газа, местных и возобновляемых энергоресурсов.

В последние годы появляются и новые потребители – фермерские и личные подсобные хозяйства (ЛПХ), новые объекты в животноводстве, растениеводстве и переработке, садоводческие хозяйства. Для них еще на стадии проектирования очень важен выбор эффективной системы энергообеспечения в соответствии с их производственными условиями.

Поэтому важной задачей является разработка методологии и рекомендаций по выбору и обоснованию эффективных систем и технических средств энергообеспечения характерных сельских объектов с учетом места их расположения, величины электрической и тепловой нагрузки, расстояния от централизованных сетей энергообеспечения и наличия местных энергоресурсов. Это позволит проводить обоснованный выбор наиболее эффективных вариантов энергообеспечения и энергетического оборудования вновь строящихся объектов, а также модернизации используемых систем и технических средств на действующих объектах.

В области электроснабжения села важным является решение назревших проблем, связанных с работой распределительных сетей, посредством модернизации, реконструкции и создания сетей нового поколения, удовлетворяющих современным условиям распределения и подачи электрической энергии потребителям, отвечающим экономико-экологическим требованиям и мировому техническому уровню. В этой связи формируются технические требования к распределительным электрическим сетям нового поколения. При этом строительство, реконструкция и техническое перевооружение сетей в предстоящий период должны осуществляться на основе нового сетевого электрооборудования, материалов и конструкций, разработанных с использованием современных мировых технологий.

Основной целью реконструкции является выбор приоритетов технического развития, принципов построения и уровня технического оснащения распределительных сетей нового поколения с учетом мирового и отечественного опыта.

Приоритеты технического развития и реконструкции сетей системы сельского электроснабжения должны удовлетворять следующим требованиям:

- надежности электроснабжения и качеству электрической энергии в соответствии с нормативами;
- обеспечения нормативного срока службы ЛЭП (не менее 40 лет);
- адаптации к перспективным электрическим нагрузкам;
- электрической и экологической безопасности;
- технологической и технической восприимчивости к автоматизации и телемеханизации;
- экономической эффективности и непревышению установленной величины потерь.

Первоочередной задачей в рассматриваемый период являются наращивание объемов восстановления отработавших ресурс сетей электроснабжения и обеспечение их надежного функционирования в соответствии с концепцией и Положением о технической политике в распределительном электросетевом комплексе, включающим в себя реконструкцию и техническое перевооружение сетей с заменой технически устаревшего и выработавшего ресурс подстанционного оборудования и линий, соответствие новым техническим требованиям.

Перспективным направлением развития электроснабжения является

реализация для ряда потребителей новых способов передачи электроэнергии, включая резонансную однопроводниковую систему, а также аккумуляцию энергии и снижение потерь.

Повышение надежности электроснабжения сельских потребителей и качества электроэнергии должно быть обеспечено на основе реконструкции сетей централизованного электроснабжения, сокращения их радиуса, использования сетевого и автономного резервирования, внедрения новых нормативных показателей надежности при проектировании и эксплуатации, а также повышения симметрии и снижения потерь электроэнергии, улучшения эксплуатационного обслуживания, что позволит снизить ущерб, нанесенный сельскохозяйственному производству от аварийных и плановых отключений централизованного электроснабжения, и сократить потери электроэнергии до установленных нормативов.

Эти требования должны быть заложены при проектировании, строительстве и реконструкции систем электроснабжения, при этом необходимо руководствоваться следующими основными положениями [1]:

- при разработке перспективных схем развития систем электроснабжения приоритет следует отдавать применению сетей более высокого напряжения (20-110 кВ) по отношению к сетям напряжением 10 кВ для вариантов с равными затратами или затратами, с отличием до 10 %;
- построение распределительных сетей напряжением 10 кВ следует осуществлять по магистральному принципу, предусматривающему:

радиальную (древовидную) схему построения с магистралью, выполненную проводом одного сечения по всей длине;

автоматическое секционирование и сетевое резервирование магистрали;

- трансформаторные подстанции 35-110/10 кВ должны быть оснащены устройствами автоматизации и телеуправления, а также новыми, более совершенными коммутационными аппаратами.

Использование газа как наиболее дешевого (на данный период) и удобного энергоносителя в стационарной и мобильной энергетике, а также для тепло-энергообеспечения социально-бытового сектора имеет большую перспективу, так как довольно большое количество сельских регионов, населенных пунктов и домов (до 40%) не имеет газоснабжения [4, 5]. Поэтому ставится задача значительного (в 1,5 раза) расширения газоснабжения с широким использованием, в первую очередь, в наиболее энергоемких тепловых процессах.

Основной задачей развития сельской газификации является расширение сооружения газораспределительной сети, пунктов газозаправочных станций в сельской местности; перевод на газ имеющегося в хозяйствах действующего оборудования (котельные, теплогенераторы, часть автотракторной техники).

В последнее время возросли потребность и интерес к созданию и использованию систем автономного энергообеспечения различных сельских предприятий, объектов и жилых построек.

Это определяется следующими обстоятельствами [6]:

- повышением спроса на электрическую и тепловую энергию (в ряде регионов имеет место ее дефицит);
- резким увеличением стоимости (тарифов) на электрическую, тепловую энергию и топливо, поставляемые энергоснабжающими организациями, что вызывает значительный рост энергетической составляющей в себестоимости сельхозпродукции;
- снижением надежности энергоснабжения и качества энергии – рост числа и продолжительности отключений, что влечет за собой увеличение ущерба сельхозпотребителей. Это в большей степени касается теплиц, птицефабрик, комплексов и ферм, складских помещений и перерабатывающих предприятий;
- значительным возрастанием платы за подключение новых мощностей и выполнением технических требований, предъявляемых энергоснабжающими организациями, что для многих сельских потребителей энергии становится практически невыполнимой задачей;
- необходимостью на многих сельскохозяйственных объектах иметь комплексное энергоснабжение – электрической и тепловой энергией;
- наличием во многих регионах и хозяйствах местных энергоресурсов: биомассы, отходов животноводства, растениеводства, лесного хозяйства, масличных культур, что в нынешних условиях способствует развитию и реализации технологий их переработки в качественное жидкое топливо и газ, используемых в децентрализованных системах для выработки электрической и тепловой энергии;
- сверхнормативными потерями энергии при ее передаче;
- использованием возможностей снижения стоимости вырабатываемой энергии и срока окупаемости капвложений, а также продажи излишков энергии;
- возможностью работы энергетического оборудования на различных видах топлива как вырабатываемого на местах, так и поставляемого централизованно (газ, дизельное топливо, биотопливо);
- возможностью переоборудования имеющихся котельных в мини и малые ТЭЦ (оборудование для этой модернизации выпускается).

Учитывая эти условия, внедрение децентрализованных систем комплексного энергоснабжения, выбор тех или иных систем и оборудования зависят от потребностей объекта в объемах и видах энергии, местных условий и наличия собственных энергоресурсов, возобновляемых источников, расстояния до системы централизованного энергоснабжения и определяется сравнительным технико-экономическим расчетом вариантов.

В соответствии с этим требуется разработка различных типов децентрализованных систем и оборудования:

- по производительности;
- используемому топливу, наличию местных и возобновляемых ресурсов;
- графику сезонной и суточной тепловой и электрической нагрузки потребителей.

Децентрализованные системы могут включать в себя различное энергетическое оборудование: дизельные электростанции – наиболее распространенные до настоящего времени; мини-ТЭЦ на базе когенерационных агрегатов с использованием газопоршневых, газотурбинных (ГТУ), газодизельных агрегатов; комбинированные установки (дизель-генератор + ветро-солнечная установка).

В отличие от Европейских стран в России статус когенерационных агрегатов в энергосистемах не установлен, что тормозит их применение.

Тем не менее наметилась тенденция на строительство децентрализованных комбинированных установок электро- и теплоснабжения, устанавливаемых как в существующих отопительных котельных, так и на строящихся производствах в связи с тем, что в последние годы относительно быстрыми темпами развивается малый и средний бизнес, требующий дешёвых и надёжных источников энергии, причём в большинстве случаев удалённость от производителя энергии делает централизованное энергообеспечение мелких и средних предприятий экономически невыгодным. Поэтому выработка электроэнергии собственными силами с сопутствующей утилизацией теплоты для удовлетворения своих потребностей в тепловой энергии для ряда объектов становится более выгодным.

Основное преимущество когенерационных установок по сравнению с традиционными котельными состоит в возможности более эффективного использования сжигаемого топлива, так как в данных системах наибольший экономический эффект достигается при совместной выработке электрической и тепловой энергии на месте потребления.

Технический прогресс обострил экологические, энергетические и экономические проблемы, связанные с постепенным истощением ископаемых ресурсов и значительным ростом их стоимости. Для решения этих проблем ведется поиск новых источников энергии, новых видов топлива, включая растительное сырье и отходы сельхозпроизводства для получения жидкого и газообразного топлива, новых способов переработки биомассы и отходов в качественное топливо.

Эффективное использование местных энергоресурсов в энергетике села – биомассы, древесных и растительных отходов, торфа, растительных масел, навоза, стоков во многих регионах может покрыть значительную часть (до 30%) энергобаланса ряда хозяйств и предприятий, сократить наполовину число отключений электропитания, снизить зависимость от централизованного энергоснабжения, позволит создавать децентрализованные системы, вплоть до самоэнергообеспечения.

При решении данной проблемы важная роль отводится разработке и освоению технологий и комплектов оборудования по переработке биомассы, растительных и древесных отходов в качественное жидкое, газообразное и твердое топливо, биоконверсии навоза в биогаз и удобрения [7].

Положительным элементом в проблеме использования отходов для энергетических целей являются практически ежегодная их возобновляемость и наличие в основных зонах производства сельскохозяйственной продукции, в связи с чем использование отходов в сельскохозяйственной энергетике приобретает особое значение, для чего разрабатываются новые технологии их переработки в качественное и технологичное топливо, поэтому ставится задача значительного увеличения объема использования местных энергоресурсов в энергобалансе сельских потребителей. Особая их роль – в энергообеспечении автономных потребителей небольшой мощности, ряд которых может быть полностью переведен на местные и возобновляемые энергоресурсы.

При наличии и внедрении эффективных технологий переработки отходов в более ценные виды топлива сельхозпроизводители имеют возможность покрывать существенную часть расходов, связанных с приобретением топлива и электроэнергии за счет собственных сырьевых ресурсов, перерабатываемых в качественное биотопливо.

Важным направлением энергосбережения является развитие систем и средств использования возобновляемых источников энергии (солнечной, ветровой, геотермальной, микро-ГЭС и других видов) в сельскохозяйственном производстве и сельских поселениях.

В России имеются большие территории, расположенные в децентрализованной зоне электроснабжения (Крайний Север, Восточные окраины, горная местность с отгонным и пастбищным животноводством, удаленные поселки, хутора, дачи, фермерские хозяйства). Эти территории и потребители в большой степени обладают природными возобновляемыми энергоресурсами – энергией солнца, ветра, геотермальных вод и тепловой энергией, что позволит при их использовании экономить значительные объемы дефицитных традиционных энергоресурсов при улучшении экологии производства.

По всем видам оборудования, использующего ВИЭ в энергетике сельского хозяйства, имеются научные, проектные, конструкторские и производственные разработки. Однако реализация их заметно отстает и доля ВИЭ в энергобалансе села пока мала – до 1%. Ставится задача: довести к 2030 г. объем использования ВИЭ в энергобалансе села до 8-10%.

В плане развития централизованного электроснабжения важнейшей задачей являются совершенствование и реконструкция систем и сетей электроснабжения села на базе новой концепции их проектирования, строительства новых ЛЭП и реконструкции действующих в расчете на перспективные нагрузки, увеличение их надежности и снижение потерь в 1,5-2 раза.

Для энергообеспечения тепловых процессов ряда потребителей в производстве и быту получат более широкое развитие децентрализованные системы энерготеплоснабжения, так как эти системы на газе и электроэнергии, био- и смесевом топливе эффективнее централизованного те-

плоснабжения от низкотемпературных котельных, сопровождаемого большими потерями энергии в сетях [8].

Получит развитие направление комбинированного производства электрической и тепловой энергии, что может осуществляться посредством мини-ТЭС, переоборудования вырабатывающих только тепло старых котельных на когенерацию с выработкой электрической и тепловой энергии, использования тепловых насосов.

К 2030 г. и в перспективе значительно возрастет производство электрической, тепловой энергии и биотоплива (до 10-15%), вырабатываемых на местах независимыми производителями с использованием средств и оборудования «малой энергетики», местных и возобновляемых энергоресурсов, отходов сельхозпроизводства.

К 2020 г. прогнозируется увеличение (по отношению к 2015 г.) потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на 8%, к 2030 г. – на 15, в том числе электроэнергии – на 18%.

В структуре используемых энергоносителей значимо возрастут объемы нетрадиционных источников, включая местные энергоресурсы (биотопливо), с 2 млн т у.т. (2015 г.) до 6 млн т у.т. (2020 г.) и 13 млн т у.т. (к 2030 г.).

В целом доля нетрадиционной энергетики (возобновляемая + местные энергоресурсы) в энергобалансе сельского хозяйства к 2020 г. может составить 6-8, а к 2030 г. – 15%.

Разработка и реализация новых эффективных технологий преобразования местных и возобновляемых энергоресурсов в технологичные виды энергоносителей и их широкое использование в сельской энергетике, в первую очередь для создания децентрализованных систем энергоснабжения сельских объектов, в значительной степени снизят зависимость от централизованного заказа электроэнергии и топлива и роста тарифов на них.

Решение задач по совершенствованию и модернизации систем и средств энергообеспечения во многом определяет рост энергоэффективности сельхозпроизводства, обеспечивая значительное улучшение его показателей:

- снижение энергоемкости сельхозпроизводства (к 2020 г. – на 40%);
- повышение надежности, безопасности и качества энергоснабжения;
- повышение электро- и энерговооруженности труда (на 30%) и снижение его затрат в 2 раза;
- снижение потерь всех видов энергии на 30-40%;
- повышение комфортности жизни и труда в сельской местности (снижение доли ручного труда в 2-3 раза).

Список использованных источников

1. **Тихомиров А.В., Свентицкий И.И., Маркелова Е.К., Уханова В.Ю.** Энергетическая стратегия сельского хозяйства России на период до 2030 г. М.: ФГБНУ ВИЭСХ, 2015. 75 с.

2. **Тихомиров Д.А.** Энергоэффективные электрические средства и системы теплообеспечения технологических процессов в животноводстве // Вестник ВНИИМЖ. 2016. № 4 (24). С.15-23.

3. **Маркелова Е.К., Тихомиров А.В., Уханова В.Ю.** Практическая методика определения норм энергопотребления и потребностей в энергоресурсах в отраслях животноводства на примере свиноводческой отрасли. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2013. 60 с.

4. Россия в цифрах. 2015: крат. стат. сб. Росстат-М., 2015. 543 с.

5. Российский статистический ежегодник. 2014: Стат. сб. Росстат-М., 2014. 693 с.

6. **Тихомиров А.В., Маркелова Е.К., Уханова В.Ю.** Топливно-энергетические ресурсы на базе энергоэкономных технологий и технических средств в сельском хозяйстве // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. № 15. С. 43-48.

7. **Стребков Д.С., Тихомиров А.В.** Совершенствование систем энергообеспечения и повышение эффективности использования ТЭР // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2010. № 4. С. 10-15.

8. **Расстригин В.Н., Тихомиров Д.А.** Стратегия развития энергосберегающих систем и технических средств теплообеспечения животноводческих предприятий // Вестник ВНИИМЖ. 2010. Т. 21 № 2. С. 204-212.

Improvement and Modernization of Systems and Energy Supply Means – the Most Important Direction in Problem Solution of Agricultural Production Energy Efficiency Improvement

D.A. Tikhomirov, A.V. Tikhomirov

Summary. *The analysis results of energy efficiency of the existing energy supply systems and means for agricultural production are presented. Promising directions in the development and modernization of energy supply sources of agribusiness, energy supply systems and means, energy efficiency improvement of agricultural production and the use of fuel and energy resources (FER) in the countryside are determined and substantiated.*

Key words: *fuel and energy resources (FER), energy saving, energy supply system, energy costs, energy intensity.*

УДК 631.172

Особенности изнашивания и ресурс восстановленных импортных составных лемехов при пахоте на супесчаных почвах

А.М. Михальченков,
д-р техн. наук, проф.,
mihalchenkov.alexandr@yandex.ru
А.Ф. Шустов,
д-р филос. наук, проф.,
cit@bgsha.com
(ФГБОУ ВО «Брянский ГАУ»)

Аннотация. *Показано, что применение метода термоупрочненных компенсирующих элементов (ТКЭ) для восстановления импортных составных лемехов обеспечивает ресурс, сравнимый с ресурсом деталей фирменного исполнения. При этом работоспособное состояние определяется износом пятки, наличие заточки способствует более интенсивному изнашиванию, а его динамика характеризуется двумя процессами – адаптацией и стабильным изнашиванием.*

Ключевые слова: *импортные лемехи, восстановление, ресурс, износ, изнашивание, наработка, заточка, предельное состояние.*

Повсеместное использование плугов зарубежного производства привело к необходимости разработки технологии восстановления лемехов из-за их достаточно интенсивного изнашивания, особенно на супесчаных почвах повышенной влажности, и, как следствие, сравнительно невысокого ресурса, который, по данным последних исследований, составляет не более 25 га на лемех [1,2], хотя такая наработка значительно превышает наработку отечественных лемехов (2-3 га на деталь), работающих в таких же условиях [3]. Эксплуатация импортных лемехов в условиях нормальной влажности на суглинистых почвах показала наработку на отказ 60-70 га на изделие [4]. Другим фактором, вызывающим необходимость восстановления, является значительная рыночная стоимость этих деталей – около 6,5 тыс. руб. за единицу.

В то же время применяемые методы возобновления их работоспособности находятся в стадии разработки [5] и отличаются несовершенством исполнения [6]. Прежде всего, технологам не удается достичь ресурса восстановленных изделий, соответствующего ресурсу лемехов в состоянии поставки или близком к нему [7].

К перспективным способам увеличения межремонтной наработки на отказ таких изделий относится технология восстановления с помощью термоупрочненных компенсирующих элементов (ТКЭ) [8], широко используемая для реставрации отечественных цельнометаллических лемехов [9] и стрельчатых культиваторных лап, предназначенных для высева зерновых культур [10].

Между тем отсутствие в известной технической литературе достоверных сведений о поведении отремонтированных по данному методу лемехов зарубежных компаний в полевых условиях привело к необходимости реализации ряда экспериментов с целью выявления их эксплуатационных возможностей. При проведении исследований также рассматривался вопрос о влиянии расположения заточки или ее отсутствия на ресурс реставрированных деталей. При этом рассматривались вопросы, относящиеся только к восстановлению дефектов лемехов с накладным долотом.

В качестве материала ТКЭ используют пластины, копирующие геометрию заменяемой области, изготовленные из рессорно-пружинных сталей 60С2, 65Г, 55ГА и термоупрочненные на твердость 40-45 HRC. Допускается применение выбракованных листов рессор той же твердости с соответствующими геометрическими параметрами.

В рассматриваемом методе осуществляется сварка высокоуглеродистых и термоупрочненных рессорно-пружинных сталей, что вызвало необходимость применения электродов с малоуглеродистым стержнем марки МР-3. Сварка производилась электродуговым методом вручную электродом ∅ 4 мм с силой сварочного тока 160-180А (на практике для сварки рекомендуется применять наплавочные электроды НР – 70).

Испытания проводились в реальных условиях, что обеспечивало получение достоверных результатов для всех вариантов опытных деталей.

Эксперименты осуществлялись при выполнении следующих положений:

- опытные детали испытываются вместе с изделиями в заводском исполнении;
- соблюдается идентичность испытаний для всех опытных изделий, а также агротехнических и эксплуатационных требований.

Пахотный агрегат состоял из трактора VERSATILE 2375 и 8-корпусного оборотного плуга Hector. Техническое состояние плуга периодически контролировалось согласно установленным нормативам. Скорость движения пахотного агрегата находилась в пределах 10-12 км/ч. Полевые испытания проводились в период весенней вспашки, преимущественно на супесях.

За критерий износа принималась потеря ширины лемеха ΔL_i в процессе пахоты, которая вычислялась как разность значений L_i до эксплуатации и после наработки 3-7 га. Измерения L_i проводились по сечениям крепежных отверстий (L_1, L_2, L_{i3}) (рис. 1) и прекращались по достижении износа по

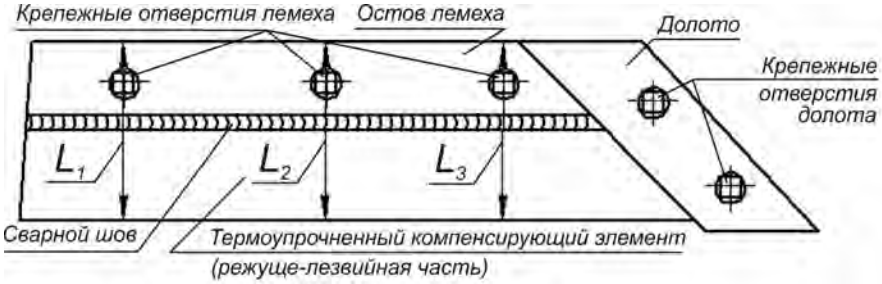


Рис. 1. Схема контроля геометрических параметров восстановленного лемеха (измерение износов)

ширине остова в 40 мм. Наблюдения сопровождались периодической фотосъемкой.

Восстановление работоспособного состояния предельно изношенных деталей осуществлялось методом ТКЭ [9], общий технологический процесс которого состоит из следующих операций:

- удаление предельно изношенной режуще-лезвийной части;
- подготовка ТКЭ, копирующего режуще-лезвийную область;
- сваривание остова с компенсирующим элементом;
- технический контроль.

В качестве экспериментальных деталей выступали лемехи компании «Фогель и Ноот». Геометрические параметры ТКЭ по ширине и длине режущей части соответствовали характеристикам фирменных лемехов, толщина вставки превышала их толщину на 2 мм.

После приваривания режуще-лезвийной части (рис. 2) производилась заточка лезвия, и детали разбивались на три группы по месту ее расположения: 1 – тыльная сторона; 2 – лицевая; 3 – без заточки.

Для каждого варианта заточки использовали пять лемехов. Для сравнения параллельно испытывались детали фирменного изготовления в состоянии поставки, динамика изнашивания которых не отслеживалась, фиксировался только конечный результат – значение ресурса при износе режуще-лезвийной области в 40 мм.

Изменения износов в зависимости от наработки в соответствии с исследованиями не носят прямолинейный характер (рис. 3), как принято считать на основании результатов экспериментов, проведенных ранее [6]. При рассмотрении графических зависимостей наблюдаются две ярко выраженные области с различным наклоном линий относительно линии абсцисс. Первая область распространяется до наработки около 10 га; вторая – 10-27,1 га. Меньший угол наклона $\Delta h=f(T)$ в начальный период пахоты по сравнению с последующим периодом работы указывает на более низкий темп изнашивания, связанный с адаптацией поверхности трения детали к условиям пахоты и, прежде всего, к состоянию почвы (гранулометрический состав и влажность).

В этом случае окончание процесса самоорганизации трибосистемы «рабочая поверхность лемеха – почва» наступает при вспашке примерно 10 га, что характерно для всех вариантов заточки (см. рис. 3), т.е. ее расположение на динамику изнашивания не сказывается. Из этого следует, что в период самоорганизации процесса износа определяющую роль в нем играет качество поверхности трения, к которому относятся шероховатость и твердость. Наличие достаточно высокой твердости (HRC 40-45) будет затруднять истирание выступов шероховатости и тем самым тормозить изнашивание, что и фиксируется кривыми на графиках (см. рис. 3).

В то же время измерения показали существенную разницу в величине износов по окончании приработки для деталей с наличием заточки и без нее. Так, изделия с заточенным лезвием имеют максимальный износ на различных участках до 15 мм, тогда как незаточенные – не более 8 мм (см. рис. 3). Отсутствие заточки не препятствует прохождению процессов адаптации и образования наиболее приемлемой формы лезвия в соответствии со свойствами почвы в период приработки, что, в свою очередь, снижает ее отрицательное влияние на процесс износа.

Отмечается неравномерность износа по длине лезвия (см. рис. 3) – от минимального, расположенного рядом с участком крепления долота, до максимального – в районе пятки. Наличие минимального значения износа в области крепления долота обусловлено созданием «мертвой зоны», где соприкосновение рабочей поверхности и почвы как во времени, так и по количеству контактирующих абразивных частиц минимально. В то же время в рассматриваемой части имеет место тенденция к образованию лучевидного износа из-за специфической траектории перемещения почвенной среды [2].

Наибольшему износу подвержена область пятки (см. рис. 3). При этом полное истирание металла ТКЭ присуще лемеху с лицевой заточкой. В то же время износы этого участка у лемехов с другим вариантом заточки и без нее настолько велики, что их дальнейшая эксплуатация не представляется возможной. Причиной такого состояния лемеха является сравнительно высокое давление почвы в данной области.

Самые низкие износы режуще-лезвийной части характерны для лемехов, которые не подвергались затачиванию (рис. 3в – графические зависимости). При этом разность в из-

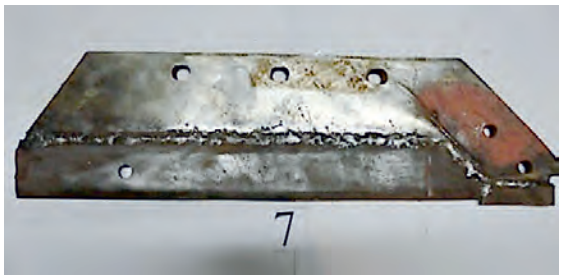


Рис. 2. Лемех, восстановленный методом ТКЭ

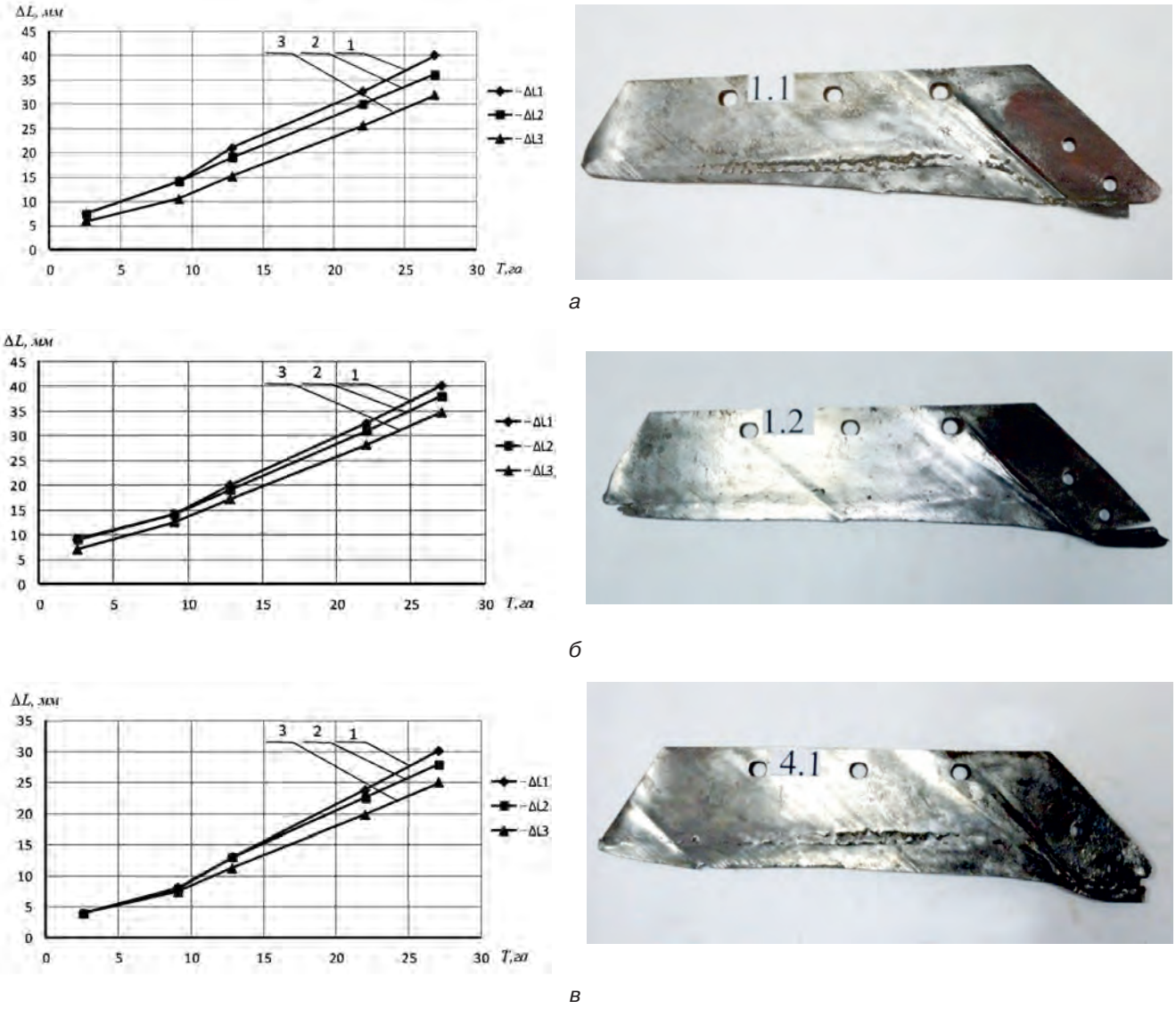


Рис. 3. Динамика изнашивания восстановленных лемехов без последующих упрочняющих воздействий:
а – тыльная заточка; б – лицевая заточка; в – без заточки (цифры на графиках соответствуют номерам сечений)

носах при наработке 27,1 га у деталей с заточкой и без нее достигает 10 мм, что объясняется возможностью прохождения процесса самоорганизации только под воздействием природных факторов без технологического вмешательства со стороны человека (в данном случае такое вмешательство выражается в затачивании лезвия), т.е. форма и расположение заточки определяется свойствами почвы, агротехническими и эксплуатационными факторами непосредственно при вспашке.

Нужно заметить, что импортные лемехи фирменного изготовления в подавляющем большинстве не подвергаются затачиванию.

При испытаниях данные лемехи при такой же наработке имели износ 26-30 мм по измеряемым сечениям, что несколько меньше износа восстановленных изделий с наличием заточки и примерно соответствует лемехам с ее отсутствием. Это связано с более высокой твердостью их рабочей поверхности, составляющей 50 HRC. Однако в данном случае следует учитывать несколько большую толщину реставрированных деталей, способствующую увеличению времени на истирание дополнительного металла.

Износ в области пятки у фирменных лемехов также велик и является причиной их снятия.

Выводы

1. Применение метода ТКЭ для восстановления составных лемехов импортного производства позволило обеспечить ресурс, сравнимый с ресурсом деталей фирменного исполнения.

2. Величина ресурса регламентируется скоростью (интенсивностью) изнашивания области пятки.

3. Наличие заточки отрицательно сказывается на работоспособности восстановленных лемехов, способствуя снижению наработки на отказ.

4. Отсутствие заточки способствует прохождению процесса самоорганизации изнашивания, создавая условия для минимизации износа.

5. Динамика износа характеризуется двумя процессами – адаптацией поверхности трения к почвенной среде и относительно стабильным истиранием материала рабочей поверхности.

Список использованных источников

1. **Ерохин М.Н., Новиков В.С., Петровский Д.И.** К вопросу об импортозамещении рабочих органов зарубежных почвообрабатывающих машин // Тр. ГОСНИТИ. 2015. Т. 121. С. 206-212.

2. **Михальченков А.М., Козарез И.В., Михальченкова М.А.** Износ цельнометаллических и составных лемехов // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 7. С.39-43.

3. **Комогорцев В.Ф., Кожухова Н.Ю., Михальченкова М.А**. Обоснование использования наплавочного армирования для повышения износостойкости деталей рабочих органов почвообрабатывающих орудий применительно к тяжелым почвам // Сб. науч. трудов. Брянск, 2015: Тр. инженерно-технологического факультета. С. 45-79.

4. **Литовченко Н.Н., Титов Н.В., Коломейченко А.В., Логачев В.Н., Виноградов Л. В.** Упрочнение рабочих органов машин, работающих в абразиве // Тр. ГОСНИТИ. Т. 111. № 2. С. 86-88.

5. **Новиков А.А., Тюрева А.А., Михальченкова М.А., Гринь А.М.** Термоупрочнение изготовленных из вторичного сырья долот штампосварных лемехов // Сельский механизатор. 2016. № 10. С. 28-29.

6. **Михальченков А.М., Паршикова Л.А., Ковалев А.П.** Восстановление лемехов методом приваривания вставок с повышением прочности и износостойкости // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2010. № 12. С. 16-18.

7. **Лялякин В.П., Аулов В.Ф., Иванайский В.В., Кривочуров Н.Т., Коваль Д.В., Ишков А.В.** Особенности индукционной наплавки длинномерных почвообрабатывающих органов сель-хозтехники // Упрочняющие технологии и покрытия. 2014. № 2 (110). С. 23-26.

8. **Казанцев С.П., Михальченкова М.А., Поджарая К.С.** Упрочняющие технологии восстановления и изготовления деталей почвообрабатывающих машин применением компенсирующих элементов и их преимущества // Тр. ГОСНИТИ. 2014. Т. 116. С. 102-107.

9. **Новиков А.А.** Штампосварной плужный лемех с увеличенными равнопрочностью и ремонтопригодностью // Тр. ГОСНИТИ. 2016. Т. 122. С. 207-212.

10. **Михальченков А.М., Феськов С.А.** Изнашивание стрельчатых лап посевного комплекса «Morris», восстановленных способом термоупрочненных «компенсирующих элементов» // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 12. С.50-52.

Features of Wear-out and Resource of Restored Imported Composite Plowshares at Tillage on Loamy Sand Soils

A.M. Mikhalchenkov, A.F. Shustov

Summary. *It is shown that the application of the method of heat-strengthened compensating elements (HSCE) for the restoration of imported composite plowshares ensures a resource comparable with the resource of branded parts. In this case, the operating condition is determined by the wear-out of a toe. The presence of sharpening contributes to the intensity of wear-out, and two processes - adaptation and stable wear, characterize its dynamics.*

Key words: *imported plowshares, restoration, resource, wear-out, operating time, sharpening, limiting state.*

Информация

Развитие аграрного образования в России

21 ноября статс-секретарь – заместитель Министра сельского хозяйства России Иван Лебедев выступил на парламентских слушаниях Комитета Государственной Думы по образованию и науке на тему: «О стратегическом планировании развития образования в Российской Федерации».

Заместитель Министра сообщил, что сегодня более 80% от общего числа студентов аграрных вузов обучается по специальностям сельскохозяйственного профиля, остальные – по специальностям, необходимым для развития сельских территорий и их инфраструктуры. Наибольший удельный вес в структуре приема на обучение за счёт федерального бюджета занимают инженерные специальности – 32%, зооветеринарные – 26, агрономические – 12%. В 2017 г. среди первокурсников более половины (53,5%) составляли выпускники сельских школ.

Говоря о научном потенциале отрасли, он отметил, что с каждым годом растет количество научно-исследовательских проектов, реализуемых на базе аграрных вузов. Подведомственные Минсельхозу России вузы ежегодно проводят научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы на сумму свыше 2 млрд руб.

Речь также шла о Стратегии развития аграрного образования до 2030 г., которая предусматривает увеличение финансирования вузов из Государственной программы развития сельского хозяйства на развитие учебно-лабораторной базы и приобретение современной сельскохозяйственной техники.

В прошлом году вузы уже получили дополнительно 500 млн руб. на приобретение сельскохозяйственной техники и 150 млн руб. на поддержку детей-сирот. В текущем году также планируется выделение 560 млн руб. на приобретение селекционной техники и оборудования.

Достижение обозначенной стратегией цели будет осуществляться через развитие отраслевого образовательного кластера.

В мероприятии также приняли участие первый заместитель Министра образования и науки Российской Федерации Валентина Переверзева, директор Департамента научно-технологической политики и образования Виталий Волощенко, депутаты Госдумы Российской Федерации, ректоры аграрных вузов, представители экспертного и научного сообщества.

Департамент научно-технологической политики и образования,
Пресс-служба Минсельхоза России

УДК 631.223.6

Эффективные модели производства свинины

Л.М. Цой,
д-р экон. наук, проф., зав. лабораторией,
vniimzh@mail.ru
(ФГБНУ ВНИИМЖ)

Аннотация. *Представлены материалы по повышению эффективности производства свинины за счет внедрения инновационных технологий и техники, обеспечивающих высокую продуктивность свиней. Показано положительное влияние на окружающую среду эффективных моделей производства свинины вследствие снижения выхода навоза из-за сокращения продолжительности откорма до 180 дней и снижения общего поголовья за счет повышения продуктивности.*

Ключевые слова: *свиноводство, технология, мощность фермы, эффективность, технологические параметры, окружающая среда, навоз.*

Технология производства свинины на свиноводческом предприятии может быть представлена как совокупность технологических процессов, операций и приемов, обеспечивающих производство заданного (прогнозируемого) объема свинины с заданными конкурентоспособными в конкретных рыночных условиях технологическими и технико-экономическими параметрами и показателями [1].

Одним из важнейших этапов выбора конкретной технологии является определение технологических параметров свиноводческого предприятия. К основным технологическим параметрам при расчете свиноводческих предприятий относятся ритм производства, число ритмов в году, количество и размер всех половозрастных групп животных, их среднегодовое и годовое количество, число опоросов маток, количество ремонтных свинок.

Для расчета количества поголовья различных технологических групп животных необходимы следующие исходные данные: мощность производства предприятия в год, размер группы подсосных маток, продолжительность цикла воспроизводства свиноматок, выход деловых поросят на один опорос, сроки содержания поросят в подсосный период, длительность периодов доращивания и откорма, сохранность поголовья.

Значение среднегодового поголовья необходимо для определения количества свиномест, а годового – для расчета годовой программы свиноводческого предприятия.

Переход от среднегодового поголовья свиней к потребному среднегодовому количеству свиномест производится с учётом необходимого количества дней на дезинфекцию помещений и резервных мест для выполнения и соблюдения принципа «пусто-занято». Количество резервных мест, как правило, не превышает 10%.

В случае содержания поросят в станках для подсосных свиноматок до периода их отъема, а также при доращивании в этих же станках после отъема свиноместа для поросят-сосунов и отъемышей можно не предусматривать, а следовательно, и не рассчитывать. Размещение поросят-сосунов и отъемышей в этом случае осуществляется в станках для подсосных маток, размеры которых позволяют это сделать. При этом следует рассчитывать количество свиномест для поросят на доращивании и откорме.

Подробно расчет поголовья и свиномест представлен в справочнике «Технология и оборудование для свиноводства» [2].

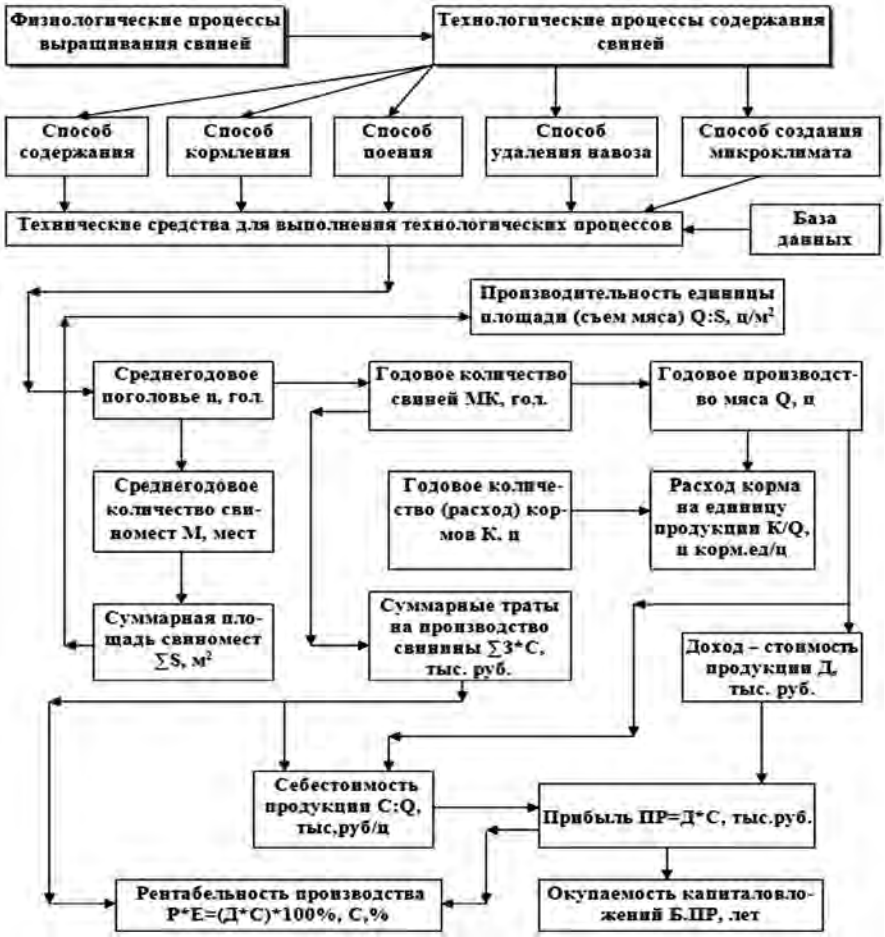
Алгоритм расчета поголовья свиней представлен в табл. 1.

Процесс проектирования состоит из следующих шагов:

- определяется количество необходимой потребной производственной площади основного назначения;
- рассчитываются годовая производственная программа свиноводческого предприятия; количество необходимых ресурсов для производства свинины; из банка данных выбираются технические средства и объёмно-планировочные решения производственных зданий; производится технико-экономическая и энергетическая оценка проектируемых технологий.

Таблица 1. Расчет пологовья и свиномест на предприятиях мощностью _____ голов в год (ритм производства ____дней)

Группа животных и период производственного цикла	Расчет пологовья					Расчет свиноматок			
	продол-житель-ность цикла	число				число			
		групп	голов в группе	голов на предприятии, всего	дней на дезинфекцию	резервных групп		всего групп	свиномест
						для проведения дезинфекции	для обеспечения производственной программы		
Матки:									
осемененные и с неустановленной супоросностью (1-32 дня) с установленной супоросностью (33-108-й день)									
тяжелосупоросные (за 7-10 дней до опороса)									
Подсосные									
На отдыхе и подготовке к осеменению									
Ремонтные свинки, подготовленные к осеменению									
Поросята:									
сосуны									
отъемыши									
Свиньи на откорме									



Обобщенная блок-схема технологических процессов и технико-экономических параметров свиноводческого предприятия

На основании выбора технологий и технических средств производства свинины можно спроектировать несколько вариантов производства продукции и обосновать предпочтительный вариант [3]. Сравнивают и оценивают технологии, выбирают наиболее рациональные варианты комплексов технических средств по технико-экономическим, энергетическим показателям и показателям оплаты площади основного назначения за счет производства продукции и конверсии корма (см. рисунок).

Разработанная модель производства свинины предусматривает применение современных инновационных технологий с использованием технических средств нового поколения, обеспечивающих значения технологических параметров для свиноводческих предприятий мощностью 3-12 тыс. голов в год на уровне мировых стандартов. Основные технологические и производственные показатели, которые будут достигнуты на базе реализации разработанной модели производства свинины, представлены в табл. 2.

Таблица 2. Инновационные технологические, производственные показатели производства свинины при использовании разработанной модели

Показатели	Значение показателей
Ритм производства, дни	3 -14
Количество опоросов на одну свиноматку в год	2,2
Многоплодие свиноматок, головы	11
Продолжительность подсосного периода, дни	28-30
Масса поросят-сосунов при переводе на доращивание, кг	7,5
Возраст поросят-отъемышей при переводе на откорм, дни	100
Масса поросят-отъемышей при переводе на откорм, кг	38-40
Продолжительность откорма, дни	80
Масса откармливаемого молодняка при снятии с откорма, кг	100-105
Возраст откармливаемого молодняка при сняти с откорма, дни	180
Выход на свиноматку в год, головы:	
живых поросят-сосунов	24
деловых поросят-отъемышей на свиноматку в год	22,1
откармливаемых свиней на свиноматку в год	20
Среднесуточный прирост, г:	
поросят-сосунов	200
поросят-отъемышей	440
откармливаемого молодняка	800-880
Прохолост свиноматок, %	20
Браковка свиноматок, %:	
основных	25
ремонтных	50
Отдых и подготовка свиноматок к осеменению, дни	21
Отход, %:	
поросят-сосунов	5
поросят-отъемышей	4

На базе указанных технологических параметров выполнен расчет среднегодового постановочного поголовья различных половозрастных групп свиней для свиноводческих предприятий мощностью 3, 6 и 12 тыс. голов в год (табл. 3-5).

Таблица 3. Среднегодовое постановочное поголовье различных половозрастных технологических групп свиней на свиноводческом предприятии мощностью 3 тыс. голов в год

Группы животных	Среднегодовое поголовье, головы	Примечание
Хряки-производители	5	При искусственном осеменении
Хряки-пробники	2	
Ремонтные хрячки	2	
Свиноматки, всего	160	
В том числе: холостые	25	
условно супоросные	28	
супоросные	69	
тяжело супоросные и подсосные	38	
Поросята-отъемыши	608	
Откармливаемый молодняк	665	
Ремонтные свинки	24	Завозятся из племрепродукторов
Выбракованные: свиноматки на откорме	4	
ремонтные свиноматки на откорме	4	
Итого (без поросят-сосунов)	1474	
Поросята-сосуны	274	

Таблица 4. Среднегодовое поголовье возрастных технологических групп свиней на свиноводческом предприятии мощностью 6 тыс. голов в год

Группы животных	Среднегодовое поголовье, головы	Примечание
Хряки-производители	5	При искусственном осеменении
Хряки-пробники	2	
Ремонтные хрячки	3	
Свиноматки, всего	318	
В том числе: холостые	50	
условно супоросные	55	
супоросные	138	
тяжело супоросные и подсосные	75	
Поросята-отъемыши	1215	
Откармливаемый молодняк	1330	
Ремонтные свинки	48	Завозятся из племрепродукторов
Выбракованные: свиноматки на откорме	7	
ремонтные свиноматки на откорме	7	
Итого (без поросят-сосунов)	2935	
Поросята-сосуны	548	

Таблица 5. Среднегодовое поголовье возрастных технологических групп свиней на свиноводческих предприятия мощностью 12 тыс. голов в год

Группы животных	Среднегодовое поголовье, головы	Примечание
Хряки-производители	10	При искусственном осеменении
Хряки-пробники	4	
Ремонтные хрячки	6	
Свиноматки, всего	636	
В том числе: холостые	100	
условно супоросные	110	
супоросные	276	
тяжело супоросные и подсосные	150	
Поросята-отъемыши	2430	
Откармливаемый молодняк	2660	
Ремонтные свинки	96	Завозятся из племрепродукторов
Выбракованные: свиноматки на откорме	14	
ремонтные свиноматки на откорме	14	
Итого (без поросят-сосунов)	5870	
Поросята-сосуны	1096	

Зная среднегодовое постановочное поголовье различных половозрастных групп свиней, определяем потребность в производственных зданиях с учетом поточности технологии производства свинины:

1. Потребность фермы в производственных зданиях – три свинарника:

- на 123 холостых, супоросных свиноматки, 24 головы ремонтного молодняка, 5 хряков с пунктом искусственного осеменения;
- для проведения опоросов на 40 мест и содержания поросят-отъемышей (на 608 мест);
- откормочник на 660 мест.

2. Производство свинины – 3150 ц в живой массе (3000 голов х 105 кг).

3. Расход кормов в год – 11340 ц.

Расход кормов на 1 ц производимой свинины – 3,6 ц корм. ед.

4. Среднесуточный прирост одной свиньи от рождения до реализации на мясо – 583 г на одну голову.

В табл. 4 представлен расчет среднегодового поголовья различных половозрастных групп свиней для фермы мощностью 6 тыс. голов в год.

Среднегодовое поголовье различных половозрастных групп свиней позволило определить количество производственных помещений для ферм мощностью 6 тыс. голов в год.

1. Потребность фермы в производственных помещениях – 4 здания:

- свинарник для холостых, супоросных свиноматок, ремонтных свинок и хряков с пунктом искусственного осеменения – один;
- свинарник для проведения опоросов на 75 мест – один;
- свинарник для поросят-отъемышей на 1215 мест – один;
- свинарник-откормочник на 1300 мест – один.

2. Производство свинины – 6300 ц в живой массе (6000 голов х 105 кг).

3. Расход кормов в год – 2268 ц корм. ед.

Расход кормов на 1 ц производимой свинины – 3,6 ц корм. ед.

4. Среднесуточный прирост одной свиньи от рождения до реализации на мясо – 583 г на одну голову в сутки.

Аналогично в табл. 5 представлен расчет среднесуточного поголовья различных половозрастных групп свиней для ферм мощностью 12 тыс. голов в год.

Данные о количестве поголовья различных половозрастных групп свиней позволили обосновать число производственных помещений для ферм мощностью 12 тыс. голов в год.

Потребность фермы в производственных помещениях:

- свинарник для 481 холостой, супоросной свиноматки, 96 ремонтных свинок и 9 хряков с пунктом искусственного осеменения – один;
- свинарник для проведения опоросов на 120 мест – 1,5 здания;
- свинарник для поросят-отъемышей на 2440 мест – один;
- свинарник-откормочник на 1200 мест – два.

Производство свинины – 12600 ц в живой массе (12000 голов х 105 кг).

Годовой расход кормов – 58900 ц корм. ед.

Расход кормов на 1 ц производимой свинины – 3,6 ц корм. ед.

При функционировании свиноводческого предприятия происходит взаимодействие его с природой и климатом окружающей среды: с ландшафтом, природными ресурсами и атмосферой данной местности. При этом потребляются (корм, вода), создаются (мясо, навоз) и выделяются материалы: твердые (отходы одежды и кремации свиней), жидкие (производственные, бытовые и ливневые стоки) и газообразные вещества (пар от свиней, углекислый газ, аммиак, сероводород, меркаптан, азот и др.).

Конкретизация взаимного воздействия производства свинины на окружающую среду возможна лишь при выполнении проектных работ. На стадии построения технологий производства свинины конкретной мощности следует определять расходные материалы (корм, вода), продукцию (поголовье, мясо, навоз), производственные, бытовые и ливневые стоки, а также количественные величины выделяемых свиньями газообразных веществ, в том числе общее и явное тепло.

Данные расчеты позволят определить выход навоза, баланс водопотребления и водоотведения и рассчитать предельно-допустимые концентрации газообразных загрязняющих

веществ, а также потери азота в процессах хранения, переработки и внесения навоза в почву в качестве органического удобрения.

Выполненные конкретные расчеты поголовья свиней при реализации разработанной модели производства показывают, что за счет использования инновационных технологий и технических средств нового поколения можно снизить среднегодовое поголовье свиней на ферме мощностью 3 и 6 тыс. голов на 39%, мощностью 12 тыс. голов – на 28,2% за счет повышения продуктивности животных и снижения выбраковки на всех этапах производства.

Результаты расчетов:

1. Свинопоголовье фермы по выращиванию и откорму 3 тыс.голов в год в соответствии с типовым проектом составляет 2403 головы.

Среднегодовое постановочное поголовье свиней на разработанной модели свиноводческой фермы той же мощности – 1474 головы, или 61 % по отношению к поголовью фермы по типовому проекту № 802-01-44.

2. Свинопоголовье фермы по выращиванию и откорму 6 тыс. голов в год в соответствии с типовым проектом составляет 4810 голов.

Среднегодовое постановочное поголовье свиней на разработанной модели свиноводческой фермы той же мощности – 2935 голов, или 61% по отношению к поголовью фермы по типовому проекту № 802-01-45.91.

3. Свинопоголовье фермы по выращиванию и откорму 12 тыс. голов в год в соответствии с типовым проектом составляет 8168 голов.

Среднегодовое постановочное поголовье свиней на разработанной модели свиноводческой фермы той же мощности – 5870 голов, или 71,8% по отношению к поголовью фермы по типовому проекту № 802-01-1.

Со снижением среднегодового постановочного поголовья и переходом на концентратный тип кормления на свиноводческих фермах снижается выход навоза. Так, годовой выход навоза на свиноферме по производству 3 тыс. голов в год (типовой проект № 802-01-44) составляет 6050 т, а на разработанной модели предприятия той же мощности – 3537 т, или 58,4% по отношению к выходу навоза на ферме по типовому проекту.

Годовой выход навоза на свиноферме по производству 6 тыс. голов в год (типовой проект № 802-01-45.91) – 12099 т; на разработанной модели предприятия той же мощности –7044 т, или 58% по отношению к выходу навоза на ферме по типовому проекту.

Годовой выход навоза на свиноферме по производству 12 тыс. голов в год (типовой проект № 802-01-1) – 24000 т; на разработанной модели предприятия той же мощности – 13888 т, или 57,8% по отношению к выходу навоза на ферме по типовому проекту.

Таким образом, свиноводческие предприятия мощностью 3-12 тыс. голов, функционирующие с параметрами, предусмотренными технологиями, представленными в разработанной модели производства, не ухудшают окружающую среду, а наоборот, снижают вредные воздействия по сравнению со старыми типовыми проектами, так как обеспечивают снижение выхода навоза.

Список использованных источников

1. **Цой Л.М.** Обоснование и обеспечение эффективности функционирования системы машин для животноводства: дис.... д-ра экон. наук: специальности 08.00.28 и 05.20.03. М., 1999. 337 с.

2. **Кузьмина Т.Н., Мишуров Н.П.** Технологии и оборудование для свиноводства: справочник. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. 172.

3. **Трифанов А.В.** Повышение эффективности производства свинины путем оптимизации технологий и технических средств: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.20.01. СПб 2004. 19 с.

Effective Pork Production Models

L.M. Tsoy

Summary. *The article presents the materials on increasing the efficiency of pork production through the implementation of innovative technologies and machinery that ensure high productivity of pig. A positive influence on the environment of effective models of pork production owing to reduced manure yield due to shortening of fattening period to 180 days and reduction of total pig population due to increased productivity is shown.*

Key words: *pig breeding, technology, farm capacity, efficiency, process parameters, environment, manure.*

Информация

Александр Ткачев провел рабочую встречу с руководством Российской академии наук

17 ноября Министр сельского хозяйства России Александр Ткачев провел рабочую встречу с руководством Российской академии наук.

Глава Минсельхоза озвучил ряд направлений, которые имеют ключевое значение для отечественного АПК.

«Для того, чтобы российское сельское хозяйство могло уверенно развиваться, необходимо обеспечить аграриев отечественным семенным материалом, гарантировать научную и технологическую независимость АПК. Для достижения этих целей создана Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства», – отметил Министр.

Александр Сергеев, президент Российской академии наук, рассказал министру о новых перспективных направлениях прикладной науки в сельском хозяйстве. «Достижению рекордных показателей в АПК способствует активное внедрение прикладной науки в сельское хозяйство. Среди основных трендов – применение беспилотников, «умных» машин для нужд сельского хозяйства, внедрение биотехнологического мониторинга и ряд других перспективных направлений», – обозначил А. Сергеев.

Во встрече также приняли участие вице-президент Российской академии наук Ирина Донник и и.о. ректора Российского государственного аграрного университета имени К.А. Тимирязева Галина Золина.

Департамент научно-технологической политики и образования, Пресс-служба Минсельхоза России

УДК 004.738.5:631.58

Точное земледелие и интернет вещей

И.С. Козубенко,
директор Департамента,
kis4733344@gmail.com
(Минсельхоз России)

Аннотация. *Рассмотрены основные факторы повышения эффективности сельского хозяйства за счет развития цифровой экономики. Рассматриваются технические и программные средства интеллектуального управления сельскохозяйственной техникой, в частности зарубежный опыт использования такой техники и перспективы её применения в рамках отечественного АПК.*

Ключевые слова: *точное земледелие, высокопроизводительные средства коммуникации и цифровые решения, безопасность данных, иннова-ционные системы, интернет вещей, сельское хозяйство.*

Основным фактором повышения эффективности сельского хозяйства является внедрение современных технологий на базе высокоэффективной сельскохозяйственной техники. Возрастают требования к качеству выполнения технологического процесса, формируются новые подходы и концепции, в числе которых «прецизионное земледелие», «разумное земледелие», «интеллектуальное сельское хозяйство», базирующиеся на применении современных информационных технологий, автоматизированных систем контроля и управления технологическими процессами, глобальных систем позиционирования, роботов и манипуляторов. Растут технический уровень и многообразие электронных средств контроля и управления. На многих машинах и тракторах применение терминалов на базе GPS, Isobus и поддерживаемых современным программным обеспечением, является обязательным условием. Совершенствуется и расширяется номенклатура приборов и оборудования для получения информации о параметрах плодородия поля и состоянии посевов, необходимой для принятия решений при дифференцированном внесении удобрений. Происходят дальнейшее развитие современных электронных систем, используемых в системе точного земледелия, расширение технического использования Internet. Наибольшее распространение в технологиях точного земледелия получили разработки в области применения систем спутниковой навигации. Не менее важным для сельскохозяйственной практики является ведение документирования рабочих процессов и качества продукции. Для этого предлагается множество программ и программных решений. Высокопроизводительные средства коммуникации и цифровые решения позволяют обрабатывать разнообразные данные и обеспечивают их доступность. Оцифрованную информацию можно получить в любое время практически в неограниченном объеме и независимо от местоположения. Это меняет всю организацию процессов в сельском хозяйстве.

На основе анализа состояния и развития сельского хозяйства специалистами Германии рассматриваются четыре метода ведения сельского хозяйства: «Сельское хозяйство 1.0» – традиционное сельское хозяйство; «Сельское хозяйство 2.0» – с использованием средств механизации; «Сельское хозяйство 3.0» – информационное сельское хозяйство, включающее в себя элементы точного земледелия и животноводства; «Сельское хозяйство 4.0» – включает в себя средства механизации и автоматизации производства, дополненные интернетом вещей (когда машины и оборудование обмениваются данными и командами между собой без участия человека), большим количеством данных и электроникой, проникающей во все сферы аграрного производства [1].

Как показывает анализ, в последнее время инвестиции в основном направлены на закупку техники для внесения удобрений [2], а также различных средств для ведения точного земледелия и информатизации агробизнеса. Цель фермеров – получить максимум от имеющейся в их распоряжении земли.

Многие производители специализированных сельхозмашин не первый год используют возможности Isobus для управления ими, создают вебсервисы, призванные облегчить пользователям выполнение таких сложных задач, как внесение удобрений, защита растений и др. Компания «John Deere» объединила эти системы и подключила их к своему онлайн-сервису для управления хозяйством MyJohnDeere». Одно из таких решений – система контроля питательных веществ в почве Connected Nutrient Management (рис. 1), награжденная золотой медалью Международной выставки сельскохозяйственной техники **Agritechnica 2015 (г. Ганновер, Германия).**

Компания «Sulky» предлагает на своем сайте сервис «Fertitest», позволяющий фермеру легко найти нужное удобрение (по марке, производителю, виду или физическим характеристикам) и быстро получить настройки для навесного разбрасывателя SulkyX (рис. 2). Их можно записать на SD-карту, перенести в компьютер, управляющий разбрасывателем, и применить. Теперь владельцы тракторов John Deere и разбрасывателей Sulky могут прямо через Интернет отправить файлы настроек в свою учетную запись на MyJohnDeere, откуда те попадут непосредственно в компьютер, установленный на тракторе. Новые машины уже оснащаются компьютерами со встроенным GSM-модемом.

В проект наряду с производителями разбрасывателей Sulky и Rauch вовлечены компания «Vista»,

Рис. 1. Система контроля питательных веществ в почве ConnectedNutrientManagement

Рис. 2. Навесной разбрасыватель Sulky X

занимающаяся геоинформационными системами, и разработчики ПО «LAND-DATA Eurosoft» [3]. Соответственно, фермер может загрузить в MyJohnDeere карты своих полей, в том числе почвенные. На компьютер трактора будут переданы не только настройки разбрасывателя, но и программа внесения удобрений, рассчитанная с учетом желаемой урожайности и наличия питательных веществ в почве. Фирмой «John Deere» представлено несколько подобных интеграционных решений. Системы Connected Crop Protectionи Chemical Application Manager упрощают задачу защиты растений. Фермер выбирает культуру, сорное растение, болезнь или вредителя. Ему предлагаются на выбор несколько препаратов для защиты растений. Исходя из данных о хозяйстве рассчитывается оптимальная доза внесения. На трактор передаются настройки для опрыскивателя и программа обработки конкретного поля, которая создана с учетом экологических требований (например буферных зон, определенных законодательством). В этом проекте наряду с научными институтами и государственными регуляторами приняла участие компания «BASF».

«John Deere» совместно с «Fliegl» и «Vervaet» предлагает Manure Sensing–NIR-сенсор (рис. 3), аналогичный применяемому для анализа содержания питательных веществ в кукурузном силосе, может определять и содержание NPK в жидкой органике. Это дает возможность точного внесения этого вида удобрений, подобно тому, как Connected Nutrient Management используется для внесения минеральных удобрений. Компания «John Deere» в данном случае выступает не только как производитель сельхозтехники, но и как интегратор, объединяющий различные машины, программные продукты. Речь уже может идти не столько о продаже техники как таковой, сколько о продаже определенного сервиса по ведению сельского хозяйства. Вероятно, в ближайшем будущем фермеры будут просто выбирать фуллайнера, с которым можно вести агробизнес, и под его сервисную платформу подбирать свой машинно-тракторный парк.

Компания «Claas» выбрала иную модель: она стала одним из учредителей сервиса «365Farmnet». Это онлайн-портал для ведения агробизнеса, позволяет фермеру собирать данные со своих машин, планировать различные работы, вести управленческий учет, работать с рыночными инструментами; «365Farmnet» уже поддерживает технику десятков производителей [4].

Такая сервисная концепция способствует не только повышению эффективности аграрного производства, но и решению кадровой проблемы, которую испытывает сельское хозяйство во всем мире. В Германии и других странах ощущается нехватка квалифицированных кадров, при том, что требования к квалификации работников и специалистов в сельском хозяйстве постоянно растут. Фермер уже не может быть универсалом. Он вынужден специализироваться, сосредотачиваться на одной, двух или трех областях знаний в ущерб другим. Такие сервисы, как MyJohnDeere или «365Farmnet» автоматизируют процессы принятия решений, оказания консультационной поддержки, позволяя работать эффективнее

Рис. 3. Навозоразбрасыватель с установленной системой Manure Sensing от John Deere

и начинающим фермерам, и тем, кто приостановился в своем росте. Более того, отдельные технические инновации, представленные на выставке, направлены на то, чтобы машины сами исключали человеческий фактор и не допускали своего нерационального использования, которое ведет к перерасходу ресурсов или перегрузке техники.

«Сельское хозяйство 4.0» ставит перед индустрией и острые вопросы. Один из них – безопасность данных. Информация о фермерских хозяйствах в таких системах хранится на серверах. Не нарушает ли это права людей на тайну частной жизни и коммерческую тайну? Но постепенно в мире приходят к тому, что выгода от обработки больших массивов данных превышает возможные риски, поэтому фермер вправе сам решать, делиться ли ему своей информацией. Кроме того, появление интернета вещей в какой-то степени разрешает юридическую коллизию, ведь информацией обмениваются между собой машины, а не люди. Важными для развития новой концепции считаются и открытость платформ, и универсальность интерфейсов. Растущая информатизация сельского хозяйства не должна превратиться в способ нового «закрепощения крестьян», когда производители техники за счет уникальных проприетарных решений попытаются фактически лишить фермера выбора из-за проблем с несовместимостью. Аграрная отрасль в рамках новой концепции меняет свои требования к инфраструктуре. Если раньше для фермера было важно наличие дорог, водо-, электроснабжения и другой инфраструктуры, то теперь ему необходима и быстрая связь. Современные технологии не знают границ и способны принести немалую пользу. Используя большие массивы данных, автоматизировав сбор и анализ информации о развитии посевов, можно выявлять интересные закономерности и разрабатывать новые технологические процессы [5]. Благодаря «Сельскому хозяйству 4.0» в распоряжении ученого, специалиста и управленца может оказаться опытное поле размером с целую страну.

Масштаб влияния, оказанного информационными технологиями на мир, неоспорим. Точное земледелие, дистанционное зондирование земли, автоматизированное управление хозяйством – всё это активно внедряется по всему миру, и Россия в данном случае – не исключение. Ряд хозяйств уже воспользовались преимуществами, которые предлагают ИКТ.

Несмотря на то, что сравнительно небольшой процент хозяйств внедряет информационные технологии в сельском хозяйстве, видна положительная динамика в данном направлении: растёт использование автоматизированных датчиков (IoT), государство активно продвигает цифровизацию земель, а отдельные молочные фермы используют полный цикл автоматизированного производства.

Список использованных источников

1. **Федоренко В. Ф., Гольтяпин В.Я., Мишуров Н.П.** Тенденции машинно-технологической модернизации сельского хозяйства за рубежом (по матер. Междунар. выставки «Agritechnica-2015»): науч. аналит. обзор. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. 220 с.

2. Технологии, машины и оборудование для координатного (точного) земледелия / В.Ф. Федоренко, В.И. Балабанов [и др.]: учебник. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. 240 с.

3. Федоренко В.Ф., Трубицын Н.В. Современные информационные технологии при испытаниях сельскохозяйственной техники: науч. аналит. обзор. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. 140 с.

4. Федоренко, В.Ф. Гольтяпин В.Я., Колчина Л.М. Интеллектуальные системы в сельском хозяйстве: науч. аналит. обзор. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. 156 с.

5. Черноиванов В.И., Ежевский А.А., Федоренко В.Ф. Интеллектуальная сельскохозяйственная техника. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. 124 с.

Precision Farming and Internet of Things

I.S. Kozubenko

Summary. *The article discusses the key factors of efficiency improvement of agriculture at the expense of digital economy development. Technical and software tools for intelligent management of agricultural machinery are considered. Foreign experience and prospects of using such machinery within the framework of domestic agribusiness are presented.*

Key words: *precision agriculture, high-performance communication equipment and digital solutions, data safety, innovative systems, Internet of Things, agriculture.*

ПРИГЛАШАЕМ ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ

XXIII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА

MVC: ЗЕРНО-КОМБИКОРМА-ВЕТЕРИНАРИЯ - 2018

ufi Approved Event

30 ЯНВАРЯ - 1 ФЕВРАЛЯ

МОСКВА, ВДНХ, ПАВИЛЬОН № 75

СПЕЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА:

- СОЮЗ КОМБИКОРМЩИКОВ
- ЕВРОПЕЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ КОМБИКОРМОВ
- РОССИЙСКИЙ ЗЕРНОВОЙ СОЮЗ
- РОСПТИЦЕСОЮЗ
- СОЮЗ ПРЕДПРИЯТИЙ ЗООБИЗНЕСА
- РОССИЙСКАЯ ВЕТЕРИНАРНАЯ АССОЦИАЦИЯ
- СОЮЗРОССАХАР
- ГКО "РОСРЫБХОЗ"

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР: МОСКОВСКАЯ ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПАЛАТА

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА:

Комбикорма · Ценовик · Техника и оборудование для села · Свиноводство · Молочное и мясное скотоводство · Эффективное животноводство · АПК Эксперт · НСХ · Аграрий · Ветеринарный врач · Ветеринария · VetPharma · Farm Animals · Perfect Agro Technologies · Аграрное обозрение · Рынок и АПК · Актуальные агросистемы

ОРГАНИЗАТОР ВЫСТАВКИ:

ЦЕНТР МАРКЕТИНГА "ЭКСПОХЛЕБ"

Член Всемирной Ассоциации Выставочной Индустрии (UFI) ufi Member

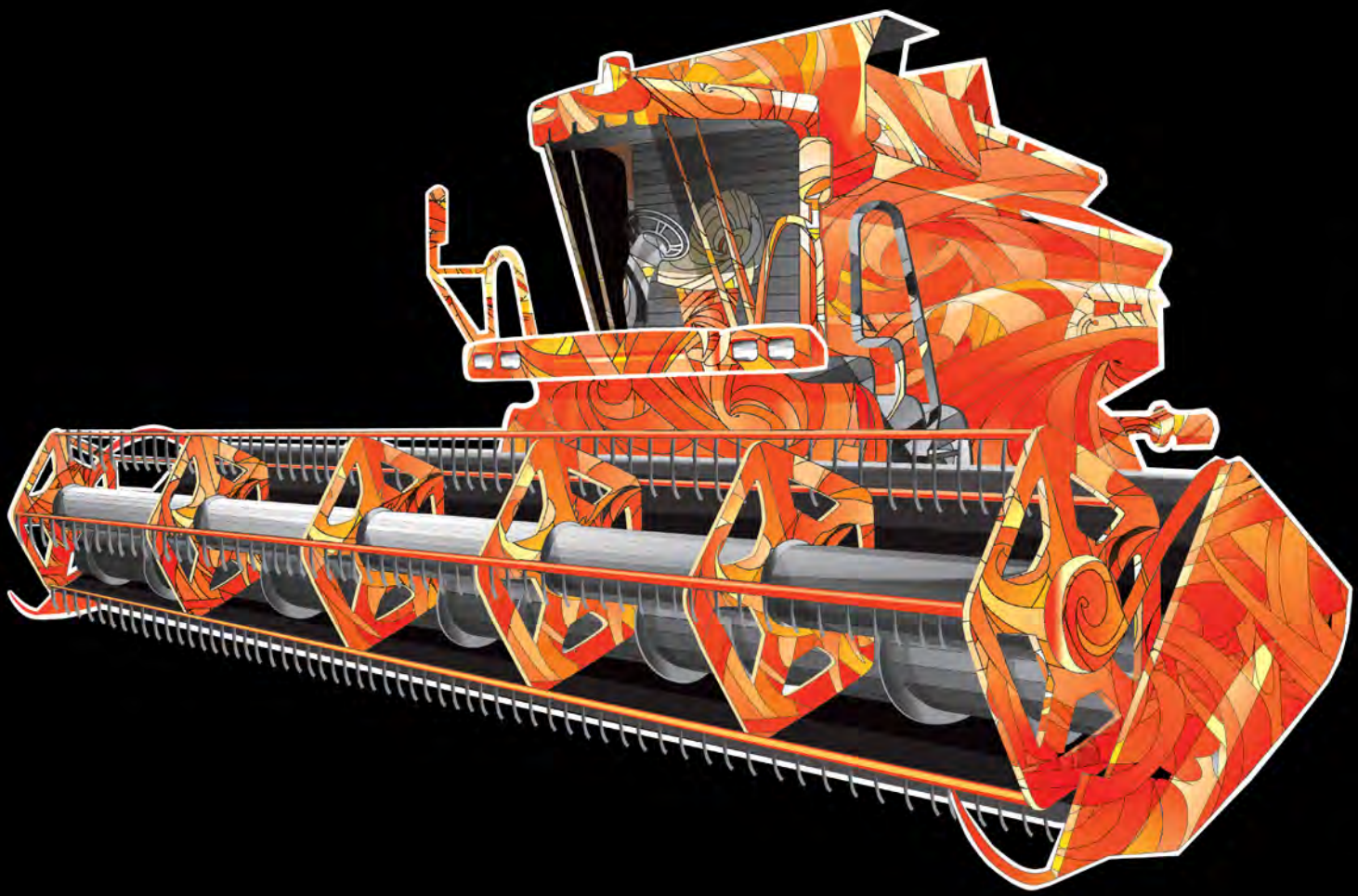
Член Российского Зернового Союза

Член Союза Комбикормщиков

Россия, 129223, Москва, ВДНХ
Павильон "Хлебопродукты" (№40)
Телефон: (495) 755-50-35, 755-50-38
Факс: (495) 755-67-69, 974-00-61
E-mail: info@expokhleb.com
Интернет: www.breadbusiness.ru
Интернет: www.mvc-expohleb.ru

AGROSALON

МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА СЕЛЬХОЗТЕХНИКИ



ISSN 2072-9642 Техника и оборудование для села. 2017.11.1-48. Индекс 72493

9-12 OCTOBER ОКТЯБРЯ 2018

WWW.AGROSALON.RU МОСКВА, РОССИЯ