

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

АГРОПАНОРАМА

Nº 3/2009

В номере:

К вопросу энергосбережения в конвективных зерносушилках

Урожай и качество лекарственного растительного сырья пустырника пятилопастного в условиях интенсивной химизации

Направления совершенствования температурной защиты

асинхронных электродвигателей Методика технического нормирования полевых механизированных работ

БЕЛАГРО – 2009



Со 2 по 9 июня в Минске проходила 19-я международная специализированная выставка «Белагро-2009» - крупнейший аграрный форум, который ежегодно собирает вместе не только белорусских аграриев, но и их зарубежных коллег и партнеров.

Из года в год расширяется и география стран-участниц «Белорусской агропромышленной недели». В этом году в ней приняли участие 18 стран ближнего и дальнего зарубежья, таких как Беларусь, Россия, Украина, Латвия, Литва, Китай, Италия, Германия, Австрия, Польша, Турция, Нидерланды, США и многие другие.

Отличительной особенностью «Белагро-2009» явилось ее проведение на двух выставочных площадках: в Национальном выставочном центре «БелЭкспо» и на базе сельскохозяйственного предприятия Минского района ОАО «Гастелловское». В полевых условиях на 40 га была организована экспозиция отечественного и зарубежного сельскохозяйственного машиностроения, растениеводства, животноводства.

В текущем году на выставке традиционно были представлены ведущие организации Министерства промышленности и Министерства сельского хозяйства Республики Беларусь, среди которых: ОАО «Минский тракторный завод», «Гомсельмаш», «Белавтомаш», ОАО «Амкодор», предприятия концерна «Белагромаш», предприятия РО «Белагросервис», «Лидагропроммаш», «Бобруйскагромаш».

Современные достижения аграрной науки продемонстрировали научно-практические центры НАН Беларуси и учреждения образования аграрного профиля: «Белорусский государственный аграрный технический университет», «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», «Гродненский государственный аграрный университет», «Витебская государственная академия ветеринарной медицины».

БГАТУ имеет статус постоянного участника выставки. В этом году на стенде университета были представлены патенты на полезные модели и изобретения, монографии, учебные пособия, макеты последних научных разработок, образцы деталей, приборов и машин, созданных в университете. Наибольший интерес посетителей стенда был проявлен к экспонатам: «Технология упрочнения деталей почвообрабатывающей техники», «Технология изготовления пористых проницаемых материалов», «Мобильная установка для очистки отработанных гидравлических и моторных масел», «Измерители-регуляторы МТ-2», «Локальная рециркуляционная фильтрующая установка БСУ-900», «Радиоволновой влагомер зерна», «Комплект оборудования для управления зерносушилкой», «Ультразвуковые бытовые и промышленные счетчики газа серии СГУ 001 (G6... G25)» и др.

Состоялись деловые встречи заинтересованных лиц и научных руководителей разработок.

За активную и плодотворную научную деятельность по разработке сельскохозяйственной техники и технологий, многолетнее плодотворное сотрудничество и активное участие в 19-й международной специализированной выставке «Белагро»-2009» наш университет был награжден дипломом ЗАО «МинскЭкспо». Также университет был отмечен двумя дипломами Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь: «За активное участие в Белорусской агропромышленной неделе, высокий уровень представленных научных разработок и учебно-методических материалов».

АГРОПАНОРАМА 3 (73) 2009 Издается с апреля 1997 г.

Научно-технический журнал для работников агропромышленного комплекса. Зарегистрирован Госкомитетом республики Беларусь по печати. Регистрационный номер № 381.

Учредитель Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»

Редколлегия:

Казаровец Н.В. – гл. редактор; Прищепов М.А. – зам. гл. редактора; Цындрина Н.И. – редактор.

Члены редколлегии:

Богдевич И.М. Гануш Г.И. Герасимович Л.С. Дашков В.Н. Забелло Е.П. Казакевич П.П. Карташевич А.Н. Степук Л.Я. Тимошенко В.Н. Шило И.Н. Шпак А.П.

Менеджер Леван В.Г. Компьютерная верстка Медведев **В**.С.

Адрес редакции: Минск, пр-т Независимости, д.99/1, к.333 Тел. (017) 267-61-21, 267-22-14

Факс (017) 267-34-74

E-mail: pva.nich@batu.edu.by

БГАТУ, 2006, Издание университетское. Формат издания 60 х 84 1/8. Подписано в печать с готового оригиналамакета 23.06.2009 г. Печать офсетная. Тираж 500 экз. Зак. № 585 от 23.06.2009 г. Статьи рецензируются. Отпечатано в ИПЦ

БГАТУ по адресу: г. Минск, пр-т. Независимости, 99, к.2 Выходит один раз в два месяца.

Подписной индекс в каталоге «Белпочта» - 74884.

При перепечатке или использовании публикаций согласование с редакцией и ссылка на журнал обязательны. Ответственность за достоверность рекламных материалов несет рекламодатель.

ЧИТАЙТЕ В НОМЕРЕ

Сельскохозяйственное машиностроение Металлообработка А.М. Заен Экспериментальная проверка устройства для сортирования корнеплодов моркови......5

Технологии производства продукции растениеводства и животноводства М.М. Радько, Н.Н. Гадлевская, В.Н. Столович,

Д.Е. Радько О выборе оптимального варианта кормления товарного карпа.......10

С.А. Тарасенко, О.А. Белоус Урожай и качество лекарственного растительного сырья пустырника пятилопастного в условиях

Энергетика. Транспорт

В.В. Гурин, П.А. Равинский Направления совершенствования температурной защиты асинхронных электродвигателей.

Ресурсосбережение. Экология

А.Г. Цубанов, А.Л.Синяков, И.А. Цубанов К вопросу энергосбережения в конвективных зерносушилках 22 Е.М. Заяц, В.С. Корко, А.Е. Заяц Основные направления технологического использования Ю.С. Почанин Влияние технологии сжигания местных видов топлива на состав выбрасываемых в атмосферу

Технический сервис в АПК. Экономика

Д.А. Жданко Теоретическое обоснование параметров гидравлического

загрязняющих веществ.

В.Я. Тимошенко, А.В. Новиков, Г.Ф. Добыш, О.Ф. Смолякова Методика технического нормирования полевых механизированных работ.....

Краткие сообщения

И.Г.Алиев

Разработка и исследование технологии и технических средств для протравливания опушенных семян хлопчатника.....



ЮБИЛЕЙ УЧЕНОГО

К 60- летию доктора технических наук, профессора, ректора Института повышения квалификации и переподготовки кадров АПК БГАТУ

Владимира Николаевича Дашкова



Владимир Николаевич Дашков родился 22 июня 1949 года в поселке сахзавод им. Куйбышева Рыльского района Курской области (Российская Федерация).

В 1971 г. с отличием окончил факультет механизации сельского хозяйства Курского СХИ. В 2005 г. успешно защитил докторскую диссертацию, в 2007 году ему присвоено ученое звание профессора по спе-

циальности «Агроинженерные системы».

В 1971 г. В.Н. Дашков работал учебным мастером Курского сельскохозяйственного института. В 1972 г. поступил в аспирантуру ЦНИИМЭСХ Н/з СССР. С 1972 по 1973 г. проходил срочную службу в рядах Советской армии.

С 1975 года работал в НИИ механизации сельского хозяйства (ныне - РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства») в различных лабораториях в должностях младшего, научного, старшего и ведущего научного сотрудника, ученого секретаря института. С 1993 г. – зам. директора по научной работе и одновременно зав. лабораторией использования ТЭР. С 1998 года – директор ГП «БелНИИМСХ» – ген. директор НПО «Белсельхозмеханизация» (позднее РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси»), с 2006 г. – первый зам. ген. директора РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». С 2007 г. – ректор Института повышения квалификации и переподготовки кадров АПК БГАТУ.

В.Н. Дашков – известный ученый в области механизации сельского хозяйства, внесший значительный творческий вклад в развитие научных основ применения ресурсосберегающих технологий в сельскохозяйственном производстве путем разработки методологии их комплексной (энергетической, ресурсной и экологической) оценки



машин на стадии проектирования с использованием интегральных показателей энергетической эффективности, позволившей прогнозировать с достаточной достоверностью рациональные направления совершенствования машин и оборудования, обоснование технической политики в отрасли.

Теоретически обосновал возможность применения гелиоустановок с абсорберами из полимерных материалов с заданными свойствами и устройств — накопителей энергии естественного холода пленочного, капельно-дисперсионного и емкостного типа в сельскохозяйственных технологиях, провел комплекс экспериментальных работ и организовал разработку и серийное производство оборудования, использующего возобновляемые источники энергии.

В.Н.Дашков внес значительный вклад в развитие отечественного сельхозмашиностроения. Под его руководством разработана Республиканская программа создания сельскохозяйственной техники, машин и оборудования для производства и переработки сельскохозяйственной продукции на 2002-2005 гг., система машин для реализации ресурсосберегающих технологий получения сельскохозяйственной продукции на 2006-2010 гг. Являлся инициатором формирования и первым научным руководителем ГНТП «Белсельхозмеханизация».

Руководимым им научным коллективом только за 2002-2006 годы разработаны и переданы для освоения производства на заводы-изготовители 94 модели сельхозмашин.

В.Н.Дашков – один из известных организаторов агроинженерной науки Республики Беларусь, продолжительное время входил в состав Бюро отделения аграрных наук НАН Беларуси и НТС Минсельхозпрода РБ, а также специального межведомственного координационного совета по проведению единой технической политики в сельскохозяйственном машиностроении и механизации агропромышленного комплекса.

Зарекомендовал себя как подготовленный и высококвалифицированный научный работник, крупный специалист в области механизации сельского хозяйства. Занимает активную позицию по реализации государственных интересов при формировании направлений развития аграрной науки. Проводит большую работу по отбору актуальной научной тематики, обеспечивающую эффективное использование финансовых средств, являясь с 2007 года председателем Государственного экспертного Совета по производству, переработке и сохранению сельскохозяйственной продукции Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь.

Дашков В.Н. имеет высокий международный научный авторитет и поддерживает постоянные контакты с ведущими специалистами по механизации сельского хозяйства России, Украины, Польши, Германии, стран Балтии. Неоднократно выступал с докладами на международных научных конференциях за пределами нашей республики и участвовал в их организации. Постоянный участник мероприятий Организации институтов сельскохозяйственного машиностроения стран Центральной и Восточной Европы (СЕЕ Ag Eng). Обеспечивал координацию от белорусской стороны выполнения на высоком уровне трех совместных научно-технических программ Союзного государства Беларуси и России: «Лен», «Молоко», «Плодоовощная продукция».



Председатель совета по защите докторских диссертаций Д 01.54.01 при РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», член совета по защите докторских диссертаций при БГАТУ, под его руководством защищена одна кандидатская диссертация, проходят подготовку четыре аспиранта и два соискателя. Более 15 лет ведет преподавательскую работу в БГАТУ и БГСХА, читает курс лекций студентам и слушателям системы повышения квалификации специалистов и руководителей сельскохозяйственных организаций.

В.Н.Дашковым опубликовано 348 печатных работ, в том числе 63 статьи в научных журналах, 64 работы в зарубежных изданиях. Имеет 42 авторских свидетельства и патента. Среди его работ 9 книг, в числе которых 4 монографии, один справочник и 4 учебных пособия.

Входит в состав редколлегий научных журналов: «Вести НАН Беларуси», «Агропанорама»; «Агроэкономика» и «Техника в сельском хозяйстве» (РФ).

Избирался депутатом Первомайского районного совета народных депутатов г. Минска, работал на общественных началах в органах народного контроля, избирался членом Минского горкома профсоюза работников АПК. Избран председателем правления Минской областной организации Государственно-общественного объединения «Белорусское общество «Знание».

Награждён Почетной грамотой Совета Министров Республики Беларусь, Почетными грамотами НАН Беларуси, Минсельхозпрода, Минпрома, Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь, имеет Благодарность Министра сельского хозяйства и продовольствия.

Свое 60-летие профессор, доктор технических наук Владимир Николаевич Дашков встречает в расцвете творческих сил и планов. Хорошее знание проблем отрасли, техническая грамотность, высокая эрудиция, способность к анализу научно-технических вопросов и умение решать практические задачи организации научного процесса и жизни исследовательского коллектива снискали ему высокий авторитет у сотрудников организаций, в которых он работал и у специалистов отрасли.

Ректорат, редколлегия журнала «Агропанорама», сотрудники БГАТУ сердечно поздравляют Владимира Николаевича с юбилеем!

Желаем крепкого здоровья, благополучия, счастья, творческих успехов и новых научных достижений!

И.Н. Шило, первый проректор БГАТУ, д. т. н., профессор

Сельскохозяйственное машиностроение Металлообработка

УДК 631.362.3

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 29.04.2009

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ СОРТИРОВАНИЯ КОРНЕПЛОДОВ МОРКОВИ

А.М. ЗАЕЦ, аспирант (УО БГАТУ)

Аннотация

В статье описана методика проведения экспериментальной проверки устройства для сортирования корнеплодов моркови. Представлены конструктивные дополнения устройства. Приведены расчётные зависимости параметров отклика. Изложены результаты экспериментальной проверки устройства для сортирования корнеплодов.

Введение

В настоящее время обеспечение населения республики Беларусь качественной овощной продукцией в соответствии с потребностями, в частности, корнеплодами моркови, является актуальным, и выявило ряд проблем в бесперебойном снабжении торговой сети свежими и переработанными корнеплодами. Первостепенными недостатками в обеспечении являются малый удельный вес и большая сезонность возделывания моркови. Основная масса свежих корнеплодов закладывается на хранение в период с августа по октябрь, т. е. в течение трёх месяцев. При поставке моркови из хранилищ без доработки выявляется и такой недостаток, как неудовлетворительное качество из-за биологических особенностей корнеплодов моркови и различных сбоев в цепи «производство — торговля». К ним следует отнести и отсутствие надлежащей работы по послеуборочной доработке, сортировке, фасовке и упаковке, а также наличие устаревшего оборудования.

Устаревшая материально-техническая база плодоовощной отрасли не позволяет обеспечить конкурентоспособную продукцию из-за существующего оборудования и технологии, которые физически и морально устарели в большинстве организаций. Степень износа основных фондов отрасли с каждым годом увеличивается, и составляет 70%. [1].

С целью повышения товарного качества моркови было разработано устройство для сортирования корнеплодов моркови [2,3].

Основная часть

Эксперимент проводился по методике определения эффективности предлагаемой конструкции сортировальной поверхности в соответствии с общими принципами исследований по сельскохозяйственной механике на основании ОСТ 108.5-2000 «Условия проведения экспериментов», а показатели качества — по ОСТ 70.8.5-82 и сравнивались с требованиями стандартов на послеуборочную обработку корнеплодов моркови.

При проведении исследований, в качестве контрольного измерительного оборудования для контроля параметров скорости полотна подающего транспортёра и ременной сортирующей поверхности использовался тахометр.

Для определения массы моркови использовались электронные весы BE-25, линейные размеры корнеплодов моркови определялись с помощью штангенциркуля ШЦ-I.

При определении агротехнических показателей использовалась методика по ОСТ 70.41-80 «Испытания сельскохозяйственной техники».

Для проведения эксперимента использовалась партия моркови массой 400 кг. Полевая проверка состава овощной массы моркови показала, что в ней содержится: 16,2% мелкой фракции (диаметром менее 25мм), 72,3% средней фракции (диаметром от 25 до 60 мм), 11,5% крупной фракции (диаметром свыше 60 мм).

Для обработки результатов эксперимента партия моркови предварительно была рассортирована вручную с помощью калибра (рис. 1). Корнеплоды мелкой фракции были обозначены одним кольцевым пояском, а корнеплоды крупной фракции — двумя, как показано на рис. 2.

Результаты разделения моркови на фракции контролировались по коэффициенту точности сортирования партии, а также точности сортирования и степени потерь средней фракции и повреждении корнеплодов.

Экспериментальная проверка проводилась на лабораторной установке (рис. 3) [2]. Машина изготовлена в виде объёмной конструкции с размерами сортирующей поверхности 1500х640 мм. Поверхность образована системой расходящихся ремней, при движении которых размер калибрующей щели изменяется от 20 до 70мм. Изменение линейной скорости ремней осуществлялось за счёт коробки переменных передач (рис. 4), позволяющей получить 15 ступеней, что обеспечило движение от 0,4 до 1,3 м/с.

Так как на показатели точности сортирования оказывает влияние фракционный состав корнеплодов моркови, в конструкцию машины встроены подвижные разделительные щитки, позволяющие бес-



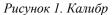
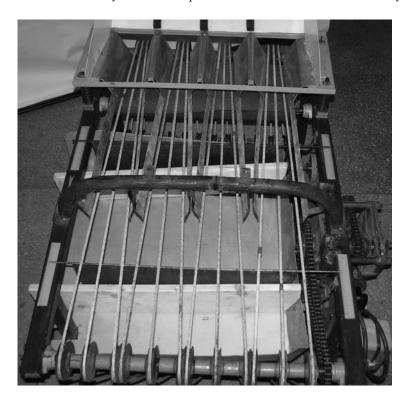




Рисунок 2. Способ обозначения фракций



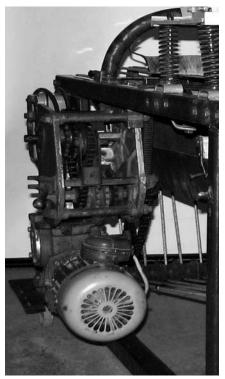
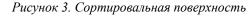


Рисунок 4. Устройство привода



ступенчато изменять размер калибрующей щели. Для контроля калибрующей щели использовались измерительные линейки (рис. 5).

На эффективность работы машины оказывает влияние положение корнеплода на сортирующей поверхности. Для обеспечения направленного движения корнеплода осью вдоль рабочей щели использовался приёмный лоток-ориентировщик, установленный в начале сортировки.

Конструкция сортировки позволила провести трёхфакторный эксперимент.

Целью программы экспериментальных исследований устройства для сортировки корнеплодов моркови являлось:

- ранжирование факторов, влияющих на процесс сортирования;
- оценка качества разделения корнеплодов на сортировальной поверхности по фракциям в зависимости от действующих факторов;



Рисунок 5. Способ контроля положения разделительных щитков



- определение допустимой степени загрузки по производительности сортировального устройства в зависимости от режимов работы и параметров рабочей поверхности;
- проверка адекватности результатов теоретических и лабораторных исследований.

С позиции системного анализа сортировальное устройство можно представить в виде сложной кибернетической многомерной системы вход-выход [4].

Выходными параметрами системы являлись агротехнические показатели разделения корнеплодов моркови на фракции, т.е. общий коэффициент точности сортирования r, коэффициент точности сортирования средней фракции r_{cp} и степень потерь средней фракции η .

Входные параметры, влияющие на выходные показатели системы:

- технологические секундная подача корнеплодов моркови q, степень ориентации корнеплодов вдоль рабочей щели ξ ;
- кинематические скорость ремней сортирующей поверхности V, угловая скорость кривошипа привода гирационного лотка ω ;
- конструктивные положение делителей фракций L_1 , L_2 , радиус кривошипа R, усилие натяжения ремней F, угол наклона ориентирующих щитков a.

Целью исследования функционирования модели является установление аналитической зависимости между входными факторами и параметрами отклика сортировального устройства.

На основе метода априорного ранжирования, используя опрос специалистов, в группу основных вошли следующие факторы:

- секундная подача корнеплодов моркови;
- скорость ремней сортирующей поверхности;
- положение первого делителя фракций;
- положение второго делителя фракций.

При проведении экспериментов скорость подающего транспортёра принята постоянной, а конструктивные параметры позволили обеспечить постоянную производительность системы за счёт одинаковой секундной подачи корнеплодов на входе в устройство для сортирования. На основании вышеизложенного, параметр был исключён из группы основных факторов.

С учётом скорости ремней и переменной ширины ременной поверхности, используя формулу расчёта производительности (1), строим график линий уровня теоретически возможной секундной производительности сортировальной поверхности (рис. 6):

$$Q = 3.6Bd_{cn}\theta_k \psi \rho_{H}, \qquad (1)$$

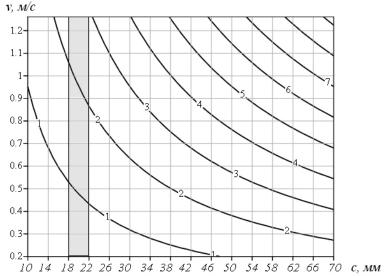


Рисунок 6. График линий уровня секундной производительности корнеплодов моркови в зависимости от скорости ремней v и калибрующего зазора с

где В – ширина рабочей поверхности (м);

 d_{cp} – средний размер корнеплода в сортируемой массе (м);

 \mathcal{G}_{κ} - скорость движения корнеплодов по поверхности (м/с);

 ψ – коэффициент заполнения поверхности (0,7...0,8);

 $\rho_{\scriptscriptstyle H}$ – плотность массы клубней (насыпная) (кг/м³). При зазоре 20±2мм в зоне приёмного лотка и скорости ремней 0,8м/с теоретическая секундная подача на приёмный лоток составляет 1,6 кг/с.

Примем: X_1 – скорость ремней сортирующей поверхности, X_2 – положение первого делителя фракций, X_3 – положение второго делителя фракций и составим табл. 1.

Уровни и интервалы факторов приняты на основании теоретических расчетов, поисковых опытов и рекомендаций, изложенных в работах [4, 5, 6, 7].

Таблица 1. Уровни и интервалы варьирования факторов

	Натуральные (X _i) и кодированные (x _i) значения факторов								
Уровни и интервалы варьирования	Скорость		Полож перв дели	кение вого	Положение второго делителя				
	X ₁ , м/с	X ₁	Х ₂ , мм	X ₂	Х ₃ , мм	X 3			
Верхний уровень	1,2	+1	28	+1	65	+1			
Основной уровень	0,8	0	25	0	60	0			
Нижний уровень	0,4	-1	22	-1	55	-1			
Интервалы варьирования	0,4	1	3	1	5	1			



Для оценки влияния трех факторов используем некомпозиционный план второго порядка с варьированием каждого фактора на трех уровнях (\pm 1, 0).

Определение области оптимума сортирования определяем, используя уравнение регрессии второго порядка в виде полного квадратичного полинома

$$y = b_0 + \sum_{k} b_i x_i + \sum_{i \neq j}^{k} b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^{k} b_{ii} x_i^2 , \quad (2)$$

где b_0 , b_i , b_{ij} , b_{ii} – коэффициенты регрессии.

Коэффициенты уравнения регрессии определены по результатам эксперимента, с использованием зависимостей [4,5,6].

Результаты разделения моркови на фракции фиксировались для определения коэффициента точности сортирования средней фракции, общего коэффициента точности сортирования и степени потерь корнеплодов средней фракции [8].

На лабораторной установке при постоянной скорости подающего транспортёра исследовалась зависимость

$$r, r_{cp}, \eta_{cp} = f(\theta, L_1, L_2).$$
 (3)

Примем кодировку исследуемых факторов: $x_1 = \mathcal{G}$ — скорость ремней сортировальной поверхности, м/с; $x_2 = L_1$ — положение первого делителя между мелкой и средней фракцией, мм; $x_3 = L_2$ — положение второго делителя между средней и крупной фракцией, мм. Параметры отклика: $r = y_1$ — общий коэффициент точности сортирования, %; $r_{cp} = y_2$ — коэффициент точности сортирования средней фракции, %; $\eta_{cp} = y_3$ — степень потерь средней фракции, %.

Реализация данного эксперимента позволила получить аналитические модели:

– точность разделения моркови на фракции (расчёты коэффициентов полинома выполнены в программном пакете Mathcad 14) [9]

$$y1 = 94.433 - 0.763x_1 + 1.175_3 -$$

$$-3.042x_1^2 - 0.742x_2^2 - 3.417x_3^2$$
(4)

С учётом принятой кодировки и значения факторов уравнение регрессии примет вид:

$$r = 28.5129 - 19.0129^{2} - 0.082L_{1}^{2} + 4.122L_{1} - 0.137L_{2}^{2} + 16.637L_{2} - 473.885$$
(5)

для точности сортирования моркови средней фракции

$$y2 = 95.8 - 0.656x_1 + 3.462x_2 - 0.994x_3 - 1.994x_1^2$$
. (6)

 ${\rm C}$ учётом принятой кодировки и значения факторов уравнение регрессии примет вид:

$$r_{cp} = 18.39 - 12.4639^{2} + 1.154L_{1} - -0.199L_{2} + 72.214$$
(7)

- для степени потерь моркови средней фракции

$$y3 = 2.7 + 3.897x_2 - 2.598x_3 + +1.840x_2^2 + 1.678x_3^2$$
 (8)

С учётом принятой кодировки и значения факторов уравнение регрессии примет вид:

$$\eta_{cp} = 0.204L_1^2 - 8.923L_1 + 0.067L_2^2 - -8.574L_2 + 370.811$$
(9)

На рис. 7 представлены зависимости точности сортирования от скорости ремней ν и величины калибрующего зазора L_1 , построенные на основании математической модели (5).

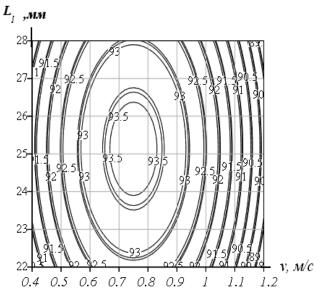


Рисунок 7. График линий уровня общей точности сортирования

Максимальная точность разделения обеспечивается при скорости ремней 0,75 м/с.

Используя значение скорости ремней 0.75 м/с по зависимостям (5.7.9), строим график линий уровня общей точности сортирования, точности сортирования и степени потерь средней фракции в зависимости от величины L_1 и L_2 калибрующего зазора (рис. 8).

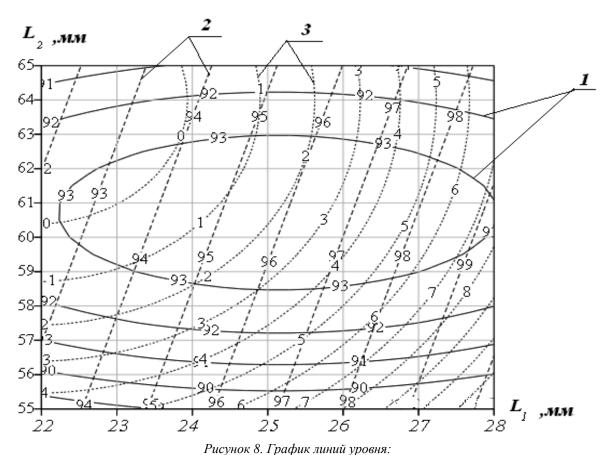
На рис. 8 представлен график, позволяющий определить точность разделения корнеплодов на фракции при различных положениях разделительных щитков по величине калибрующего зазора.

Максимальная точность разделения корнеплодов на фракции ограничена 93%. Задавшись необходимой точностью сортирования средней фракции в зоне минимальных потерь, можно определить необходимое значение калибрующих зазоров.

Выводы

1. В результате проведенных экспериментов получены математические модели сортирования корнеплодов моркови с учётом точности сортирования и степени потерь средней фракции.





1 — линии уровня общей точности сортирования; 2 — линии уровня точности сортирования средней фракции; 3 — линии уровня степени потерь

- 2. Рассматривая общую точность сортирования и точность сортирования средней фракции, установили, что коэффициент точности сортирования достигает максимального значения при скорости ремней $\mathcal{G}=0.75\,$ м/с и постоянной подаче корнеплодов $1,6\,$ кг/с.
- 3. Степень потерь средней фракции зависит только от положения делителей между фракциями и уменьшается с перемещением делителей в направлениях от среднего значения размера корнеплода.
- 4. Полученные графические зависимости позволяют устанавливать необходимую величину калибрующих щелей в зависимости от точности выделения средней фракции.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Экономика организаций и отраслей агропромышленного комплекса: в 2 кн. Кн. 2/ В.Г. Гусаков [и др.]; под общ. ред. акад. В.Г. Гусакова. Минск: Белорус. наука, 2007. 891c.
- 2. Устройство для сортирования корнеплодов: пат. 828 Респ. Беларусь, U МПК A 23N 15/00/ Р.С. Сташинский, А.М. Заец; заявитель Белорус. гос. аграрн. технич. ун-т. № u 20020192; заявл. 08.07.2002;

- опубл. 30.03.2003// Офиц. бюл./ Нац. центр интеллектуал. собственности. -2003. — $\mathbb{N}_1.$ С. 197.
- 3. Заец, А.М. Обоснование и расчёт параметров процесса сортирования корнеплодов моркови / А.М. Заец // Агропанорама. 2008. №5. С. 44-48.
- 4. Будник, А.В. Планирование измерительного эксперимента и обработка результатов измерений: учеб. пособ. для вузов/ А.В. Будник, Е.В. Галузо, К.В. Андрухович. Минск: БГУИР, 2003. 47 с.
- 5. Жарский, И.М. Планирование и организация эксперимента: учеб. пособ. для вузов/ И.М. Жарский, Б.А. Коледин, И.Ф. Кузьмицкий. Минск: БГТУ, 2003—178с.
- 6. Жогаль, С.П. Основы регрессивного анализа и планирования эксперимента: учеб. пособ. / С.П. Жогаль, С.И. Жогаль, В.И. Максимей. Гомель: гос. инт им. Ф.Скорины, 1997. 92 с.
- 7. Спиридонов, А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов / А.А. Спиридонов. М.: Машиностроение, 1981. 184 с.
- 8. Колчин, Н.Н. Комплексы машин и оборудования для послеуборочной обработки картофеля и овощей/ Н.Н. Колчин. М.: Машиностроение, 1982.-268 с.
- 9. Макаров, Е. Инженерные расчёты в Mathcad 14(+CD)/ Е. Макаров. –СПб.: Питер, 2007.

Технологии производства продукции растениеводства и животноводства

УДК. 639.3.043.13:636.087.73

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 4.04.2009

О ВЫБОРЕ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА КОРМЛЕНИЯ ТОВАРНОГО КАРПА

М.М. Радько, канд. эконом. наук, А.В. Астренков науч. сотр., Н.Н. Гадлевская канд. с.-х. наук, В.Н. Столович канд. биолог. наук, Д.Е. Радько, ст. лаб. (РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»)

Аннотация

Приводится опыт четырех рыбоводных хозяйств по выращиванию двух- и трехлетка карпа. Во время вегетационного периода в хозяйствах использовали различные корма (комбикорм рецепта К-111, малокомпонентный комбикорм, зерно злаковых культур). Полученный результат в дальнейшем позволит оптимизировать кормление товарного карпа в рыбхозах страны.

Введение

Принятая в Республике Беларусь Государственная программа возрождения и развития села, предусматривающая опережающее развитие аграрного сектора, включает и увеличение производства товарной рыбопродукции. Предполагается, что к 2010 году суммарное производство свежей рыбы возрастет до 18-20 тысяч тонн в год, при этом рост будет достигаться за счет реконструирования и возвращения в оборот прудовых площадей и повышения их рыбопродуктивности [1].

Развитие интенсивных форм рыбоводства и последовательное повышение его эффективности, наряду с решением технических проблем, настоятельно требует самого серьезного внимания к процессу кормления и использования полноценных и экономически выгодных кормов для роста разводимых рыб [2].

Основное производство товарной рыбопродукции по-прежнему осуществляется в государственных прудовых рыбоводных хозяйствах (78-81%), при этом в структуре вылова рыбы в прудах в основном доминирует карп (84%) [1]. Коммерческая привлекательность товарного выращивания карпа зависит от его экономической эффективности. Это относительный показатель, отражающий рентабельность товарных хозяйств, или объем получаемой ими прибыли от реализации выращенной рыбы на рубль затрат. Из определения следует, что основное влияние на рентабельность единицы продукции оказывают рыночная цена и ее себестоимость [3].

Поэтому, чтобы выращенная рыба была доступна потребителю по цене, необходимо оптимизировать все виды материальных затрат и, прежде всего, — затраты на корма и кормление, которые составляют до 50-60% себестоимости получаемой рыбной продукции.

После зарыбления нагульных прудов годовиком карпа, его начинают кормить комбикормом К-111. При этом объем потребляемых кормов за сезон, начиная с мая, увеличивается, в то время как доля энер-

гии корма, затрачиваемая на рост, постоянно снижается. Это связано с тем, что после зимовки уровень резервных питательных веществ в теле годовика карпа низкий, организм ослаблен, и это способствует снижению поиска естественной пищи, к тому же развитие зоопланктона и зообентоса еще слабое. С повышением температуры воды ускоряется обмен веществ в организме двухлетка карпа. При недостатке естественной пищи, кормление карпа высокобелковыми комбикормами в конце мая - середине июня положительно сказывается на приросте биомассы и накоплении резервных питательных веществ, а также пополнении организма витаминами. Во второй половине вегетационного сезона гидрохимические условия в прудах ухудшаются, температура воды колеблется в пределах - 20-25°C, кислородный режим от интенсивности кормления и других мероприятий ухудшается и может составлять – 1-5мг/л, развитие естественной кормовой базы может происходить от хорошего до плохого, изменяются процессы обмена у выращиваемого карпа. В этот период начинает преобладать углеводный обмен, карп наиболее эффективно, с определенной частью естественной пищи, потребляет и переваривает углеводистые корма и накапливает в организме гликоген и жир [4].

На основании вышесказанного авторами был разработан малокомпонентный комбикорм [5-9], подготовлена техническая документация на его изготовление, патент на изобретение и рекомендации по применению при выращивании товарного карпа.

На Украине, так же как и в Беларуси, период кормления товарного карпа делится на два этапа: первый – с применением высокобелковых комбикормов, а второй – низкобелковых. Длительность первого этапа составляет 40-50 дней и во многом зависит от развития естественной кормовой базы (масса на конец периода должна быть 150-200г), второй этап кормления длится 50-70 дней и заканчивается в середине сентября (средняя масса должна составлять 400-500г) при нормаль-



ных гидрохимических и гидробиологических режимах. Украинские коллеги, по материалам своих исследований, опубликовали рекомендации по нормированному кормлению двухлетков карпа[10].

Однако в рыбхозах помимо комбикормов используют в кормлении карпа еще и зерно. Поэтому ставится задача: определить, на каком этапе кормления карпа необходимо переводить на зерно, чтобы не происходило потерь в рыбопродукции.

Основная часть

В 2008 году в рыбхозах республики товарного карпа кормили тремя видами кормов: комбикормом рецепта К-111, малокомпонентным комбикормом и зерном, при этом каждое хозяйство придерживалось своей схемы. В начале вегетационного сезона все рыбхозы кормили карпа комбикормом К-111, затем некоторые из них перешли на МКК, а другие — на зерно. Хозяйства, кормившие в дальнейшем МКК, оставили себе резерв для действий, учитывая свои финансовые возможности, они в третьей декаде августа переходили на кормление карпа зерном, либо до начала облова прудов кормили комбикормом.

Для анализа мы взяли результаты четырех рыбхозов. В рыбхозе «Новоселки» Брестской области уже четвертый год использовали малокомпонентные корма. Именно в этом хозяйстве отрабатывались сроки перехода с одного корма на другой. Поэтому в первый месяц нагула (с конца апреля до конца мая) хозяйство кормило ослабленную после зимовки рыбу традиционным комбикормом с содержанием сырого протеина 23%. На двух прудах, где выращивался трехлеток (табл.1), и на двух прудах с двухлетком карпа уже с 14 мая перешли на кормление низкобелковым малокомпонентным комбикормом (МКК). На кормление зерном перешли на двух прудах с трехлетком с 1 июля, на трех остальных и на двух с двухлетком – с 1 августа.

Как показали результаты осеннего облова, ранний переход на МКК и зерно не сказался отрицательно на рыбопродуктивности по трехлетку карпа. Нет определенной зависимости удельных затрат корма от вида корма, влияющих на прирост карпа, хотя на отдельном из прудов максимальный кормовой коэффициент (6,6) получен при раннем (с 01.07) использовании зерна.

При выращивании двухлетка использование на корм зерна отрицательно сказалось на приросте, несмотря на более низкую плотность посадки. В результате рыбопродуктивность по этим двум прудам ниже, а кормовой коэффициент выше. На прудах, где зерно на корм не использовалось, а МКК начали кормить с 25 мая, средняя рыбопродуктивность составила 11,7 ц/га, что на 4,6% выше, чем по трехлетку, а кормовой коэффициент – 3,9 или на 43% меньше.

Рыбхоз «Селец», находящийся в той же III зоне рыбоводства, не использовал МКК, а только традиционный комбикорм рецепта К-111 и зерно. Кормить здесь начали примерно в те же сроки, что и в рыбхозе «Новоселки». Плотность посадки по трехлетку у них была несколько ниже (табл.2), поскольку среднештучная масса посадочного материала, особенно в двух прудах (В4 и В6), очень высокая (около 450г). Кормить зерном трехлетка карпа на всех прудах, за исключением Н-2, начали в конце июля – начале августа.

Как показали результаты осеннего облова, самая низкая рыбопродуктивность получена на прудах, где использовался наиболее крупный посадочный материал (в среднем 5,8 ц/га). На остальных прудах колебания по навеске и рыбопродуктивности были значительные, но в среднем составили 879 г и 10,4 ц/га соответственно. Кормовой коэффициент, за исключением В-4, был невысоким и составил в среднем 5,0. По двухлетку карпа при нормативной плотности получено 10,7 ц рыбы с гектара пруда, при низкой посадке крупного материала — 8,2 ц/га, несмотря на кормле-

Таблица 1. Рыбоводные показатели выращивания товарного карпа в рыбхозе «Новоселки», 2008г.

		Плот-		Начало	Начало	Начало		0	блов	
Возраст рыбы	рыбы га	ность посадки, тыс.шт/га	Средне- штучная навеска, г	корм- пения	корм- ления МКК	корм- ления зерном	Выход,	Средне- штучная навеска, г	Рыбо- продук- тивность. ц/га	Кормо- вой коэф- фициент
	B-3 / 12	2,5	168,0	29.04	26.05	01.08	90,0	703,0	10,8	6,4
	B-6 / 20	2,8	168,0	29.04	14.05	01.08	90,0	702,0	12,0	4,6
2+	B-9 / 45	2,7	168,0	01.05	26.05	01.07	90,0	700,0	11,5	6,6
	B-10 / 50	2,6	170,0	29.04	26.05	01.07	90,0	701,0	11,2	5,1
	H-2 / 70	2,6	170,0	29.04	14.05	01.08	85,0	700,0	10,4	5,2
	B-4 / 19	4,0	26,0	29.04	26.05	-	89,0	400,0	12,4	3,9
	H-1 / 70	4,0	25,0	29.04	26.05	-	80,0	410,0	11,3	3,8
1+	H-5 / 70	4,0	25,0	29.04	26.05	-	80,0	413,0	11,4	4,0
	H-7 / 70	3,0	26,0	29.04	14.05	01.08	80,0	409,0	8,1	4,0
	H-8 / 70	2,0	25,0	29.04	14.05	01.08	78,0	385,0	4,7	5,3



Таблица 2. Рыбоводные показатели выращивания товарного карпа в рыбхозе «Селец», 2008г.

				•			0	блов	
Возраст	Пруд/	Плотность	Средне-	Начало	Начало		Средне-	Рыбо-	Кормо-
рыбы площадь, га	посадки,	штучная	кормления	кормления	Выход,	штучная	продук-	вой	
рыоы	площадь, та	тыс.шт/га	навеска, г	К-111	зерном	%	навеска, г	тивность.	коэф-
							,	ц/га	фициент
	B-4 / 16,7	1,1	448,0	02.05	01.08	91,0	975,0	4,0	6,9
	B-6 / 15,7	1,0	451,0	02.05	01.08	96,0	1306,0	7,6	3,4
	H-2 / 95,8	2,3	190,0	21.04	01.09	83,0	752,0	9,1	6,2
	H-3 / 112	2,5	175,0	02.05	26.07	87,0	793,0	12,2	5,0
	H-4 / 178	1,8	199,0	02.05	26.07	84,0	729,0	6,6	5,4
2+	H-5 / 123	2,0	219,0	02.05	26.07	82,0	1059,0	11,9	4,2
2+	H-7 / 121	2,4	179,0	02.05	24.07	90,0	844,0	13,0	4,1
	H-9 / 144,5	1,9	242,0	02.05	24.07	90,0	909,0	10,4	5,4
	H-11 / 141,5	1,8	191,0	21.04	01.09	90,0	1003,0	12,3	4,6
	H-13 / 102,8	2,0	222,0	21.04	01.09	81,0	773,0	8,1	5,4
	H-10 / 156,5	1,9	171,0	02.05	24.07	80,0	969,0	10,5	4,4
	H-14 / 112	2,0	220,0	21.04	01.09	80,0	955,0	10,0	5,2
1+	B-17 / 16,4	2,3	41,0	02.06	-	84,0	512,0	8,2	3,3
17	H-1 / 126	4,9	31,0	21.04	01.09	70,0	380,0	10,7	3,9

ние весь сезон только комбикормом К-111. Кормовой коэффициент по двухлетку составил 3,6.

В рыбхозе «Красная Слобода» Минской области также не использовали МКК, и с 20 июля двух- и трехлетка карпа начали кормить зерном.

Как показали результаты осеннего облова, во всех трех прудах трехлеток достиг навески более 1 кг, рыбопродуктивность составила 13,8-15,4 ц/га, кормо-

вой коэффициент в среднем 3,5 (табл. 3). Двухлеток карпа при тех же кормовых затратах достиг нормативной навески, но плотность посадки была занижена (2,4-3,6 тыс. экз/га), что предполагало получение более высоких приростов.

Рыбхоз «Новинки» Витебской области находится во II зоне рыбоводства, и кормить рыбу в этом хозяйстве начали на две недели позже, чем в

Таблица 3. Рыбоводные показатели выращивания товарного карпа в рыбхозе «Красная Слобода», 2008г.

		•		•			0	блов	
Возраст рыбы	Пруд/ площадь, га	Плотность посадки, тыс.шт/га	Средне- штучная навеска, г	'	Начало кормления зерном	Выход, %	Средне- штучная навеска, г	Рыбо- продук- тивность. ц/га	Кормо- вой коэф- фициент
	Н-9н / 89	2,4	201,0	май	20.07	85,0	1030,0	15,4	3,9
2+	H-8 / 220	2,3	225,0	апрель	20.07	90,0	1036,0	15,4	3,2
	Н-6н / 153	2,4	215,0	апрель	20.07	80,0	1027,0	13,8	3,4
1+	H-4 / 170	3,6	34,8	апрель	20.07	75,0	403,0	8,8	3,0
'*	Н-9в / 82	2,4	23,0	июнь	20.07	80,0	353,0	5,5	3,9

Таблица 4. Рыбоводные показатели выращивания товарного карпа в рыбхозе «Новинки», 2008г.

					Начало		0	блов			
Возраст рыбы	Пруд/ площадь, га	Плотность посадки, тыс.шт/га	Средне- штучная навеска, г	Начало кормления К-111	кормле- ния МКК	Выход, %	Средне- штучная навеска, г	Рыбо- продук- тивность. ц/га	Кормо- вой коэф- фициент		
	H-1 / 88	2,3	121,0	14.05	01.08	85,0	800,0	12,1	3,4		
2+	H-3 / 110	2,3	135,0	14.05	01.08	85,0	838,0	12,5	3,7		
	H-4 / 102	2,4	155,0	14.05	01.08	86,0	920,0	14,5	3,3		
1+	H-2 / 155	4,0	29,0	14.05	01.08	66,0	395,0	8,5	3,6		



южных хозяйствах. Зерно на корм здесь совсем не использовалось, а с 1 августа двух- и трехлетка карпа перевели с комбикорма К-111 на МКК. В результате, по трехлетку получена довольно высокая рыбопродуктивность (в среднем 13,0 ц/га), среднештучная навеска — 853г, кормовой коэффициент около 3,5 (табл.4). Двухлеток тоже достиг нормативной навески, рыбопродуктивность составила 8,5 ц/га.

По всем четырем хозяйствам здесь представлен производственный опыт. Несомненно, что найти оптимальный вариант кормления разновозрастной рыбы различными кормами, можно лишь в том случае, когда по каждому конкретному варианту будет хотя бы трехкратная повторность. При этом исходная навеска, плотность посадки и другие условия должны быть одинаковыми, т.е. необходимо провести соответствующие научные исследования. Анализ имеющихся данных позволяет предположить, что трехлетка карпа можно преимущественно кормить МКК и зерном, в то время как использование зерна для двухлетка ведет к потерям рыбопродуктивности. Необходимо провести экономический анализ результатов кормления по разным вариантам, для чего требуется текущий учет затрат по каждому конкретному пруду.

Заключение

В целях снижения себестоимости прудовой рыбы необходимо частично произвести замену традиционного комбикорма рецепта К-111 на более дешевый корм и зерно. Приведенный в статье опыт четырех прудовых хозяйств подтверждает возможность такой замены при кормлении двух- и трехлетка карпа. Чтобы избежать при этом потерь по рыбопродуктивности, необходимо провести специальные научные исследования по определению оптимального варианта кормления карпа в прудовых хозяйствах Беларуси.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Радько, М.М. Научное обеспечение рыбной отрасли залог успеха аквакультуры в республике Беларусь/ М.М. Радько, В.Г. Костоусов //Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной Академии наук Беларуси по животноводству». Жодино, 2006. С. 24-26.
- 2. Скляров, В.Я. Справочник по кормлению рыб/ В.Я.Скляров, Е.А. Гамычин, Л.П Рыжков. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. 120 с.

- 3. Маньшина, А.А. Оценка экономической эффективности отдельных производственных процессов и способов выращивания осетровых/ А.А. Маньшина // Лекционный материал междунар. научнопрактического семинара по осетроводству. Астрахань, 2007. С.11-14.
- 4. Желтов, Ю.А. Организация кормления разновозрастного карпа в фермерских рыбных хозяйствах/Ю.А. Желтов. Киев: «ИНКОС», 2006. 282 с.
- 5.Столович, В.Н. Малокомпонентные корма для карпа /В.Н. Столович, А.В. Астренков//Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: материалы междунар. научно-практической коференции, Горки, 16-17 июня 2005г.: в 2 ч. / БГСХА; под ред. М.В. Шалак [и др]. Горки, 2005. Вып. 8. Ч. 1. С. 161-162.
- 6. Столович, В.Н. Производственные испытания малокомпонентного комбикорма для двухлетков и трехлетков карпа в рыбхозе «Новоселки»/В.Н. Столович, А.В. Астренков, Л.С. Дударенко// Сб. науч. тр. / РУП «Ин-т рыбного хозяйства НАН Беларуси». Минск, 2006. Вып. 22: Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. С. 208-212.
- 7. Астренков, А.В. Использование малокомпонентных комбикормов при кормлении двухлетка карпа/А.В. Астренков// Сб. науч. тр. / РУП «Ин-т рыбного хозяйства» РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству». –Минск, 2007. Вып. 23: Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. С. 60-66.
- 8. Астренков, А.В. Низкобелковые корма для карпа/ А.В. Астренков, В.Н. Столович //Рациональное использование пресноводных экосистем перспективное направление реализации национального проекта «Развитие АПК»: междунар. научно-практическая коференция, Москва, 17-19 декабря 2007г. / ВНИИРХ; редкол.: Г.Е. Серветник [и др]. Москва, 2007. С. 127-129.
- 9. Астренков, А.В. Использование малокомпонентных комбикормов при выращивании карпа/ А.В. Астренков [и др] //Стратегия развития аквакультуры в современных условиях: междунар. научно-практическая коференция, Минск, 11-15 августа 2008г. / РУП «Ин-т рыбного хозяйства» РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»; редкол.: М.М. Радько [и др]. Минск, 2008. С. 39-45.
- 10. Желтов, Ю.А. Рациональное кормление карповых в аквакультуре/ Ю.А.Желтов. Киев: Фирма «ИНКОС», 2008.-408c.

УДК 633.88:522.949:631.8(476.6)

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 8.05. 2009

УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ПУСТЫРНИКА ПЯТИЛОПАСТНОГО В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОЙ ХИМИЗАЦИИ

С.А. Тарасенко, канд. с.-х. наук, доцент, О.А. Белоус, соискатель (УО ГГАУ)

Аннотация

Пустырник пятилопастный (Leonurus quinquelobatus Gilib) — многолетнее лекарственное растение, максимальная урожайность которого наблюдается в первый год вегетации. Наиболее эффективный способ повышения урожайности лекарственного сырья — применение средств химизации (навоз $80 \text{ m/га} + N_{90}P_{60}K_{90} + \text{стимуляторы роста растений эпин и гидрогумат}), обеспечивающих прибавку урожая <math>33,0-37,1$ ц/га (68-76% к контролю) за три года вегетации. Использование средств химизации позволяет повысить качество лекарственного сырья. Содержание экстрактивных веществ увеличивается в 1,2-1,5, дубильных веществ — в 1,1-1,4, гликозидов — в 1,6-2,9 раза. Наибольший прирост показателей качества отмечается в первый год вегетации непосредственно после внесения удобрений и стимуляторов роста растений.

Введение

Пустырник пятилопастный (Leonurus quinquelobatus Gilib) является одним из важнейших лекарственных растений, сырье которого широко используется в фармацевтике для промышленной переработки и приготовления лекарственных препаратов, оказывающих мягкое успокаивающее действие на периферическую нервную систему. Они используются при лечении сердечно-сосудистых неврозов, кардиосклероза, кардиодистрофии и других заболеваний [1].

В связи с принятием в республике Беларусь Государственной народнохозяйственной программы «Фитопрепараты» [2] предусматривается за годы ее реализации (2005-2010 гг.) довести посевные площади пустырника пятилопастного до 174 гектаров и получить 277 тонн лекарственного сырья, что позволит полностью обеспечить потребности республики в данном виде растениеводческой продукции и исключить ввоз ее из-за рубежа.

Важнейшим элементом современных технологий возделывания лекарственных растений является использование средств химизации — органических, минеральных удобрений и стимуляторов роста растений, применение которых позволяет значительно активизировать продукционный процесс, а в конечном итоге — увеличить урожайность и улучшить качество лекарственного растительного сырья. Выращивание лекарственных растений в культуре при интенсивной химизации позволяет исключить неконтролируемый сбор лекарственного сырья в природных биоценозах и сохранить биологическое разнообразие флоры нашей республики.

Основная часть

Методика исследований

Полевые опыты проводились на опытном поле Гродненского государственного аграрного университета. Схема опыта предусматривала изучение на безнавозном фоне и на двух фонах органических удобрений (40 и 80 т/га) трех уровней минерального питания (низкий — $N_{30}P_{20}K_{30}$, средний — $N_{60}P_{40}K_{60}$ и высокий — $N_{90}P_{60}K_{90}$). На фоне 80 т/га навоза и при высоком уровне NPK дополнительно изучалось действие стимуляторов роста растений — эпина и гидрогумата. Общая площадь делянки составляла 35 м² (3,5х10). Повторность опыта была четырехкратная, что соответствовало требованиям методики полевого опыта [3].

Органические удобрения вносились в виде навоза крупнорогатого скота, минеральные — в виде мочевины, аммофоса и хлористого калия в соответствующих дозах. В исследованиях использовался рассадный метод возделывания, который позволяет получить урожай пустырника пятилопастного в год высадки рассады, а не во второй год после посева, как это предусмотрено обычной технологией. Схема посадки рассады — 70х25 см. Общее количество растений на гектаре — 57,1 тыс. штук. После высадки рассады в поле растения обрабатывали стимуляторами роста (эпин — 100 мл/га, гидрогумат — 2 л/га) в виде рабочего раствора — 200 л/га [4].

Уборка урожая проводилась вручную поделяночно с последующим взвешиванием биологической массы. Верхушки цветущего растения длиной до 40 см при толщине стебля не более 4 мм срезались в начале цветения, что и представляет собой лекарственное сырье данного растения [5]. В растительных образцах с применением соответствующих методик [6]



Таблица 1. Влияние средств химизации на урожайность пустырника пятилопастного (2003-2006 гг.)

Вариант опыта	1-й год	2-й год	3-й год	Е	3 сумме за 3	года
Бариант Опыта	1-и год	2-и год	3-и год	1	2	3
1. Контроль	17,0	16,4	15,4	48,8	-	-
2. N ₃₀ P ₂₀ K ₃₀	20,2	17,1	17,6	54,9	6,1	13
3. N ₆₀ P ₄₀ K ₆₀	23,2	18,7	18,1	60,0	11,2	23
4. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	25,6	18,5	19,3	63,4	14,6	30
5. Навоз – 40 т/га (фон 1)	20,0	20,2	18,5	58,7	9,9	20
6. Фон 1+ N ₃₀ P ₂₀ K ₃₀	24,1	22,6	20,4	67,1	18,3	38
7. Фон 1+ N ₆₀ P ₄₀ K ₆₀	25,4	24,1	21,8	71,3	22,5	46
8. Фон 1+ N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	25,9	25,5	23,3	74,7	25,9	53
9. Навоз – 80 т/га (фон 2)	20,5	22,7	19,2	62,4	13,6	28
10. Фон 2 + N ₃₀ P ₂₀ K ₃₀	24,6	25,3	22,9	72,8	24,0	49
11. Фон 2 + N ₆₀ P ₄₀ K ₆₀	26,7	26,5	23,5	76,7	27,9	57
12. Фон 2 + N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	26,8	26,5	24,0	77,3	28,5	58
13. Фон 2 + N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + эпин	33,9	27,8	24,2	85,9	37,1	76
14. Фон 2+N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + гидрогумат	30,4	27,0	24,4	81,8	33,0	68
HCP ₀₅	1,16	1,28	1,22			

определяли экстрактивность, содержание дубильных веществ и сердечных гликозидов.

В связи с тем, что пустырник пятилопастный является многолетней лекарственной культурой, опыт был развернут в трех полях (2003 – 2006 гг.). В исследованиях обобщены трехлетние данные с пустырником пятилопастным первого года вегетации (2003, 2004, 2006 гг.) и двухлетние – с пустырником второго (2004, 2005 гг.) и третьего (2005, 2006 гг.) года вегетации.

Результаты исследований и их обсуждение

Пустырник пятилопастный — многолетнее растение, позволяющее получать лекарственное сырье несколько лет (3-4 года) на одной плантации. В исследованиях установлено, что максимальная урожайность этой культуры отмечается в первый год вегетации (17,0-33,9 ц/га), непосредственно после внесения средств химизации (табл.1). По мере биологического старения растений урожайность снижалась: во второй год вегетации — на 0,6-7,1, в третий — на 1,3-9,7 ц/га.

Используемые средства химизации являются эффективным приемом повышения урожайности пустырника пятилопастного. В сумме за 3 года вегетации прибавка от удобрений и стимуляторов роста составила 6,1-37,1 ц/га или 13-76% к контрольному варианту. Максимальная прибавка получена там, где растения пустырника в полной мере были обеспечены необходимыми питательными элементами различной степени доступности (навоз 80 т/га + $N_{90}P_{60}K_{90}$) с дополнительной обработкой рассады стимуляторами роста эпином и гидрогуматом (вар. 13,14).

Высокая эффективность удобрений обуславливается тем, что пустырник пятилопастный введен в культуру относительно недавно, и в его геноме сохранилась информация о невысоком уровне обеспеченности пита-

тельными элементами природных биоценозов, где они произрастали. Поэтому улучшение условий питания за счет удобрений отзывается значительным ростом продуктивности этой культуры. В то же время товарная часть урожая — цветущие побеги пустырника содержит большое количество питательных элементов, характеризуется значительным хозяйственным выносом и требует большого количества элементов минерального питания для компенсации этого выноса.

Положительное влияние стимуляторов роста связано с их антистрессовой направленностью. При высадке рассады пустырника они обеспечивают ее высокую приживаемость и сокращают период адаптации рассады к условиям открытого грунта, что и обуславливает рост урожайности на соответствующих вариантах.

Анализируя структуру общей урожайности по годам, отметим, что одни минеральные удобрения лучше действовали в первый год вегетации. Прибавка в этом случае достигала 52-59%. Во второй год — 11-21, в третий — 27-36% от суммы за 3 года возделывания. Действие органических удобрений (40 и 80 т/га навоза) по годам было более выровненное — 26-30, 38-46, 28-31% соответственно. Совместно внесенные органические и минеральные удобрения (навоз — 40 т/га + N30-90P20-60K30-90) и навоз — 80 т/га + N30-90P20-60K30-90) обеспечивали структуру прибавки в первый год на 32-38, во второй на 34-37 и в третий — на 27-31%.

Таким образом, складывается впечатление, что минеральные удобрения, кроме прямого действия, обладают и последействием, обеспечивая прирост урожайности во второй и третий год вегетации растений. Но это влияние обуславливается тем, что пустырник – многолетняя культура и обеспеченность элементами минерального питания в год внесения удобрений и высадки рассады проявляется в более интенсивном

			<i>7</i> 1 1 1101 0 114	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	0 (2002	2 000 11.	,		
Номер	1-й	год вегета	ции	2-й	год вегета	ции	3-й	год вегета	ции
варианта	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	23,2	3,26	1,36	21,2	2,51	0,93	18,8	2,42	0,59
2	24,5	3,45	1,90	22,4	2,61	1,09	20,0	2,73	0,71
3	24,3	3,67	2,53	23,4	2,80	1,17	20,1	2,76	0,75
4	24,6	3,83	2,51	23,4	2,66	1,26	21,4	2,82	0,87
5	28,4	3,57	2,23	23,4	2,68	1,50	20,9	2,50	0,99
6	29,7	3,99	2,29	24,7	2,82	1,45	21,4	2,75	1,16
7	30,5	4,32	2,48	26,2	2,92	1,69	22,3	2,82	1,20
8	31,3	4,58	2,59	25,5	2,90	1,75	23,3	2,70	1,26
9	34,1	3,92	2,37	26,3	2,94	1,87	23,3	2,59	1,48
10	34,1	4,21	2,57	26,9	3,05	2,04	24,3	2,80	1,56
11	35,3	4,43	2,76	27,3	3,15	2,07	24,6	2,83	1,60
12	35,4	4,58	2,88	28,0	3,21	2,16	25,8	2,92	1,63
13	36,6	4,70	2,96	29,4	3,38	2,26	27,0	3,04	1,81
14	36,7	4,58	2,88	28,9	3,37	2,23	26,2	2,97	1,79
HCP ₀₅	2,2	0,26	0,2	1,2	0,12	0,05	0,9	0,10	0,04
	опыта соа	еласно таб	бл. 1: 1 — эк	страктивн	ость: 2 – д	убильные е	вещества:	3 – гликози	іды.

Таблица 2. Качество лекарственного растительного сырья пустырника пятилопастного, % (2003 – 2006 гг.)

росте и развитии (особенно корневой системы). У растений данного вида во второй и третий год вегетации рост надземной части возобновляется за счет корневой системы, степень развития которой была, конечно, лучше на вариантах с первоначальным внесением минеральных удобрений.

Производство лекарственного растительного сырья пустырника пятилопастного предусматривает определение основных показателей качества. Одним из важнейших является содержание экстрактивных веществ. Это масса сухого остатка, полученная после упаривания вытяжки из лекарственного сырья на основе определенного растворителя. В данном случае это 70-ти процентный этиловый спирт. По требованиям фармакопеи для пустырника пятилопастного экстрактивность должна составлять не менее 15% [6].

В исследованиях отмечена высокая экстрактивность лекарственного сырья (табл. 2). Причем наиболее качественное сырье было получено в первый год вегетации пустырника. Экстрактивность составила 23,2-36,7, во второй год – 21,2-29,4 и в третий – 18,8-27,0%, что соответственно в 1,5-2,4, в 1,4-2,0 и в 1,3-1,8 раза выше требований фармакопеи. Как видно из представленных данных, чем позднее от времени внесения средств химизации возделывается пустырник, тем ниже этот показатель.

Использование средств химизации является мощным фактором повышения не только урожайности лекарственных растений, но и качества продукции. Минеральные удобрения в возрастающих дозах повышают экстрактивность в первый год вегетации на 1,1-1,4, во второй год — на 1,2-2,2, в третий — на 1,2-2,6%. Применение органических удобрений — 40 и 80 т/га навоза приводит к росту изучаемого показателя в первый год на 5,2 и 10,9%, во второй год — на 2,2 и 5,1% и в третий — на 2,1 и 4,5%.

Существенное влияние на экстрактивность оказывает совместное применение органических и минеральных удобрений (навоз 80 т/га + $N_{30-90}P_{20-60}K_{30-90}$). Приросты экстрактивных веществ в 1-й, 2-й и 3-й годы вегетации растений составили 10,9-12,2; 5,7-6,8; 5,5-7,0%, а при дополнительной обработке стимуляторами роста – 13,4-13,5; 7,7-8,2; 7,4-8,2%.

Фармацевтическая ценность лекарственного растительного сырья пустырника пятилопастного определяется в том числе и наличием дубильных веществ. Они представляют собой довольно неоднородную группу соединений, широко распространенных в растительном мире. Обладают терпким, сильновяжущим вкусом и образуют с белками нерастворимые комплексы. Чаще всего эти вещества содержатся в коре корней, в стеблях и листьях травянистых растений, в оболочке плодов и побегах.

В исследованиях установлено, что содержание дубильных веществ в лекарственном растительном сырье пустырника наиболее высокое в первый год вегетации растений. По мере старения растений содержание дубильных веществ снижается. Во второй год их количество уменьшилось на 0,75-1,68 %, в третий – на 0,72-1,88%.

Повышение уровня минерального питания (N_{30} -90Р $_{20-60}$ К $_{30-90}$) приводило к росту содержания дубильных веществ на 0,19-0,57 в первый, на 0,10-0,29 во второй и на 0,31-0,40% в третий год вегетации. Органические удобрения (навоз — 40 и 80 т/га) увеличивали количество дубильных веществ соответственно на 0,31 и 0,66, на 0,17 и 0,43, на 0,08 и 0,17%.

Совместное использование органических и минеральных удобрений (навоз $-80\,\mathrm{T/ra} + N_{30.90}P_{20.60}K_{30.90}$) приводило к росту изучаемого показателя на 0.95-1.32, на $0.54-0.70\,\mathrm{u}$ на 0.38-0.50% в первый, второй и



третий год вегетации соответственно. Стимуляторы роста растений увеличивали содержание дубильных веществ на 0,05-0,17%.

Гликозиды относятся к стероидным соединениям и содержатся в различных органах растений, но, как правило, их больше в верхушечных листьях и цветках, в том числе и в верхней части цветущего побега пустырника пятилопастного. Чем больше концентрация гликозидов, тем выше качество сырья, однако минимальное их количество не нормируется.

В исследованиях отмечено достаточно высокое содержание гликозидов в лекарственном растительном сырье. Наибольшее их количество было получено в первый год вегетации пустырника — 1,36-2,96%. Во второй год — 0,93-2,26 и в третий — 0,59-1,81%. По мере старения растений пустырника количество этих физиологически активных веществ уменьшается, и качество сырья снижается. Так, на контрольном варианте, где удобрения не вносились, содержание гликозидов во второй год уменьшилось на 32, в третий год — на 57% в сравнении с первым годом вегетации.

Применение минеральных удобрений в возрастающих дозах повышало количество гликозидов на 0,54-1,17; 0,16-0,33; 0,12-0,28% соответственно в первый, второй и третий годы, но не смогло остановить падение содержания этих веществ по годам вегетации.

Органические удобрения обладают последействием в отношении качества лекарственной растительной продукции. Они оказывают большое влияние на накопление гликозидов при многолетнем возделывании пустырника пятилопастного. В связи с чем на этих вариантах (40 и 80 т/га навоза) прирост содержания изучаемых веществ составил в первый год 0,87 и 1,01, во второй – 0,57 и 0,94, в третий – 0,40 и 0,89%. Однако на данных вариантах также отмечается падение качества сырья пустырника с возрастом, так как органические удобрения не в состоянии остановить естественные процессы старения растений пустырника.

Не обладает такой особенностью и совместное применение удобрений и стимуляторов роста. На этих вариантах также отмечено снижение количества гликозидов по годам исследований, хотя эти средства химизации и обеспечили максимальный прирост по сравнению с контролем. В первый год вегетации на 1,52-1,60, во второй на 1,30-1,33 и в третий – на 1,20-1,22%.

Выводы

1. Пустырник пятилопастный, как многолетнее лекарственное растение, при возделывании в культуре в течение 3 лет обеспечивает максимальную продук-

тивность в первый год вегетации. По мере старения растений урожайность лекарственного растительного сырья снижается. Средства химизации являются важнейшим фактором повышения урожайности. Наиболее эффективный прием — совместное применение навоза $80\ \text{т/га},\ N_{90}P_{60}K_{90}$ с дополнительной обработкой рассады стимуляторами роста эпином и гидрогуматом, что обеспечивает прибавку в сумме за $3\ \text{года}\ 33,0-37,1\ \text{п/га}\ (68-76\%\ к\ контролю)$. Использование одних минеральных или органических удобрений, так же как и их совместное внесение без стимуляторов роста растений, имеет меньшую эффективность.

2. Применение средств химизации при возделывании пустырника пятилопастного позволяет значительно повысить качество лекарственного растительного сырья. Содержание экстрактивных веществ увеличивается в 1,2-1,5, дубильных веществ — в 1,1-1,4, гликозидов — в 1,6-2,9 раза. Наибольший прирост показателей наблюдается в первый год вегетации. По мере старения растений пустырника пятилопастного качество лекарственного растительного сырья снижается. Средства химизации, формирующие максимальную урожайность лекарственного растительного сырья, обеспечивают и его наилучшее качество.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Горбунова, Т.А. Лечение растениями: рецептурный справочник / Т.А. Горбунова. М.: Аргументы и факты, 1996. 289 с.
- 2. Государственная народно-хозяйственная программа развития сырьевой базы и переработки лекарственных и пряно-ароматических растений на 2005-2010 гг. «Фитопрепараты»: постан. Совета Министров РБ от 5 июля 2005 г. № 749. 35 с.
- 3. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А.Доспехов. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
- 4. Рекомендации для колхозов, совхозов и фермерских хозяйств // Применение регуляторов роста растений при возделывании основных сельскохозяйственных культур. Горки, 2002. 28 с.
- 5. Методика проведения на ООС по пустырнику сердечному //Офиц. Бюл. Гос.комис. РФ по испытанию и охране селекц. достижений, 2002. № 3. С. 234-240.
- 6. Государственная фармакопея СССР / Общие методы анализа// Лекарственное растительное сырье: вып. 2, изд. 11. М.: 1989. 317 с.

Энергетика Транспорт

УДК 621.313.333.017

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 14.01.2009

НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАЩИТЫ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

В.В. Гурин, канд. техн. наук, доцент, П.А. Равинский, аспирант (УО БГАТУ)

Аннотация

В статье указаны преимущества и недостатки температурных защит, проанализированы пути совершенствования и определена требуемая постоянная времени нагревания термодетекторов из условия защиты обмоток электродвигателей в стопорном режиме с горячего состояния.

Введение

Эксплуатационная надежность асинхронных электродвигателей в сельскохозяйственном производстве республики Беларусь остается низкой. Одной из причин этого является отсутствие в хозяйствах комплексных универсальных защит электродвигателей. До сих пор основным аппаратом защиты электродвигателей является электротепловое токовое реле. Их широкое применение объясняется не тем, что они лучше других устройств, а тем, что они дешевле комплексных универсальных защит и поставляются совместно с электромагнитными пускателями. Недостатки электротепловых токовых реле известны. Это недостаточная стабильность характеристик во времени, разброс параметров срабатывания даже новых реле, недостаточная коррозионная стойкость, недостаточная устойчивость к токам КЗ, неудовлетворительная надежность отключения в стопорном режиме двигателя [1, с. 19], малый диапазон регулирования уставки реле по току, что требует наличия в хозяйствах большого числа типоразмеров электротепловых реле. Например, для электродвигателей до 4 кВт требуется 17 типоразмеров реле РТТ-1, а до 30 кВт – 27 типоразмеров. Если же использовать комплексные универсальные токовые устройства защиты, то их требуется 2-3 типоразмера, а температурной защиты - 1 типоразмер для всех электродвигателей. Вот почему мы обращаемся сегодня к температурным защитам, чтобы выявить их недостатки, показать пути их совершенствования и, в конце концов, разработать новое поколение температурных защит.

Основная часть

Опыт эксплуатации устройств встроенной температурной защиты (УВТЗ) в сельском хозяйстве выявил их недостатки:

- 1) запаздывание срабатывания УВТЗ в стопорном аварийном режиме в связи с большой постоянной времени нагревания позисторов [2, с. 42];
- 2) в проводах подключения позисторов наводится паразитная ЭДС, что приводит к ложным срабатываниям защиты [3, с. 20];
- 3) для подключения УВТЗ необходимы дополнительные монтажные работы, связанные с прокладкой

двух проводов от термодетекторов к устройству защиты. По этой причине температурные защиты во многих хозяйствах не используются [4, с. 42];

- 4) устройство не имеет регулировки температуры срабатывания, поэтому всегда при перегрузке отключает электродвигатель при температурах, выше допустимых. Допустимая температура нагревания обмотки при номинальном токе имеет место только при температуре окружающей среды +40 °C. При меньших температурах окружающей среды и номинальном токе температура нагревания обмотки меньше допустимой на 20-30°C, но и в этом случае, не имея регулировки температуры срабатывания, устройство все равно отключает обмотку при температурах выше допустимых, хотя имелась возможность отключить электродвигатель раньше, не перегревая изоляцию. Вот почему нужна автоматическая регулировка температуры срабатывания защиты, зависящая от окружающей температуры;
- 5) устройство не имеет предупредительной сигнализации, которая позволила бы оператору уменьшить нагрузку на валу электродвигателя и избежать его отключения.

Развитие температурных защит направлено на устранение отмеченных недостатков.

Первое направление совершенствования температурной защиты связано с устранением запаздывания срабатывания в стопорном режиме. Оно реализуется следующими путями:

- а) использованием термодетекторов с достаточно малой постоянной времени нагревания, при которых устройство защиты успевает срабатывать в стопорном режиме. Авторы предлагают использовать для этого термопары [5, с. 28-32];
- б) контролем не только температуры обмотки, но и скорости изменения температуры, при этом обеспечивается упреждающее отключение защиты. Этими исследованиями занимался К.А. Шаповал в НИПТИМЭСХ Северо-Запада в 60-х годах;
- в) подогревом, например, позистора при перегрузке током, пропорциональным току электродвигателя, отчего происходит ускоренное срабатывание защиты [6, с. 3-12], [7].

Второе направление совершенствования связано с устранением ЭДС, наводимой в проводах связи

от термодетекторов к блоку температурной защиты. Известны пути устранения этого недостатка:

- а) прокладка "витой пары" или двух проводов, отделенных от проводов силовой сети [4, с. 43];
- б) блок температурной защиты встраивать в коробку выводов, а к электромагнитному пускателю тянуть два провода совместно с проводами силовой сети [8, с. 5].

Авторы предлагают не прокладывать провода от термодетектора к устройству защиты, а использовать беспроводные средства связи или организовать передачу сигналов по проводам силовой сети. В этом направлении требуются дальнейшие научные исследования.

Третье направление совершенствования температурной защиты связано с устройством: 1) регулировки температуры срабатывания; 2) предупредительной сигнализации; 3) автоматического изменения уставки срабатывания от температуры окружающего воздуха. Это направление не могло быть реализовано в устройствах УВТЗ, имеющих термодетекторы (позисторы) с релейной характеристикой. Оно требует дальнейших научных исследований.

Четвертое направление совершенствования температурных защит связано с приданием температурной защите дополнительных функций предпускового контроля электрической сети и сопротивления изоляции обмоток двигателя. Включение любого электродвигателя в сеть должно производиться только после контроля наличия всех фаз сети, правильности чередования фаз, а также при исправной изоляции обмоток. Следовательно, устройство температурной защиты должно иметь дополнительные блоки, контролирующие эти параметры.

Таким образом, устройство температурной защиты нового поколения должно быть комплексным (контролировать температуру обмотки, температуру окружающей среды, наличие напряжений трех фаз и сопротивление обмотки перед пуском двигателя). Для повышения электробезопасности эксплуатации двигателя оно может быть снабжено блоком контроля тока утечки. Такое комплексное устройство температурной защиты рационально строить на цифровой обработке сигналов и поэтому оно должно быть микропроцессорным.

С какими термодетекторами должна быть температурная защита нового поколения? Для ответа на этот вопрос мы должны сначала выяснить, какую постоянную времени нагрева должны иметь термодетекторы для температурных защит. Авторами предлагается следующая методика определения требуемой постоянной времени нагрева термодетекторов для температурных защит.

Примем начальными условиями наихудший вариант нагрева обмотки: 1) температура окружающего воздуха $\Theta_{o\kappa p.cp} = +40$ °C; 2) обмотка обтекается номинальным током, и, следовательно, в установившемся режиме нагрев изоляции достиг номинального значения Θ_{hom} , которое равно допустимому средне-

му значению $\Theta_{oon.cp.}$ из табл. 1 в зависимости от класса нагревостойкости изоляции; 3) произошло заклинивание рабочей машины и электродвигатель, включенный в сеть, оказался в режиме заторможенного ротора (в стопорном режиме).

Таблица 1. Значения допустимых температур нагрева изоляции электродвигателей [9]

Тепловой режим	Температура	Значения ратуры (классов ктойк	°С), для нагрево-
		В	F
	Предельно допустимая (максимальное значение) Өдөп. макс.	130	155
Устано- вившийся	Предельно допустимая (среднее значение, определяемое методом сопротивления) $\Theta_{\text{доп. ср.}}$	120	140

Нагрев обмотки в режиме заторможенного ротора происходит по линейной зависимости [2, с. 40]. Можно записать

$$\Theta = \Theta_{HOM} + \mathcal{G}_{\theta} \cdot t , \qquad (1)$$

где Θ_{hom} - номинальная температура обмотки в установившемся номинальном режиме нагрузки, °C. При $\Theta_{o\kappa p.cp}$ =40 °C имеем:

$$\Theta_{HOM}^{T} = \Theta_{\partial on.cp.}$$
 (табл. 1);

 \mathcal{G}_{α} – скорость роста температуры, °С/с;

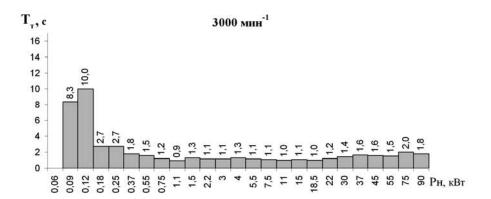
t – время, с.

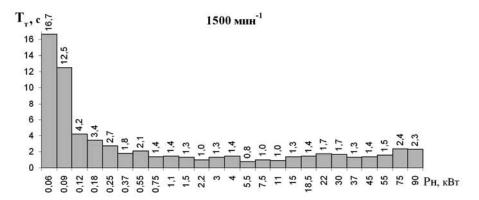
Примем конечной температурой нагрева обмотки в этом режиме за допустимое время нагрева $t_{\partial on}$ температуру $\Theta_{\partial on.cmon}$ из табл. 2 для соответствующего класса нагревостойкости обмотки. Тогда допустимое время нагрева определяется выражением

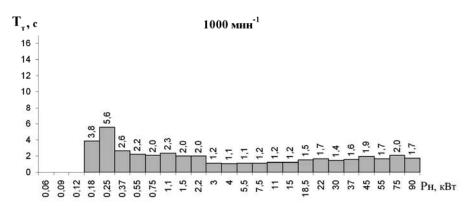
$$t_{\partial on} = \frac{\Theta_{\partial on.cmon} - \Theta_{\partial on.cp.}}{9_{Q}}$$
 (2)

Таблица 2. Температура обмотки при срабатывании температурной зашиты

	emineput j piion	эшци гы	
Режим	Обозначение температуры	Температур °С при сраб защит для нагревос В	батывании я классов
Стопорный	Өдөп. стоп.	200	225
Перегрузки	Өдөп, пер.	145	170







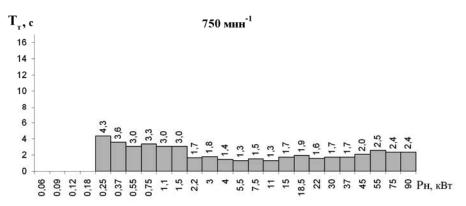


Рисунок 1. Требуемая постоянная времени нагрева термодетекторов в устройствах температурной защиты для различных по номинальной мощности электродвигателей и различной синхронной частоте вращения



Температура термодетктора $\Theta_{\!T}$ будет расти в

начальный момент по экспоненте, а после времени t, равном четырем постоянным времени связи, т. е. $t=4T_{C}$ – прямолинейно, с постоянным отставанием на одинаковую величину от температуры обмотки [2, с. 39]

$$\Theta_{\partial on.cmon} - \Theta_T = \mathcal{G}_\theta \, 4T_C \,, \tag{3}$$

где $T_{\mathcal{C}}$ – постоянная времени связи термодетектора с обмоткой, с;

$$\Theta_{\!\scriptscriptstyle T}$$
 – температура термодетектора, °С.

Из уравнения (3) следует, что чем меньше постоянная времени связи $T_{\mathcal{C}}$ термодетектора с обмоткой, тем ближе температура обмотки и термодетектора в момент срабатывания защиты. Наибольшая допустимая постоянная времени связи соответствует условию:

$$T_C \le \frac{t_{\partial ON}}{4} \,. \tag{4}$$

Постоянная времени связи термодетектора с обмоткой пропорциональна постоянной времени нагрева термодетектора и зависит от теплового сопротивления между защищаемой обмоткой и термодететкором. Например, в [9, табл. 9.33, с. 348] приведены данные о том, что малогабаритные позисторы типа PTM-M-KOPORS фирмы Siemens имеют постоянную времени нагрева $T_T = 3$ с. Будучи заложенными в обмотку из эмалированных проводов круглого сечения диаметром около 1мм, они обеспечивали постоянную времени связи позисторов с обмоткой $T_{C} = 4 - 5$ с, а в обмотке с проводами прямоугольного сечения $T_C = 5 - 7$ с. Таким образом, в реальных условиях, с обмоткой, постоянная времени нагрева термодетектора должна быть примерно в 2 раза меньше постоянной времени связи термодетектора с обмоткой. При этих условиях постоянная времени нагрева термодетектора $T_{\scriptscriptstyle T}$ должна составлять:

$$T_T = \frac{T_C}{2} \le \frac{t_{\partial ON}}{8} \,. \tag{5}$$

По формуле (2) сначала определялось допустимое время нагрева в стопорном режиме, а потом по формуле (5) — постоянная времени нагрева термодетектора. Результаты расчетов постоянной времени нагрева термодетектора представлены на рис. 1.

Из рис. 1 следует, что при $n_0 = 3000 \ \text{мин}^{-1}$ требуемые наименьшие постоянные времени нагрева термодетекторов соответствуют диапазону мощностей 0,75...22 кВт, при $n_0 = 1500 \ \text{мин}^{-1}$ – в диапазоне мощностей 0,75...18 кВт, при $n_0 = 1000 \ \text{мин}^{-1}$ – 3...15 кВт, а при $n_0 = 750 \ \text{мин}^{-1}$ – 2,2...15 кВт. Именно эти электродвигатели средних и малых мощностей наиболее распространены в сельскохозяйственном производстве. Наименьшее значение постоянной времени нагрева термодетектора $T_{\tau} = 0.8 \ \text{c}$ требуется для электродвигателя $P_{\tau} = 5.5 \ \text{кВт}$ при $n_0 = 1500 \ \text{мин}^{-1}$.

Заключение

Направления совершенствования температурных защит следующие:

- 1) использовать термодетекторы с постоянной времени нагрева менее 0,8 с, например, термопары;
- 2) отказаться от проводников связи термодетектора с блоком усиления, используя беспроводные средства связи или передачу сигналов по проводам силовой сети;
- 3) ввести в температурную защиту регулировку температуры срабатывания, предупредительную сигнализацию, автоматическое изменение уставки срабатывания от температуры окружающего воздуха;
- 4) дополнить температурную защиту блоками предпускового контроля наличия напряжения фаз сети, контроля сопротивления изоляции и контроля тока утечки;
- 5) строить комплексную температурную защиту на базе микропроцессора.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Грундулис, А.О. Защита электродвигателей в сельском хозяйстве / О.А. Грундулис. Москва: Колос, 1982. 104с.
- 2. Тубис, Я.Б. Температурная защита асинхронных двигателей в сельско-хозяйственном производстве / Я.Б. Тубис, Г.К. Белов. Москва: Энергия, 1977 104с.
- 3. Данилов, В.Н. О паразитных ЭДС в проводах подключения термодатчиков к температурной защите электродвигателей / В.Н. Данилов, С.В. Оськин // Повышение надежности работы электроустановок в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. Челябинск. 1986. С. 19-24.
- 4. Кунин, Р.З. Применение встроенной температурной защиты / Р.З. Кунин // Механизация и электрификация соц. с. хо-ва. 1980. №10. —С. 42-43.
- 5. Гурин, В.В. Быстродействующая температурная защита асинхронного электродвигателя / В.В. Гурин, Е.В. Лавцевич, П.А. Равинский // Агропанорама. №2. 2008. С. 28-32.
- 6. Сыч, И.П. Направления совершенствования тепловой защиты электродвигателей / И.П. Сыч // Механизация и электрификация сельского хозяйства. -1985.-N012. -C.3-12.
- 7. Устройство для тепловой защиты трехфазного электродвигателя: а.с. 1408490 СССР, МКИ Н 02 Н 5/04 / А.А. Гелейша, В.В. Гурин; БИМСХ. №4207653; заявл. 10.03.87; опубл. 07.07.88 // Открытия. Изобрет. 1998. №25. С.28.
- 8. Данилов, В.Н. Повышение эксплуатационной надежности электродвигателей в сельскохозяйственном производстве электронными средствами защиты: автореф. ... дис. докт. тех. наук: 05.20.02 / В.Н. Данилов. Челябинск. 1991. 36с.
- 9. Унифицированная серия асинхронных электродвигателей Итерэлектро / В.И. Радин и [др.]; под ред. В.И. Радина. Москва: Энергоатомиздат, 1990. 416с.

Ресурсосбережение Экология

УДК 621.577: 664.723

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 16.03.2009

К ВОПРОСУ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В КОНВЕКТИВНЫХ ЗЕРНОСУШИЛКАХ

А.Г. Цубанов, канд. техн. наук, доцент, А.Л.Синяков, канд. техн. наук, доцент, И.А. Цубанов, ст. преподаватель (УО БГАТУ)

Аннотация

Определены условия и возможности энергосбережения в конвективных зерносушилках при использовании тепловых насосов для осущения воздуха.

Введение

Сушка сельскохозяйственной продукции относится к энергоемким технологическим процессам и характеризуется большими потерями теплоты с отработавшим сушильным агентом, которые могут достигать 60% и более от теплоты, затрачиваемой при сушке.

Решение задач энергосбережения в конвективных зерносушилках неразрывно связано с утилизацией теплоты отработавшего сушильного агента. Некоторые сведения по применению тепловых насосов с этой целью приведены в литературе [1, 2, 3] и носят в основном описательный характер.

Рассмотрим использование парокомпрессионного теплового насоса (ТН) в зерносушилках по схеме с осущением воздуха без дополнительного его нагрева в условиях низкотемпературной сушки семенного зерна, семян трав и др. культур (рис. 1). Температура

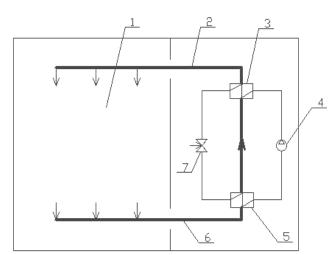


Рисунок 1. Принципиальная схема применения ТН в зерносушилке

сушильного агента не превышает 70 °С.

Сушильным агентом является воздух, который циркулирует по замкнутому контуру через сушильную камеру 1 при помощи каналов 2 и 6.

Воздух увлажняется при сушке влажного продукта в сушильной камере 1, осущается с выпадением

конденсата при охлаждении в испарителе 5 и нагревается в конденсаторе 3 до заданной температуры.

При нагреве воздуха в конденсаторе используется теплота, переданная в испарителе рабочему веществу (хладону) от охлаждаемого воздуха, а также теплота, эквивалентная затратам энергии на привод компрессора.

Для сжатия рабочего вещества (хладона) в ТН установлен компрессор 4, а для понижения его давления и температуры — терморегулирующий вентиль (регулятор давления) 7.

Целью исследований является определение условий и возможностей энергосбережения в конвективных зерносушилках при использовании ТН для осущения воздуха.

Основная часть

Процессы изменения состояния воздуха в сушильной установке с тепловым насосом как воздухоосушителем показаны на рис.2.

Процесс охлаждения изображен согласно правилу прямой линии, которое характеризует тепло- и массообмен между влажным воздухом и поверхностью испарителя, на которой выпадает конденсат из воздуха [4].

На диаграмме приняты обозначения:

- параметров воздуха: d влагосодержание, г/кг; h энтальпия, кДж/кг; ϕ относительная влажность, %; t температура, °C;
- характерных точек состояний воздуха: 1 при поступлении в сушильную камеру; 2 – на выходе сушильной камеры; 3 – на выходе испарителя.

Индексы при параметрах означают номера характерных точек.

Согласно принятой расчетной схеме воздух полностью пропускается вначале через испаритель, а затем — через конденсатор ТН. Относительная влажность воздуха на выходе испарителя $\phi \cong 100\%$.

Исходными данными к расчету выбраны параметры теплового режима работы конвективной зерносушилки [5]:

– температура сушильного агента на входе и выходе сушильной камеры, соответственно t_1 , °C и t_2 , °C;

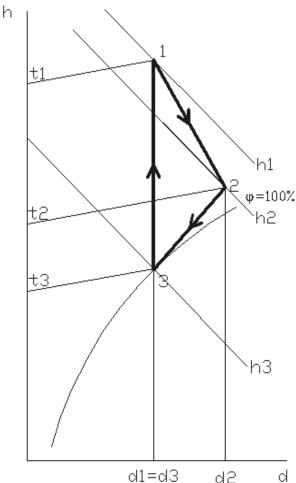


Рисунок 2. Процессы изменения состояния воздуха: 1-2 – процесс увлажнения в сушильной камере; 2-3 – процесс охлаждения и осушения в испарителе; 3-1 – процесс нагрева в конденсаторе

— разность добавлений и расходов теплоты в сушильной камере из расчета на 1кг испаренной из продукта влаги, Δ , кДж/кг;

– температура наружного воздуха t_0 °C.

Расчет потребления теплоты и энергии целесообразно производить с использованием удельных расходов теплоты и энергии, отнесенных к 1 кг влаги, испаренной из влажного продукта в процессе сушки. Такие показатели наглядно характеризуют затраты энергии на сушку и достаточно объективно отражают энергетическую экономичность зерносушилок.

Условия энергосбережения определяются параметрами работы ТН: коэффициентом преобразования μ , разностью температур конденсации и испарения рабочего вещества (хладона) $\delta t_{\rm Th}{}^{\rm o}$ С, и удельными затратами электрической энергии на привод компрессора $l_{\rm km}$, кДж/кг. Знание этих параметров необходимо для анализа работы тепловых насосов и условий их применения в зерносушилках.

Коэффициент преобразования представляет собой отношение теплоты, переданной в конденсаторе нагреваемому воздуху, к энергозатратам на привод компрессора. Он зависит в основном от температур конденсации и испарения и мало зависит от природы рабочего вещества (хладона) [3, 6, 7].

Анализ данных [6, 7] позволил установить зависимость:

$$\mu = 8.13 - 0.088\delta t_{\text{TH}}.\tag{1}$$

Уравнение (1) получено при разности температур $\delta t_{\rm TH}$ в интервале от 30 до 65°С При этом температуры конденсации 40 °C $\leq t_{\rm K} \leq 80$ °С и испарения 5°С $\leq t_{\rm H} \leq 15$ °С. Погрешность уравнения (1) не превышает 7%.

Температуры конденсации и испарения характеризуют условия нагрева воздуха в конденсаторе и его охлаждения в испарителе до требуемых температур.

Температура конденсации должна удовлетворять условию $t_{\rm K} > t_1$, а температура испарения — условию $t_{\rm H} < t_3$. При индексации температур воздуха использована нумерация характерных точек (рис.2).

Для расчета разности температур конденсации и испарения следует пользоваться формулой:

$$\delta t_{\rm TH} = t_1 - t_3 + \delta t_1 + \delta t_2 \,, \tag{2}$$

где δt_1 и δt_2 - наименьшие температурные напоры в конденсаторе и испарителе, их значения допустимо принимать в пределах от 5 до $10\,^{\rm o}$ C.

При этом
$$\delta t_1 = t_{\rm K} - t_1$$
, а $\delta t_2 = t_3 - t_{\rm H}$.

В случае применения ТН для осушения воздуха в зерносушилках удельные затраты энергии на привод компрессора определяются внутренним тепловым балансом сушильной камеры и оказываются равными разности добавлений и расходов теплоты в сушильной камере:

$$l_{\rm KM} = -\Delta. \tag{3}$$

Конвективные зерносушилки характеризуются значением величины $\Delta < 0$ в связи с большими расходами теплоты на нагрев зерна и семян. Для снижения энергозатрат на работу TH необходимо уменьшить значение величины Δ по модулю путем уменьшения расходов теплоты в сушильной камере.

Коэффициент преобразования при работе ТН в принятых условиях

$$\mu = \frac{(t_1 - t_3)A}{(t_1 - t_2)l_{\text{\tiny KM}}},\tag{4}$$

где A — параметр, характеризующий процесс сушки, кДж/кг.

$$A = 2500 + 1.88t_2 - \Delta. \tag{5}$$

В уравнения (1), (2), (3) и (4) входят неизвестные величины: разность температур $\delta t_{\rm TH}$ коэффициент преобразования μ , удельные затраты энергии на привод компрессора $l_{\rm KM}$ и температура воздуха на выходе испарителя t_3 .

Решая эту систему уравнений, находим:

$$\delta t_{\text{\tiny TH}} = \frac{8.13(t_1 - t_2) + B(\delta t_1 + \delta t_2)}{0.088(t_1 - t_2) + B},$$
 (6)

где параметр $B = -A/\Delta$.



Исходя из вышеизложенного, следует, что параметры работы ТН в рассматриваемых условиях определяются параметрами теплового режима сушки и наименьшими температурными напорами в испарителе и конденсаторе и не могут быть приняты (заданы) произвольно.

Величина $\delta t_{\text{тн}}$ уменьшается при снижении расходов теплоты в сушильной камере и уменьшении разности температур воздуха на входе и выходе сушильной камеры.

Снижение величины $\delta t_{\rm TH}$ при заданной температуре нагрева воздуха приводит к повышению температуры охлажденного воздуха на выходе испарителя и смещению процесса сушки в более влажную область состояний воздуха. Более того, может получиться, что расчетное влагосодержание воздуха на выходе сушильной камеры превышает влагосодержание насыщенного воздуха при заданной температуре t_2 и влажный воздух оказывается в области перенасыщенного состояния (в области тумана).

В таком случае должна существовать минимально допустимая разность температур конденсации и испарения, которую обозначим как $\delta t_{_{\mathrm{TH}}}^{'}$. При разности температур конденсации и испарения меньше этого значения происходит увлажнение воздуха в сушильной камере до недопустимо высокой влажности.

Условия применения ТН в конвективных зерносушилках для осушения воздуха определяются неравенством

$$\delta t_{\text{\tiny TH}} \ge \delta t_{\text{\tiny TH}}^{'}$$
 (7)

С учетом выражения (2) получаем:

$$\delta t'_{\text{\tiny TH}} = t_1 - t'_3 + \delta t_1 + \delta t_2,$$
 (8)

где $t_{3}^{'}$ — максимально допустимая температура воздуха после охлаждения в испарителе, °С.

Такой температуре в точке 3 должна соответствовать максимально допустимая относительная влажность воздуха на выходе сушильной камеры в

точке 2 (рис. 2). Значение этой влажности при сушке зерна и семян не должно превышать 80%.

Для расчета температуры $t_3^{'}$ требуется найти максимально допустимые значения влагосодержания воздуха на выходе сушильной камеры и после испарителя, соответственно $d_2^{'}$ и $d_3^{'}$.

Влагосодержание воздуха, г/кг, при температуре t_2 и относительной влажности $\phi = 80\%$ определяется зависимостью

$$\ln d_2' = 1,296 + 0,059t_2. \tag{9}$$

Влагосодержание воздуха, г/кг, на выходе испарителя

$$d_{3}' = \frac{Ad_{2}' - 1010(t_{1} - t_{2})}{A + 1,88(t_{1} - t_{2})}.$$
 (10)

Температура воздуха на выходе испарителя, $\,^{\circ}$ С, при относительной влажности $\phi \cong 100\%$ рассчитывается по формуле:

$$t_3' = 15,9(\ln d_3' - 1,42).$$
 (11)

Уравнение (9) получено при температуре t_2 в интервале от 20 до 40 °C, а уравнение (11) – при влагосодержании $d_3^{'}$ в пределах от 5 до 50 г/кг. Погрешность уравнений не превышает 1%.

При нахождении формул (9) и (11) использованы табличные данные о параметрах состояния влажного воздуха, а при выводе зависимости (10) – основные закономерности увлажнения воздуха в процессе сушки [5].

Используя равенство $\delta t_{\text{тн}} = \delta t_{\text{тн}}^{'}$ в формуле (6), найдем максимально допустимую разность добавлений и расходов теплоты в сушильной камере Δ' исходя из условия обеспечения допустимой влажности воздуха на выходе сушильной камеры.

Результаты расчета приведены в табл. 1.

Разность температур (t_1-t_2) обозначена как δt . Значения в столбцах под буквой A даны при

Таблица 1. Максимально допустимое значение Δ', кДж/кг

		t_2 , ${}^{\circ}C$									
δt , °C	2	<u>.</u> 5	3	0	3	5	4	.0			
	Α	Б	Α	Б	Α	Б	Α	Б			
10	-1020	-1200	-1000	-1150	-950	-1120	-940	-1120			
15	-1100	-1320	-1040	-1250	-970	-1200	-950	-1150			
20	-1300	-1600	-1160	-1450	-1070	-1300	-1020	-1260			
25	-1560	-1980	-1340	-1700	-1200	-1550	-1140	-1460			
30	-1920	-2550	-1590	-2150	-1410	-1900	-1310	-1760			
35	-2430	-3400	-1970	-2800	-1710	-2450	-1560	-2230			
40	-3180	−4750	-2520	-3950	-2170	-3400	-1940	-3050			



 $(\delta t_1 + \delta t_2) = 12^{\circ}$ С, а в столбцах под буквой Б – при $(\delta t_1 + \delta t_2) = 20^{\circ}$ С.

При расчете энергосбережения в качестве базового варианта принимаем конвективную сушку, при которой для нагрева сушильного агента используется топливо, сжигаемое в топочном устройстве зерносушилки.

Целесообразность применения ТН в конвективных зерносущилках характеризуется относительной экономией теплоты:

$$b = (q_{\tau} - q_{\tau_3})/q_{\tau}, \tag{12}$$

где $q_{_{\mathrm{T}}}$ и $q_{_{\mathrm{T9}}}$ – удельные расходы теплоты при традиционной сушке и при производстве электрической энергии на электростанциях для привода компрессора ТН, кДж/кг.

Удельные расходы теплоты:

$$q_{\rm T} = \frac{A(t_1 - t_0)}{(t_1 - t_2)\eta_{\rm T}},\tag{13}$$

где $\eta_{\scriptscriptstyle {\rm T}}$ – КПД топочного устройства;

$$q_{\mathrm{T3}} = l_{\mathrm{KM}} / (\eta_{\mathrm{e}} \eta_{\mathrm{MI}}), \tag{14}$$

где $\eta_{\rm e}$ и $\eta_{\rm эл}$ – эффективный КПД электростанции и коэффициент потерь энергии в электросетях.

В случае сжигания жидкого или газообразного топлива $\eta_{_{\rm T}}$ =0,95, а при сжигании твердого – $\eta_{_{\rm T}}$ =0,8. Производство и передача электрической энергии характеризуются средними значениями $\eta_{_{\rm C}}$ =0,35 и $\eta_{_{\rm PM}}$ =0,95.

Относительная экономия теплоты определяется удельными затратами энергии на привод компрессора, параметрами теплового режима сушки, а также значениями КПД электростанций и топочных устройств.

Представляется целесообразным рассматривать варианты применения ТН в зерносушилках при условии снижения расходов теплоты не менее чем на 15%.

Используя условие относительной экономии теплоты в приведенном размере, находим на основе формул (3), (12), (13) и (14) минимально допустимое

значение разности добавлений и расходов теплоты в сушильной камере:

$$\Delta'' = -\frac{(2500 + 1,88t_2)C}{1,88 + C},\tag{15}$$

где C — параметр энергосбережения:

$$C = \frac{(t_1 - t_0)\eta_{\rm e}\eta_{\rm 3M}}{(t_1 - t_2)\eta_{\rm T}}.$$

Уравнением (15) следует пользоваться при C<1,18.

Параметр энергосбережения уменьшается при увеличении разности температур сушильного агента на входе и выходе сушильной камеры и при снижении температуры отработавшего сушильного агента в пределе до температуры наружного воздуха. Его уменьшение приводит к снижению энергозатрат при традиционной конвективной сушке и ограничивает возможности энергосбережения при использовании ТН в конвективных зерносушилках.

Показатели расчета минимально допустимого значения величины Δ'' по уравнению (15) даны в табл.2.

Прочерк в таблице означает, что не выполняется условие C < 1,18.

Из вышеизложенных положений следует, что условия и возможности энергосбережения при использовании ТН как осушителей воздуха в конвективных зерносушилках определяются параметрами теплового режима сушки. При этом решающее влияние оказывает разность добавлений и расходов теплоты в сушильной камере. Ее значение должно находиться во вполне определенном пределе, ограниченном минимально и максимально допустимыми значениями:

$$\Delta'' \le \Delta \le \Delta' \tag{16}$$

Условия применения ТН согласно неравенству (16) связаны с тем, что удельные энергозатраты энергии на привод компрессора, определяемые по формуле (3), должны быть достаточны и для нагрева воздуха до заданной температуры без применения дополнительных нагревателей, и для обеспечения энерго-

Таблица 2. Минимально допустимое значение Δ", κДж/кг

δt, °C	t₂, °C							
0 <i>i</i> , C	25	30	35	40				
10	-3700	-7300	-20700	_				
15	-2500	-3750	–5750	–9700				
20	-2050	-2750	-3750	–5150				
25	-1800	-2300	-2950	-3750				
30	-1650	-2050	-2500	-3050				
35	–1550	-1900	-2250	-2650				
40	-1500	-1750	-2050	-2400				



сбережения в требуемых размерах.

Рассматривая вышеприведенные данные, необходимо учесть, что разность добавлений и расходов теплоты в сушильной камере при сушке зерна и семян в конвективных зерносушилках может находиться в пределах от -700 до -2500 кДж/кг.

Анализ данных табл. 1 и 2 позволяет установить, что при разности температур $\delta t = 40$ °C оказывается невозможным применение TH в принятых условиях, а при разности температур δt , равной 30 °C или 35 °C возможности применения TH существенно ограничены.

Методика расчета расходов теплоты и энергосбережения включает следующие этапы:

- составление исходных данных согласно рекомендациям по тепловому режиму сушки и результатам теплового расчета сушильной камеры [5];
- рассмотрение возможности использования ТН в конвективной зерносушилке, основываясь на неравенстве (16);
- расчет основных параметров работы ТН и температуры воздуха на выходе испарителя по уравнениям (1), (2), (3), (4) и (6);
- расчет расходов теплоты и энергосбережения по уравнениям (12), (13) и (14);
- заключение о целесообразности использования предлагаемого варианта энергосбережения.

Предложенную методику расчета используем при расчете расходов теплоты и энергосбережения в условиях низкотемпературной сушки семенного зерна, семян трав и др. культур (табл.3).

Параметры теплового режима сушки приняты согласно рекомендациям [5, 8]. Варианты расчета расположены в порядке возрастания температуры воздуха на входе сушильной камеры. Расчет проведен при значениях величин: $\delta t_1 = \delta t_2 = 6$ °C, $t_0 = 15$ °C, $\eta_{\rm T} = 0.95$, $\eta_{\rm e} = 0.35$ и $\eta_{\rm 3Л} = 0.95$.

В табл. З включены результаты расчета максимально допустимой температуры воздуха на выходе испарителя $t_{3}^{'}$ и минимально допустимой разности температур конденсации и испарения $\delta t_{\scriptscriptstyle \mathrm{TH}}^{'}$ для проверки выполнения неравенства (7).

В рассмотренных вариантах принятая разность добавлений и расходов теплоты в сушильной камере находится в допустимых пределах, ее значение удовлетворяет неравенству (16).

Анализ результатов расчета и полученных уравнений позволяет заключить, что снижение расходов теплоты и топлива определяется, в первую очередь, внутренним тепловым балансом сушильной камеры. Чем больше разность добавлений и расходов теплоты в сушильной камере превышает минимально допустимое значение, тем значительней эффект энергосбере-

Таблица 3. Расходы теплоты в конвективной зерносушилке

Параметр	Единица	Номер		Вариант					
Параметр	величины	формулы	1	2	3	4			
t_1	°C	Принято	40	50	55	70			
t_2	°C	Принято	25	30	30	35			
Δ	кДж/кг	Принято	-1250	-1250	-1500	-2000			
Δ'	кДж/кг	Табл. 1	-1100	-1160	-1340	-1710			
Δ "	кДж/кг	Табл. 2	-2500	-2750	-2300	-2250			
$l_{_{ m KM}}$	кДж/кг	(3)	1250	1250	1500	2000			
Α	кДж/кг	(5)	3800	3805	4055	4565			
$\delta t_{_{\mathrm{TH}}}$	°C	(6)	36,3	41,4	48,1	58,1			
μ	-	(1)	4,9	4,5	3,9	3,0			
t_3	°C	(2)	15,7	20,6	18,9	23,8			
$d_{2}^{'}$	г/кг	(9)	16,2	21,9	21,9	29,4			
$d_3^{'}$	г/кг	(10)	12,1	16,4	15,5	21,4			
$t_3^{'}$	°C	(11)	17,1	21,9	20,9	26,1			
$\delta t_{_{ m TH}}^{'}$	°C	(9)	34,9	40,1	46,1	55,9			
$q_{_{\mathrm{T}}}$	кДж/кг	(13)	6660	7010	6830	7550			
$q_{_{\mathrm{T9}}}$	кДж/кг	(14)	3760	3760	4510	6020			
b	%	(12)	43,5	46,4	33,9	20,3			



жения при использовании ТН как воздухоосущителей. В связи с этим особое значение приобретает оптимизация теплового режима сушки с целью снижения расходов теплоты непосредственно в сушильной камере.

Выводы

- 1. При использовании ТН в конвективных зерносушилках по схеме с осушением воздуха достигается снижение расходов теплоты и топлива на сушку зерна и семян в размере 20-46% в зависимости от параметров теплового режима сушки. Определяющим фактором является разность добавлений и расходов теплоты в сушильной камере.
- 2. Основные параметры работы ТН (удельные затраты энергии на привод компрессора, коэффициент преобразования и разность температур конденсации и испарения) не могут быть приняты произвольно или включены в число исходных данных. Значения этих показателей необходимо определять по уравнениям (1), (2), (3), (4) и (6).
- 3. Условия работы ТН в конвективных зерносушилках как осушителей воздуха устанавливают неравенства (7) и (16).
- 4. Расчет энергосбережения должен производиться согласно предложенной методике с учетом характера и особенностей процессов нагрева, увлажнения и осушения воздуха.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Данилов, О.Л. Экономия энергии при тепловой сушке/ О.Л. Данилов, Б.И. Леончик. М.: Энергоатомиздат, 1986. 136 с.
- 2. Рей, Д. Тепловые насосы/ Д. Рей, Д. Макмайкл. М.: Энергоиздат, 1982. 224 с.
- 3. Янтовский, Е.И. Промышленные тепловые насосы/ Е.И. Янтовский, Л.А. Левин. М.: Энергоатомиздат, 1989. 128 с.
- 4. Данилова, Г.Н. Теплообменные аппараты холодильных установок/Г.Н. Данилова [и др.]; под общ. ред. Г.Н. Даниловой. Л.: Машиностроение, 1986. 303 с.
- 5. Жидко, В.И. Зерносушение и зерносушилки/ В.И. Жидко, В.А. Резчиков, В.С. Уколов. М.: Колос, 1982.-239 с.
- 6. Быков, А.В. Холодильные машины и тепловые насосы. Повышение эффективности/ А.В. Быков, И.М. Калнинь, А.С. Крузе. М.: Агропромиздат, 1988. 287 с.
- 7. Холодильные машины: справочник/ А.И. Азаров [и др.]; под ред. А.В. Быкова. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 224 с.
- 8.Малин, Н.Н. Справочник по сушке зерна/ Н.Н. Малин. М.: Агропромиздат, 1986. 159 с.

УДК 635.21.077: 621.365

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 13.04.2009

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Е.М. Заяц, докт. техн. наук, профессор, В.С. Корко, канд. техн. наук, доцент (УО БГАТУ); А.Е. Заяц, канд. техн. наук (ООО «АТЕМ»)

Аннотация

Приведены результаты анализа эффективности использования электрической энергии в технологических процессах, рассмотрены теоретические основы и сравнительные показатели технологий обработки органических дисперсных материалов электрическим током и тепловыми способами. Определены перспективные направления использования электрической энергии в технологических процессах сельскохозяйственного производства.

Введение

Анализ публикаций по перспективам потребления энергии показывает дальнейшее увеличение доли электрической энергии в общем балансе энергопотребления сельским хозяйством. Это обусловлено простотой транспортировки и универсальностью электрической энергии. От одного электрического

ввода в здание можно получить практически все виды энергии: механическую, тепловую, оптическую, химическую и другие[1, 2, c. 8-11].

В реальных технологиях электроэнергия оказывает комплексное влияние на предмет труда [1, 3...5]. Однако значимость действующих факторов различна, в одном процессе каким-то из них можно пренебречь, а в



другом — «пренебрегаемый» становится главным. Из этого вытекает множественность методов и средств для достижения целей электрообработки, описания физических и количественных закономерностей процессов.

Целью данной работы является аналитическое и энергоэкономическое обоснование наиболее перспективных направлений использования электрической энергии в технологических процессах сельскохозяйственного производства.

Основная часть

В основе электротехнологического использования электрической энергии лежат действия электрического поля (тока) на предметы труда. Важнейшими действиями являются: механическое, тепловое, химическое, биологическое [1, с. 24-41].

Механическое действие лежит в основе следующих технологических направлений использования электроэнергии: разделение неоднородных смесей в электрическом и магнитном полях, фильтрация газов, осаждение частиц на поверхность, обработка материалов на основе электрогидравлического эффекта, преобразование электроэнергии в энергию ультразвуковых колебаний и их использование, магнитно-импульсная обработка материалов и др.

Тепловое действие электрического тока (помимо электротермии) используют при электроимпульсной обработке материалов, активизации и подавлении развития микроорганизмов, активизации химических процессов обработки материалов [3...5]. Соответственно различают тепловое воздействие электрического тока с целью изменения энтальпии вещества (электронагрев) и с целью изменения скорости и глубины химических, микробиологических или иных процессов (электротепловая обработка).

Химическое действие электрического тока лежит

в основе: электрохимической обработки воды с целью ее очистки, активации, получения полезных растворов; электрохимического изменения свойств органических дисперсных гидросистем, например, обработка кормовых материалов, извлечение белков, жиров и других веществ из побочных продуктов производства; электролитической регуляции биологической активности микрофлоры в различных микробиологических процессах; электрохимической обработки металлов; изменения ионного состава воздуха и др. [3...5, 6, с.78....92].

Биологическое действие проявляется через физические и химические процессы в живых организмах животного и растительного мира, изменяющиеся под действием электрического и магнитного полей и влияющие на развитие и состояние этого организма. Это наименее изученная область использования электромагнитной энергии (исключая тепловое действие) [3, 5].

В табл. 1 приведены результаты расчетов по определению показателей сравнительной энергоэкономической оценки применения электрической энергии в тепловых процессах сельскохозяйственного производства.

Как показывает анализ данных табл.1, основные стационарные процессы в сельском хозяйстве более эффективно выполнять с помощью электрической энергии. Она сравнительно легко трансформируется, преобразовывается в другие виды, передается на большие расстояния и представляет собой наиболее доступный, надежный и универсальный энергетический источник.

Электрофизикохимические методы (табл. 2) основаны на применении в производственных процессах различных электрических и магнитных явлений, что позволяет использовать не только тепловое действие электрического тока (как в электротермии), но и другие технологические действия электричества.

Данные таблиц 1 и 2 позволяют определить наи-

Таблица 1. Показатели эффективности тепловых процессов

, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	
Технологический процесс	Показатели эффективности
1. Преобразование первичной энергии в тепловую:	Суммарный КПИ первичных энергоресурсов:
– твердое топливо;	0,27
– электроэнергия	0,28
2. Обслуживание теплогенерирующих установок:	Обслуживающий персонал (относительные единицы):
– низкосортный уголь;	3,04,0
– высокосортный уголь;	1,52,0
– электроэнергия	1,0
3. Нагрев воды на животноводческих фермах:	Относительный расход энергии:
– установки топливные;	1,151,2
– установки электрические	1,0
4. Обогрев молодняка:	Относительный расход энергии:
– система общего отопления;	1,31,5
– местный электрообогрев	1,0
5. Отопление рассадных пленочных теплиц площа-	
дью до 1000 м ² :	Относительный доход:
– установки на жидком топливе;	1,0
– установки электрические	1,4
6. Подогрев воздуха в помещениях молодняка КРС:	Относительный доход:
– установки на жидком топливе;	1,0
– установки электрокалориферные	1,3



Таблица 2. Эффективность использования электрической энергии в некоторых технологических процессах СХП

	отоги постин продосоми стата
Технологический процесс	Показатели эффективности
1. Повышение эффективности использования	
питательного потенциала кормов:	Суммарный КПИ первичных энергоресурсов:
– тепловая обработка;	0,31,1
– электротермохимическая	0,30,5
2. Электроплазмолиз растительного сырья	Снижение энергоемкости в 1,52,0 раза
(обезвоживание, сушка)	
3. Предпосевная обработка семян химиката-	Снижение расхода химикатов в 2,0 раза
ми в электрическом поле	
4. Ионизация воздуха:	Снижение потерь продукции, %
– в овоще - и фруктохранилищах;	710
– в животноводческих и птицеводческих по-	
мещениях	512
5. Консервация силоса электроактивирован-	Снижение потерь продукции, %
ными растворами	1020
5. Электрохимическое обеззараживание с.х.	Снижение содержания микроорганизмов в десятки раз по
материалов и средств	сравнению с термическими способами обработки

более рациональные направления использования электрической энергии в тепловых и электротехнологических процессах.

В общем виде процессы термохимической обработки органических дисперсных гидросистем (ОГС), к которым можно отнести материалы растительного и животного происхождения, представляют собой гетерогенные реакции ионного обмена между клеточной мембраной дисперсной частицы и жидкой фазой ОГС, скорость которых выражается уравнением

$$\mathcal{G} = K \exp\left(\frac{G}{RT}\right) S_{y\theta} \left(C^{S} - C^{0}\right), \tag{1}$$

где K — предэкспоненциальный множитель; G — энергия активации химической реакции, Дж; R — универсальная газовая постоянная, Дж/моль K; T — температура, K; S_{vo} — удельная площадь реакционной

поверхности, м²; C^{s} , C^{0} – концентрация активных ионов на поверхности мембраны клетки и в объеме раствора, моль/м²; моль/м³.

Традиционные термические технологии интенсифицируют процессы протекания реакций изменением площади реакционной поверхности (например, измельчением материала), повышением температуры, увеличением концентрации активных ионов путем внесения химреагентов. Электрическая обработка основана на изменении концентрации активных ионов и температуры путем пропускания электрического тока через среду, расположенную между электродами, разделенными ионопроницаемой мембраной. В этом случае от силы тока зависит концентрация ионов на поверхности клеточной мембраны дисперсной частицы (2) и концентрации ионов в жидкой фазе (3) [6]

$$C^{s} = C^{0} \pm \frac{q\delta^{2}\Delta n}{zFD\tau} \,, \tag{2}$$

где C^0 — концентрация ионов в жидкой фазе, моль/м³; q — удельное количество электричества, Кл/м³; δ — толщина диффузного слоя, м; Δn — разность чисел переноса ионов в мембране и растворе; z — заряд ионов, Кл; F — постоянная Фарадея, Кл/моль; D — коэффициент диффузии ионов в растворе, м²/с; τ — время обработки, с.

В формуле (2) знак (+) соответствует концентрации ионов на анодной и катионов на катодной сторонах клеточной мембраны, а знак (-) – концентрации анионов на катодной и катионов на анодной сторонах клеточной мембраны.

Концентрация ионов в жидкой фазе:

$$C^{0} = C^{naq} + \frac{q}{F} (\eta_{a} - \eta_{k}), \tag{3}$$

где $C^{\text{нач}}$ — начальная концентрация активных ионов в жидкой фазе, моль/м³; η_a , η_κ — выход по току анионов и катионов, соответственно.

Концентрация ионов в среде и на поверхности мембраны влияет на заряд дисперсной частицы (4) и на потенциал ее поверхности (5).

Суммарная плотность поверхностного заряда частицы [7]

$$\rho_{n} = \frac{\rho_{\delta} C_{n^{+}}^{2} + K_{a} (\rho_{\delta} - \rho_{a}) C_{n^{+}} - \frac{K_{w} K_{a}}{K_{\delta}} \rho_{a}}{C_{n^{+}}^{2} + (\frac{K_{w}}{K_{\delta}} + K_{a}) C_{n^{+}} + \frac{K_{w} K_{a}}{K_{\delta}}}, \quad (4)$$

где ρ_{δ} , ρ_a – плотность поверхностного заряда основных и кислотных групп соответственно, Кл/м²; C_{H^+} - концентрация ионов, например H^+ , моль/м³; K_a , K_{δ} , K_w – константы диссоциации кислотной, основной групп и воды соответственно.



Потенциал на поверхности частицы

$$\varphi_n = \frac{\rho_n R_u}{2\varepsilon_c} \ln \left(\frac{h + \sqrt{R_u^2 + h^2}}{R_u} \right), \tag{5}$$

Как видно из уравнений (1)...(5), количество электричества, протекающего через дисперсную гидросистему, влияет на концентрацию ионов, поверхностный заряд и потенциал частицы. Потенциал частицы является главным фактором, лимитирующим тот или иной электротехнологический процесс, и этот фактор зависит от количества электричества, протекающего через обрабатываемую среду.

Количество электричества влияет:

- на скорость химических реакций (1), которые используют при электрохимической обработке кормовых материалов;
- через поры мембраны клетки на диффузию ионов, лежащую в основе электролитической активации микробиологических процессов [8]

$$D_{_{\phi}} = D_{_{0}} exp\left(-\frac{eF\varphi_{_{n}}}{RT}\right), \tag{6}$$

где $D_{_{o}}$, $D_{_{0}}$ — соответственно коэффициенты диффузии ионов в порах мембраны клетки и в среде, M^{2}/c ; θ — эмпирический коэффициент;

 на энергию электростатического отталкивания
 (7) и диполь - дипольного взаимодействия частиц (8), которые используют при выделении белков путем электрохимической коагуляции.

Энергия электростатического отталкивания частиц [9]

$$W_{s} = 16\varepsilon_{o}\varepsilon_{c} \left(\frac{RT}{F}\right)^{2} th^{2} \left(\frac{\varphi_{o}z_{i}e}{4kT}\right) a \frac{e^{-za(s-2)}}{S}, \quad (7)$$

где ε_0 — электрическая постоянная, Φ /м; ε_c — диэлектрическая проницаемость среды; φ_0 — полный потенциал; z_i — валентность иона; k — постоянная Больцмана, Дж/К; a — размер частицы, м; χ — параметр Дебая — Гюккеля, м⁻¹.

$$\chi = \sqrt{\frac{8\pi e^2 \sum n_i z_i}{\varepsilon_0 \varepsilon_c kT}} \; ; \; S = \frac{h}{a} + 2 \; ,$$

где h - расстояние между частицами, м; n_i - число зарядов і-го сорта в единице объема, м⁻³.

Энергия диполь – дипольного взаимодействия частиц

(5)
$$W_{\delta} = -4\varepsilon_{0}\varepsilon_{c} \left[0, 5 - 3 \frac{ch\left(\frac{\varphi_{0}z_{i}e}{2kT}\right) - 1}{4ch\left(\frac{\varphi_{0}z_{i}e}{2kT}\right) + \chi a} \right]^{2} \left(\frac{\alpha}{S}\right)^{3} E^{2}, (8)$$

где α — постоянная Гамакера, Дж; E — напряженность электрического поля, В/м.

Применительно к органическим водным растворам основными активными ионами являются H^+ и OH^- , которые и создают на поверхности мембраны клетки кислотные и основные группы зарядов.

Минимальное сопротивление, оказываемое мембраной диффузии молекул и ионов из внешней среды в клетку, и, следовательно, максимальная обработка будут в случае, когда мембрана электрически нейтральна, в этом случае концентрация ионов H^+ и OH^- , а также величина pH соответствует оптимальному значению:

$$C_{HOH} = K_a \left[\frac{\rho_a - \rho_\delta}{2\rho_\delta} + \sqrt{\frac{(\rho_a - \rho_\delta)^2}{2\rho_\delta^2} + \frac{K_w \rho_a}{K_a K_\delta \rho_\delta}} \right]; \quad (9)$$

$$pH_{onm} = \lg K_a + \lg \left[\frac{\rho_a - \rho_\delta}{2\rho_\delta} + \sqrt{\frac{(\rho_a - \rho_\delta)^2}{2\rho_\delta^2} + \frac{K_w \rho_a}{K_a K_\delta \rho_\delta}} \right]. \quad (10)$$

Значит, оптимальное количество электричества, протекающего в массе при обработке, будет определяться уравнением

$$Q_{i,onm}^{\kappa(A)} = \frac{dC_{k_{i}(a_{j})}^{A(K)}F\tau}{\int_{0}^{\tau} n_{k_{i}(a_{j})}d\tau} = \frac{\left(\sqrt{\frac{K_{a}K_{w}}{K_{b}}}(\pm)C_{H^{*}}^{A_{o}(K_{o})}\right)F\tau}{\int_{0}^{\tau} n_{k_{i}(a_{j})}d\tau},$$
 (11)

где $n_{k_i(\tau)}$, $n_{aj(\tau)}$ — числа переноса катионов и анионов.

Совместное решение уравнений дает приближенное значение оптимальных параметров электрообработки материалов растительного и животного происхождения. Аналитические выражения подтверждают электрохимический характер происходящих при электрообработке материалов процессов. Четкая количественная связь теории и эксперимента в большинстве рассматриваемых процессов затруднительна, но вместе с тем позволяет анализировать факторы, влияющие на целевую задачу, и возможности электротехнологических воздействий по повышению эффективности технологических процессов.

Сравнительные исследования способов обработки, проведенные БГАТУ совместно с рядом научноисследовательских учреждений, показывают преимущество электротермохимической обработки, достигаемое за счет более глубоких физико-химических изменений в структуре вещества и снижения конечной



температуры обработки (табл.3), что, в конечном счете, ведет к ресурсо - и энергосбережению (табл. 4, 5).

Выводы

Таким образом, электротермохимическая обработка органических гидросистем по сравнению с традиционными способами увеличивает усвояемость зерна на 18%, соломы на 33%, выход белка картофельного сока и молочной сыворотки на 15...40%, увеличивает прирост биомассы дрожжей на 10...25%, снижает ресурсозатраты на 12...13%, энергоемкость процесса на 20...50%.

Результаты анализа определяют наиболее эффективные направления использования электрической энергии в сельскохозяйственном производстве: тепловые процессы в животноводстве, электрохимическое изменение свойств кормовых материалов, элек-

троактивация микробиологических процессов, электрохимическое производство дезинфицирующих растворов, электроактивация роста растений, животных и других биологических объектов.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Карасенко, В.А. Электротехнология / В.А. Карасенко, Е.М. Заяц, А.Н. Баран, В.С. Корко. М.: Колос, 1992. 304 с.
- 2. Прищепов, М.А. Основы термозависимого резистивного электронагрева в технологических процессах сельскохозяйственного производства / М.А. Прищепов. Мн.: БелНИИагроэнерго, 1999. 295 с.
- 3. Герасимович, Л.С. Технологические основы и опыт применения электрической обработки кормовых материалов / Л.С. Герасимович [и др.] // Вопросы аг-

Таблица 3. Сравнительные показатели способов коагуляции белков картофельного сока и молочной сыворотки

	Картофельный сок			Молочная сыворотка		
Способ коагуляциии	Конечная температу-	Выделе- ние белка,	Энергоем- кость, отн.	Конечная температу-	Выделе- ние белка,	Энергоем-кость, отн.
Тепловой	pa, °C 70	% 78	ед. 1	pa, °C 95	% 2540	ед. 1,0
Химический	20	53	0,42	20	4055	-
Термохимический	70	85	0,92	92	4555	0,88
Электрохимический	70	87	0,90	92	4550	0,82
Электротермо- химический	40	97	0,46	60	6580	0,35

Таблица 4. Сравнительные показатели способов выращивания дрожжей

	Вид дрожжевого гриба, показатели роста						
Способ обработки	Trichosporon cutaneum		Candida tropicalis		Saccharomyces cerevisiae		
Спосоо обработки	Титр, КОЕ	прирост био-	рирост био-		Титр, КОЕ	прирост био-	
	Turp, ROE	массы, о.е.	TITP, ROE	массы, о.е.	титр, кос	массы, о.е.	
Традиционный	3,7·10 ⁷	1,0	30·10 ⁷	1,0	4,0·10 ⁸	1,0	
Электро- химический	4,5·10 ⁷	1,13	41·10 ⁷	1,20	40·10 ⁸	1,25	

Таблица 5. Усредненные показатели технологий обработки ОГС

(в числителе – электротермохимическая, в знаменателе – тепловая обработка)

	Повышение питательности		Выделение белков		Прирост биомассы, о.е.		
Показатели	солома	зерно	Сок карто- феля	молочная сыворотка	Tricho- sporon cutaneum	Candida tropicalis	Saccharo- myces cere- visiae
Питательная цен- ность, к.ед./кг	0,4/03	1,3/1,1	ı	-	1,13/1	1,20/1	1,25/1
Выделение белков, %	-	-	97/5587	75/4055	-	-	-
Энергоемкость, МДж/кг к.ед	0,45/ 0,361,1	0,29/ 0,30,4	0,05/ 0,150,40	0,12/ 0,280,34	10·10 ⁻³		
Сбережение кор- мов, %	13	12	12,5	35	13	20	25
Энергосбережение, %	16040	8040	100150	80140	Дополнительные энергозатраты 4 Вт.ч/кг		



роэнергетики: сб. науч. трудов / Под ред. Е.М. Зайца. – Мн.: УП «Технопринт», 2001. – С. 24-41.

- 4. Корко, В.С. Повышение эффективности процессов переработки и контроля влагосодержания злаков электрофизическими методами: монография / В.С. Корко. Мн.: БГАТУ, 2006. 349с.
- 5. Баран, А.Н. Основы электробиотехнологии кормов / Л.С. Герасимович [и др.] // Вопросы агроэнергетики: сб. науч. трудов / Под ред. Е.М. Зайца. Мн.: УП «Технопринт», 2001. С.78-92.
- 6. Заяц, Е.М. Электротермохимическая обработка органических гидросистем / Е.М. Заяц, М.М. Ни-

колаенок // Теория и практика машиностроения, 2003, №2. – С. 44-46.

- 7. Engel, M.B., Pumper, R.W., Joseph, N.R. Proc. Soc. Exptl. Biol. Med., 128, 4, 990, 1968.
- 8. Заяц, А.Е. Модель электролитической активации продуцента кормовых дрожжей / А.Е. Заяц. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. М.: 2006. №8. С. 13-16.
- 9. Заяц, Я.М. Да пытання электракаагуляцыі бялкоу бульбянога соку / Я.М. Заяц, І.Б. Ющанка // Весці акадэміі аграрных навук Беларусі, 1994, №3. –С. 118-119.

УДК 620.91 + 621.311.2

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 16.03.2009

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СЖИГАНИЯ МЕСТНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА НА СОСТАВ ВЫБРАСЫВАЕМЫХ В АТМОСФЕРУ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Ю.С. Почанин, канд. техн. наук, доцент (УО БГАТУ)

Аннотация

Дана характеристика выбросов вредных веществ, образующихся при сгорании местных видов топлива, описаны мероприятия по их минимизации, приведены допустимые количества выбросов, принятые в странах Западной Европы.

Введение

В Республике Беларусь имеется свыше 10 тысяч котельных, которые вырабатывают или перерабатывают тепло для районных отопительных систем, причем большинство из них (96%) работает на мазуте, дизельном топливе, природном газе и угле, и только незначительное количество (4%) -на торфе и древесном топливе. Большинство энергоносителей (около 85%) в нашей стране импортируется, и в целях энергетической безопасности Республики Беларусь приходится искать пути уменьшения их относительной доли в общем энергобалансе. Мировой опыт показывает, что в подобной ситуации, с одной стороны, должны внедряться энергосберегающие технологии, оборудование и т.п., обеспечивающие меньшее удельное потребление энергоресурсов, а с другой стороны - должны более широко использоваться возобновляемые источники энергии и местные виды топлива. Основными местными видами топлива в республике являются древесная щепа, торф, солома и др., т.е. древесно-растительная масса (биомасса).

Использование местных видов топлива для получения тепловой и электрической энергии оказывает влияние на окружающую среду, так как при сгорании они выделяют вредные вещества. Теплоэнергетические и экологические свойства местных видов топлива определяются рядом характеристик, таких как теплота сгорания, химический состав, влажность, твердость, количество летучих веществ, содержание и

состав золы, количество загрязняющих веществ. Местные виды топлива по своей теплотворной способности и выделению вредных веществ существенно отличаются от ископаемых видов топлива. Сравнительные характеристики различных видов топлива представлены в табл. 1 [1].

На основании данных, приведенных в табл. 1, видно, что каменный уголь, мазут, природный газ и торф, имеющие широкое применение в народном хозяйстве страны, выделяют большое количество углекислого газа и с экологической точки зрения менее предпочтительны по сравнению с древесным топливом и соломой.

Таблица 1. Сравнительные характеристики различных

видов топлива							
Вид топлива	Теплота	%	%	Углекис-			
	сгорания,	серы	золы	лый газ,			
	МДж/кг			кг/ГДж			
Каменный уголь	15-35	1-3	1	60			
Мазут	42	1,2	1,5	78			
Щепа древесная	10	0	2	0			
Гранулы дре-	17,5	0,1	1	0			
весные							
Торф	10	0	20	70			
Солома	14,5	0,2	4	0			
Природный газ	35-38	0	0	57			
, , , ,	МДж/куб. м						



Данные приблизительные и колеблются в зависимости от топлива.

Интенсивность горения топлива зависит от его химического содержания, соотношения летучих газообразных компонентов и твердого углерода. В табл. 2 представлен химический состав соломы и древесной щепы [1].

Таблица 2. Химический состав соломы и древесной шепы

и древесной щены						
Химический состав, весовой - % в сухом виде		Солома	Древесная щепа			
Зола		4,5	1,0			
Летучие веще	ества	75-81	81			
Водород		5,9	5,8			
Углерод	С	47,5	50			
Азот	N	0,3-1,5	0,3			
Сера	S	0,15	0,05			
Хлор	а	0,4	0,02			
Кремний	Si	0,8	0			
Алюминий	A1	0,005	0			
Железо	Fe	0,01	0,015			
Кальций	Ca	0,4	0,2			
Магний	Mg	0,07	0,04			
Натрий	Na	0,05	0,015			
Калий	К	1,0	0			
Фосфор	Р	0,08	0,02			
Влагосодерх	кание, %	10 -25	50 – 60			

По составу и теплотворной способности древесина, солома и другие травянистые виды топлива (торф, костра и др.) в спрессованном и высушенном виде приблизительно одинаковы, горючими составляющими у которых, в основном, являются углерод и водород. Индивидуальные отличия тех или иных видов биотоплива заключаются в различном процентном содержании влаги, в способе получения, продолжительности хранения, подверженности естественной или искусственной сушке. Торф, как ископаемое, существенно отличается от остальных видов топлива (древесина, травянистые растения) повышенным содержанием сернистых веществ и высокой зольностью.

Основная часть

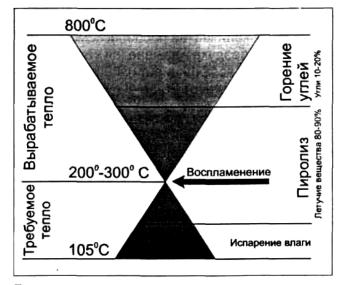
Процесс сжигания местных видов топлива при смешивании с воздухом состоит из нескольких этапов. На рис.1 представлена диаграмма горения древесины и выделения тепла [2].

Как показано на рис.1, на первом этапе требуется дополнительное тепло для испарения влаги, высушивания и воспламенения топлива. При температуре свыше $100\,^{\circ}\mathrm{C}$ начинается процесс пиролиза, при котором летучие вещества углеводородных соединений начинают испаряться.

В интервале 200-300 °С происходит воспламенение твердого топлива. Сухая солома воспламеняется при температуре около 200 °С, сухой торф — при температуре 225-280 °C, сухая древесина — 220-300 °C.

При температуре 500-600 °C начинается процесс горения летучих компонентов, содержание которых в горючем веществе составляет около 75%. В интервале 800-900 °C происходит сгорание твердого углерода и смолы, образующиеся при этом дымогарные газы, дожигаются в камере с подачей воздуха (газогенераторный процесс). При этом дополнительное выделение тепла повышает температуру газов до 1000-1100 °C. В полученной газо-воздушной смеси сгорают токсичные образования, тяжелые соединения и частицы сажи.

Количество и разнообразие выбросов вредных веществ в атмосферу при использовании местных видов топлива зависит от применяемой технологии сжигания топлива и от качества самого топлива. В зависимости от технологии, сгорание топлива может быть полным и неполным. При полном сгорании происходит выброс двуокиси углерода (СО2), окислов азота (NO и NO₂) и серы (SO₂ и SO₃), хлористого водорода (HCl), частиц и тяжелых металлов. Неполное сгорание топлива происходит при неправильном смешении воздуха и топлива в топочной камере, в результате чего образуются локальные зоны с недостатком воздуха, недостаточным количеством кислорода, низкой температурой горения, недостаточным временем пребывания топлива в зоне горения. При неполном сгорании топлива происходят образования и выбросы моноокиси углерода (СО), несгоревшие углеводороды (C_xH_v - метан (CH₄) и неметановые летучие органические соединения), частицы, полицикличные ароматические углеводороды (ПАУ), поли-



Горение древесины и выделение тепла
Рисунок 1. Диаграмма горения топлива и
выделения тепла



хлорированные диоксины и фураны (ПХДД/ Φ), аммиак (NH₃).

Все загрязняющие вещества, образующиеся при сжигании биомассы, воздействуют на климат, окружающую среду и здоровье человека. Воздействие на климат и окружающую среду оказывают СО2 - газ прямого парникового действия и СО, СН₄ – газы непрямого парникового действия, которые воздействуют через образование озона. ПАУ, окислы азота (NO_x =NO и NO₂), аммиак (NH₃), окислы серы (SO_x=SO₂ и SO₃), хлористый водород (HC1) – способствуют образованию кислотных осадков, смога, вызывают ослабление и гибель растений, коррозионное повреждение материалов. Сажа, уголь и конденсат тяжелых углеводородов (деготь), образующиеся при неполном сгорании всех видов топливной биомассы, а также зольная пыль и соли отрицательно воздействуют на систему органов дыхания человека. Диоксины и фураны высокотоксичны, они наносят повреждения печени и центральной нервной системе, отрицательно влияют на иммунитет, накапливаются в пищевой цепи [3].

Все выбросы, образующиеся в результате сгорания топлива, можно подразделить на выбросы, характеристики которых определяются технологией сжигания топлива и условиями технологического процесса, и выбросы, характеристики которых определяются свойствами топлива. Диапазон выбросов (мг/м 3 0 при 11% O₂), определяющихся, в основном, технологией сжигания топлива и условиями технологического процесса, довольно велик: CO (20 – 5000); C_xH_y (10 -500); ПАУ (0,01 – 10); частицы (50 -500), а свойствами топлива – значительно меньше: NO_x – древесина (100-200); солома, трава (150-250); древесные отходы (300-800).

В Австрии [4] проведены исследования по оценке уровней выбросов различных установок, работающих на биомассе, мощностью от 0,5 до 10 МВт, использующих в качестве топлива ДСП, древесную щепу (табл. 3).

Таблица 3. Уровни выбросов установок 0,5-10 МВт

yeranobok 0,5-10 Mibi						
Компонент	Выбросы (мг/м ³ ₀	Кол-во				
KOMITOHEHT	при 11% О ₂)	измерений				
CO	125-000	25				
C_xH_y	5.0-2.5	25				
ПАУ	0,00006-0,06	4				
Бензо[а]пирен	5·10 ⁻⁶ -1,0·10 ⁻³	4				
NO _x (в форме NO ₂)	162-337	22				
Частицы	37-312	29				
SO ₂	19-75	17				
CI	1-10	12				
F	0,25	18				

Количество выбросов SO_2 , CI и F обусловлено содержанием в топливе этих компонентов. Выбросы C_xH_y , ΠAY и бензо[а]пирена можно также снизить посредством дальнейшей оптимизации процесса сжи-

гания топлива. Данные исследования свидетельствуют об относительно высоком уровне выбросов СО, в особенности на некоторых установках, предназначенных для сжигания биомассы. Количество выбросов вредных веществ при сжигании биомассы, в разных странах выражается в различных единицах, что затрудняет их сравнение. В опубликованной работе [5] приводятся данные о допустимых уровнях выбросов установок ТЭЦ в ряде стран (табл. 4).

Таблица 4. Допустимые уровни выбросов установок, работающих на местных видах топлива

видах топлива							
Страна		Австрия	Финлян- дия	Швеция			
Топли- во		Древес- ная биомас- са	Древес- ная био- масса, солома, торф	Древес- ная био- масса			
Пара- метр	Мощ- ность, МВт	мг/м ³ при 11% О ₂	мг/м ³ при 11% О ₂	мг/м ³ при 11% О ₂			
Пыль	< 0,12 0,12 - 1 1 - 2 2 - 10 > 10	150 150 150 50 50	- 265 265 150	350 100 100 100 35			
СО	< 0,12 0,12 - 1 1 - 5 >5	250 250 250 100		- - 250 - 500 250 - 500			
NO _x	0,1 - 5 5 - 10 > 10	250 250 200	- - 200	200 - 300 200 - 300 200			
SO _x	50-100 > 100	-	200 - 400 200 - 400	200 200			
Общий органи- ческий углерод	> 0,1	50	-	-			

Технология сжигания местных видов топлива существенно влияет на уровень выбросов вредных веществ в атмосферу. Топки с колосниковыми решетками имеют относительно низкие эксплуатационные затраты по сравнению с другими технологиями сжигания топлива, но высокое содержание избыточного кислорода (5-8 объемных %) снижает полноту сгорания топлива и поэтому трудно обеспечить низкий уровень выбросов при работе с неполной нагрузкой. В двухкамерных топках недостаточно эффективный отвод теплоты из предварительной топки, и существует высокая чувствительность к шлакообразованию, иногда высокий уровень выбросов NO_x. В топках с нижней подачей топлива при работе с частичной нагрузкой, благодаря эффективному дозированию топлива, обеспечи-



вается низкий уровень выбросов. Они пригодны только для сжигания биотоплива с низкой зольностью и высокой температурой точки плавления золы (древесное топливо), существуют ограничения по размеру фракций топлива. В топках с пылевым сжиганием обеспечивается низкое содержание избыточного кислорода (4-6 объемных %), за счет этого повышается КПД, а эффективная ступенчатая подача воздуха позволяет значительно снизить уровень выбросов NO_x при использовании циклона или вихревой форсунки.

Однако у них имеются некоторые недостатки: ограничены размеры частиц биотоплива (< 10-20 мм), высокий износ изоляционного кирпича при использовании циклона или вихревых форсунок, необходима дополнительная форсунка розжига.

Топки с кипящим псевдоожиженным слоем не имеют подвижных деталей в топочной камере, эффективно снижают уровень выбросов NO_x посредством ступенчатой подачи воздуха, имеют низкое содержание избыточного кислорода (3-4 объемных %), что повышает КПД и снижает объем топочного газа. Недостатком их являются высокие инвестиционные затраты. Данные топки представляют интерес только при использовании на установках мощностью > 20 МВт, у них значительно ограничены размеры частиц биотоплива (< 80 мм), имеется высокое содержание пыли в топочном газе. При работе с неполной нагрузкой требуется применение специальных технологий.

В отношении газообразных и твердых выбросов топки с пылевым сжиганием и кипящим псевдоожиженным слоем обеспечивают более низкий уровень выбросов СО и NO_{x} благодаря более однородным и, следовательно, более управляемым условиям сгорания топлива. В свою очередь, в топках с неподвижным слоем топлива образуется меньше частиц пыли и обеспечивается лучшее сгорание зольной пыли.

В табл. 5 приведены обобщенные данные о характеристиках тепловой мощности установок и требуемых характеристиках топлива, используемых в описанных технологиях сжигания биомассы.

Основными направлениями снижения выбросов вредных веществ при использовании местных видов топлива для получения тепловой и электрической энергии являются:

- подготовка местных видов топлива для сжигания в печном или отопительном оборудовании;
 - оптимизация процесса горения;
- оптимальный выбор системы очистки топочного газа;
 - утилизация тепла топочного газа.

К подготовке местных видов топлива для сжигания относятся следующие процедуры:

- изменение уровня влажности топлива;
- изменение размеров частиц топлива;
- выбор соответствующего оборудования для сжигания топлива.

Таблица 5. Области применения различных технологий сжигания биомассы

сжигания опомассы						
Вид топки	Мощ- ность	Вид топ- лива	Зид топ- лива Зола			
Топка с нижней подачей топ- лива	20 кВт - 2.5 МВт	древесная щепа, древес- ные отхо- ды	<2%	5%- 50%		
Двухкамерная топка	20 кВт - 1.5 МВт	сухая древесина (лесосеч- ные отхо- ды)	<5%	5%- 35%		
Топка с под- вижной решет- кой	150 кВт - 15 МВт	все виды древесно- го топли- ва; боль- шая часть биомассы	<50%	5%- 60%		
Топка с нижней подачей топ- лива с вра- щающейся решеткой	2-5 МВт	древесная щепа с высокой влажно- стью	<50%	40%- 65%		
Топки с кипящим псевдоожиженным слоем (КПС)	5-15 МВт	различ- ные виды биомассы, d< 10 мм	<50%	5%- 60%		
Топка с цирку- лирующим псевдоожи- женным слоем (ЦПС)	15-100 МВт	различ- ные виды биомассы, d< 10 мм	<50%	5%- 60%		
Топка для пылевого сжи- гания в потоке	5-10 МВт	различ- ные виды биомассы, d< 5 мм	<5%	<20%		

Большое влияние на топливные свойства оказывает влажность. Около 50-60% массы свежесрубленного дерева, 25-30% массы соломы и 25% торфа составляет вода. При сжигании местных видов топлива часть тепловой энергии уходит на испарение влаги. Высокая влажность топлива затрудняет получение достаточно высокой температуры в топочной камере. Часто требуется получить температуру более 850°C с тем, чтобы обеспечить достаточно низкий уровень выбросов СО. Для снижения влажности топлива рекомендуется использовать солнечные воздушные коллекторы, тепловые насосы, установки конденсации топочного газа, использующие возобновляемые источники энергии для подогрева воздуха и создания микроклимата в сушильном отделении. Подсушка топлива со снижением влажности с 50 до 30% (весовых) позволит повысить КПД установки до 10%. Если не имеется дешевого тепла, отбираемого из другого процесса, применение отдельной системы искусст-



венной сушки делает процесс слишком дорогостоящим и экономически невыгодным. Подсушивание биомассы в течение нескольких месяцев при открытом хранении с использованием естественной конвекции в большинстве случаев является экономически невыгодным, так как потери от биологического разложения (1-2 весовых % в месяц) превышают полученное повышение КПД.

Размер топливных частиц играет важную роль при выборе технологии сжигания топлива и может варьироваться от больших тюков (поленьев) до мелких опилок. Измельчитель или рубительная машина могут использоваться для уменьшения размера крупных частиц, таким образом, получают более однородный состав частиц, что позволяет использовать большее число технологий. Однако измельчение биомассы является целесообразным только в том случае, если выгода от выполнения этой операции превосходит дополнительные инвестиции и затраты на энергию.

Выбор конструкции оборудования позволяет создать стабильный газогенераторный режим для получения температуры дымогарных газов в пределах 1000-1100°С, позволяющий осуществить полное сгорание топлива.

Горение местных видов топлива представляет собой сложный процесс со многими переменными, которые прямо или косвенно воздействуют на уровни выбросов и эффективность использования энергии. К наиболее важным переменным характеристикам этого процесса (в основном, в применениях с использованием установок для сжигания биомассы большой мощности) относятся: теплопередача, теплообмен и аккумулирование теплоты, предварительный подогрев воздуха, коэффициент избытка воздуха, вида топлива, влажности, температуры горения, конструкции установки, ступенчатой подачи и распределения воздуха, подачи топлива и методов управления технологическим процессом.

При сжигании местных видов топлива в зарубежной практике используются три принципа: сжигание топлива в топке обычного типа, сжигание топлива со ступенчатой подачей воздуха, ступенчатое сжигание топлива. Сжигание топлива со ступенчатой подачей воздуха одновременно снижает уровни выбросов от неполного сгорания топлива и выбросов NO_x в результате разделения процессов выхода летучих веществ и горения в газовой фазе. Это повышает эффективность смешения топливного газа с воздухом горения.

Другими возможными методами снижения NO_x на установках, сжигающих биомассу, являются ступенчатое сжигание и дожиг топлива. Первичное топливо сжигается при коэффициенте избытка воздуха, превышающем 1, при этом не происходит значитель-

ного снижения NO_x . Затем в топочный газ за зоной первичного горения вводится вторичное топливо без подачи дополнительного воздуха.

Для обеспечения оптимального процесса горения с минимальными выбросами от неполного сгорания топлива необходимо обеспечить поддержание высокой температуры горения, достаточно длительного времени пребывания в зоне горения и оптимального смешения топливных газов с воздухом, и соответствующее регулирование этих параметров при изменении тепловой и/или электрической мощности. Эти функции выполняет система управления технологическим процессом. Постоянными параметрами технологического контроля являются концентрации СО, $C_x H_v$ и O_2 в топочном газе, температура в топочной камере и температура теплоносителя, переменными параметрами - количество топлива, подаваемого в топку, и количество подаваемого первичного и вторичного воздуха.

В случае прямого управления технологическим процессом осуществляется непрерывное измерение постоянных параметров.

В случае непрямого управления технологическим процессом сначала определяется идеальный коэффициент избытка воздуха (λ) для всех предполагаемых параметров процесса (нагрузки котла, влажности топлива и т.д.), позволяющего получить минимальные уровни выбросов, при этом значение O_2 используется в качестве параметра технологического контроля.

Третье направление — оптимальная система очистки топочного газа предназначена для удаления компонентов выбросов из топочного газа после его выхода из теплоустановки и состоит из одного или нескольких устройств: осадительных камер, циклонов, мультициклонов, электростатических фильтров, мешочных фильтров, скрубберов, ротационных сепараторов частиц. Факторы, определяющие применение того или иного устройства, — это размер частиц, требуемая степень улавливания, интенсивность потока газа, периодичность очистки, характеристики частиц и присутствие смол в топочном газе.

Четвертым направлением является утилизация тепла из топочного газа методом конденсации топочного газа. Этот процесс обладает высоким потенциалом утилизации тепла (до 20% от используемой энергии топливной биомассы), а также обеспечивает высокую степень осаждения пыли (40-75%). Обычно устройства конденсации топочного газа, применяемые в странах Западной Европы, состоят из трех компонентов: экономайзера, утилизирующего теплоту из топочного газа, конденсатора, утилизирующего теплоту, выделяемую при конденсации влаги топочного газа, и подогревателя воздуха, подогревающего первичный и вторичный воздух, по-



даваемый в камеру сжигания и в камеру дожига. Количество теплоты, которое может быть утилизировано из топочного газа, зависит от влажности местных видов топлива, количества избыточного кислорода в топочном газе и температуры оборотной воды в трубопроводе. Следовательно, потенциал утилизации энергии в значительной степени зависит от качества теплообменников, конструкции гидравлических систем и характеристик управления технологическим процессом, которые определяют температуру оборотной воды. Применение устройств конденсации топочного газа представляет интерес при использовании биомассы влажностью 40-55%, температуре оборотной воды менее 60°С и номинальной мощности котлоагрегата более 2МВт.

Одним из наиболее важных аспектов эксплуатации установок на биомассе большой мощности являются также проблемы, связанные с использованием низкокачественной дешевой топливной биомассы, которая часто приводит к образованию отложений и коррозии теплообменников и пароперегревателей, и дополнительным выбросам, вызываемым более высоким содержанием в топливной биомассе азота, серы, хлора, фтора, калия и натрия, по сравнению с древесиной

В Республике Беларусь снижению выбросов от печного и отопительного оборудования, работающего на местных видах топлива, не уделяется достаточного внимания. В подавляющем большинстве котельных не применяются контролирующие приборы, не внедрены автоматизированные системы управления технологическими режимами сжигания топлива и, как следствие этого, отсутствует система автоматического мониторинга выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Выводы

- 1. Для снижения выбросов вредных веществ в атмосферу, а также повышения КПД установок в стадии подготовки местных видов топлива для сжигания необходимо использовать подсушку биомассы. Для этих целей экономически оправданным является использование солнечных воздушных коллекторов, тепловых насосов, установок конденсации топочного газа, использующих возобновляемые источники энергии для подогрева воздуха и создания микроклимата в сушильном отделении. Подсушка топлива со снижением влажности с 50 до 30% (весовых) позволит повысить КПД установки до 10%.
- 2. Выбор конструкции оборудования и технологии сжигания местных видов топлива должен позво-

лить создать стабильный газогенераторный режим для получения температуры дымогарных газов в пределах 1000-1100 °C, который позволяет осуществить полное сгорание топлива и обеспечить минимальный уровень выбросов вредных веществ в атмосферу.

- 3. Применение эффективных методов управления технологическими процессами позволяет минимизировать уровень выбросов и оптимизировать тепловой КПД. Разработаны различные методы управления процессом сжигания топлива. Эти методы могут основываться на измерениях параметров определенных соединений топочного газа или значений температуры, данные о которых передаются на контроллер процесса горения в объеме, необходимом для регулировки процесса горения, посредством изменения количества и распределения воздуха, подаваемого в топочную камеру.
- 4. Эффективной мерой по повышению КПД установки и снижению выбросов вредных веществ является снижение содержания избыточного кислорода в топочном газе. Для управления этим процессом рекомендуется устанавливать датчики кислорода и СО в потоке топочного газа на выходе из котла с целью оптимизации подачи вторичного воздуха (контроль СО-\(\lambda\)), а также предусмотреть повышение качества смешения топочного газа с воздухом топки.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии и местных видов топлива: материалы теплоэнергетической компании «ТЕСОлтд». Петрозаводск, 2005. С. 11.
- 2. Котлы на биотопливе. НПП «Белкотломаш». Витебск, 2006. С. 8.
- 3. Handbook of Biomass Combustion and Co-firing. Prepared by Task 32 of the Implementing Agreement on Bioenergy under the auspices of the International Energy Agency. Eds. Sjaak van Loo and Jaap Koppejan, TNO-MEP, Apeldoorn (The Netherlands). ISBN 9036517737. First edition 2002). –P. 67.
- 4. Ingwald Obernberger and Gerold Thek, Techno-Economic evaluation of selected decentralised CHP plants based on biomass combustion in IEA partner countries. Final report., BIOS, Graz (Австрия), March, 2004. P. 89.
- 5. Wood for Energy Production: Technology Environment Economy. Prepared by the Centre for Biomass Technology on behalf of the Danish Energy Agency. Ed. Helle Serup, Danish Forest and Landscape Research Institute, Hørsholm (Denmark). ISBN: 87-90074-28-9.2002. Second Revised Edition, 2002. P. 132.

Технический сервис в АПК Экономика

УДК 621.43.001.4

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 13.03.2009

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТОРМОЗНОГО УСТРОЙСТВА ОБКАТОЧНО-ТОРМОЗНОГО СТЕНДА

Д.А. Жданко, аспирант (УО БГАТУ)

Аннотация

Рассмотрены вопросы применения гидравлических насосов для торможения при обкатке двигателей внутреннего сгорания.

Введение

В последнее время возросла потребность ремонтного производства в обкаточно-тормозных стендах. Это связано со старением распространенных в стране стендов, разработанных ГОСНИТИ на базе асинхронных машин с фазным ротором [1, 2].

Разнообразие выпускаемых в мире обкаточнотормозных стендов позволяет выбрать оптимальную схему стенда и разработать его конструкцию для конкретных условий отечественного ремонтного производства двигателей внутреннего сгорания (ДВС) [1, 2].

Проведенный анализ схем и конструкций обкаточно-тормозных стендов [3] показал, что наиболее распространенные электрические стенды при всех их достоинствах имеют такие недостатки, как большие габариты, вес и высокая стоимость.

Применение в качестве тормоза гидрообъемных регулируемых насосов позволяет исключить недостатки, присущие электрическим стендам [4]. Кроме того, гидрообъемные насосы обладают рядом преимуществ по сравнению с динамометрами других типов, прежде всего, малой инерцией, высокой стабильностью управления и динамичностью, а также низкой ценой за счет недорогой, надежной массово выпускаемой элементной базы [2].

Основная часть

Торможение двигателей внутреннего сгорания производится для создания нагрузки на коленчатом валу при их горячей обкатке и снятии при этом основных эксплуатационных показателей. Взаимосвязь этих показателей наглядно представляется графически в виде регулировочных и эксплуатационных характеристик.

Для создания нагрузки на коленчатом валу двигателя при его горячей обкатке и определения эксплуатационных показателей необходимо соблюдать неравенство

$$M_{_{H}} \ge M_{_{e \max}}$$
, (1)

где M_{μ} – момент на валу насоса, Н·м;

 $M_{_{e\, {
m max}}}$ — максимальный эффективный крутящий момент двигателя, H·м.

Стендовая обкатка двигателя проводится как с целью приработки трущихся поверхностей, так и для определения его эксплуатационных показателей. По данным стендовых испытаний двигателя строится скоростная (внешняя) характеристика, которая наиболее часто используется в практических расчетах. Так как тракторные двигатели имеют регуляторы частоты вращения, то скоростную характеристику, построенную по полученным данным при обкатке ДВС с работающим регулятором, называют регуляторной.

Максимальная мощность привода насоса, необходимая для торможения двигателя, определяется:

$$N_{_{\scriptscriptstyle H}} = \frac{N_{_{\scriptscriptstyle \Pi}}}{\eta_{_{\scriptscriptstyle L}}} \,\,, \tag{2}$$

где $\eta_{_H}$ – КПД насоса; $\eta_{_H}$ =0,89...0,91 – для аксиально-плунжерных насосов с наклонным диском; $\eta_{_H}$ =0,92...0,93 – для аксиально-плунжерных насосов с наклонным блоком [5].

КПД новых насосов определяется по их технической характеристике, а отремонтированных и бывших в употреблении – на диагностических стендах.

 $N_{_{\rm II}}$ – полезная мощность насоса, Вт;

 $N_{_{\scriptscriptstyle H}}$ — мощность, затрачиваемая ДВС на привод насоса, Вт, т.е.

$$N_{_{H}}=N_{_{\rho}},\tag{3}$$

где $N_{_{\rho}}$ – эффективная мощность двигателя, Вт.

Выразим мощность, затрачиваемую на привод насоса, через крутящий момент и угловую скорость [5, c.275]

$$N_{\mu} = M_{\mu} \omega_{\mu}, \tag{4}$$

где ω_{μ} – угловая скорость вала насоса, с⁻¹.

Полезная мощность насоса представляет собой выражение:



$$N_{_{\Pi}} = Q \Delta p, \qquad (5)$$

где Q – расход насоса (подача), м³/с.

$$Q = V_0 n , (6)$$

где n — частота вращения вала насоса (двигателя);

 V_0 – рабочий объем насоса, м³;

 Δp – разность давлений, Па.

$$\Delta p = p_2 - p_1, \tag{7}$$

где p_2 – давление на выходе из насоса (до дросселя), Па;

 p_1 – давление на входе в насос (после дросселя), Па.

Подставив в выражение (2) формулу полезной мощности насоса (5), получим следующую зависи-

$$N_{H} = \frac{\Delta pQ}{\eta_{H}} = \frac{V_{0} \cdot n \cdot (p_{2} - p_{1})}{\eta_{H}}.$$
 (8)

Определим момент на валу насоса с учетом формулы (4):

$$M_{_{H}} = \frac{\Delta pQ}{\eta_{_{H}}\omega_{_{H}}}.$$
(9)

Выразив угловую скорость вала насоса через частоту вращения, получим:

$$\omega_{_{u}} = 2\pi n \,. \tag{10}$$

С учетом этого

$$M_{_{_{II}}} = \frac{\Delta pQ}{2\pi n\eta_{_{_{II}}}} = \frac{\Delta pV_{_{o}}}{2\pi\eta_{_{_{II}}}}.$$
(11)

Так как тормозной момент на валу насоса создается и изменяется дросселированием потока жидкости, то подача насоса будет ограничена ее расходом через отверстие дросселя сечением S_0 . Преимущество использования в качестве тормоза регулируемых гидравлических насосов состоит в возможности дросселирования потока жидкости через дроссель постоянного сечения. Поэтому выразим момент привода насоса, исходя из расхода жидкости, через дроссель постоянного сечения:

$$Q = \mu S_{_0} \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p} , \qquad (12)$$

где μ – коэффициент расхода;

 S_0 – площадь сечения отверстия, M^2 ;

 ρ – плотность жидкости, кг/м³.

$$M_{_{\scriptscriptstyle H}} = \frac{\mu S_{_{\scriptscriptstyle 0}} \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p^{^{3}}}}{2\eta_{_{\scriptscriptstyle H}} \pi n} \,. \tag{13}$$

Так как площадь дросселя круглого сечения

$$S_{\scriptscriptstyle 0} = \frac{\pi d^2}{4},\tag{14}$$

где d – диаметр отверстия дросселя (м), то, преобразовав с учетом этого выражение (13), получим:

$$M_{_{H}} = \frac{\mu d^{^{2}} \sqrt{2\Delta p^{^{3}}/\rho}}{8\eta n},$$
(15)

т.е. значение тормозного момента в зависимости

$$M_{u} = f(\Delta p, n, \rho, d, \mu, \eta_{u}). \tag{16}$$

Момент привода насоса можно выразить также через его подачу, подставив в выражение (11) разность давления на дросселе постоянного сечения

$$\Delta p = \frac{Q^2 \rho}{2\mu^2 S^2} \,. \tag{17}$$

Для дросселя круглого сечения

$$\Delta p = \frac{8Q^2 \rho}{\mu^2 \pi^2 d^4} \,. \tag{18}$$

Тогда момент привода насоса запишется

$$M_{_{n}} = \frac{4Q^{^{3}}\rho}{\mu^{^{2}}\pi^{^{3}}d^{^{4}}n\eta_{_{n}}}.$$
 (19)

Или с учетом формулы (6)

Учитывая, что рабочий объем насоса V_0 выражается зависимостью [5, с.30]

$$V_{0} = Flzm, (21)$$

где F – эффективная площадь поршня, M^2 ;

l – ход поршня, м;

z — число поршней, шт;

т - число циклов (двойных ходов поршня) за один оборот вала.

Для аксиально-поршневых насосов с наклонной шайбой [6, с.30]:

$$l \approx d_{z} t g \beta; \quad m = 1, \tag{22}$$

где $d_{"}$ – диаметр окружности, на которой расположены поршни в шайбе, м;

 β – угол наклона опорной шайбы, град.

Запишем выражение (20), учитывая формулу (21)

$$M_{_{H}} = \frac{4F^{3}d_{_{\Pi}}^{3}tg\beta^{3}m^{3}z^{3}n^{2}\rho}{\mu^{2}\pi^{3}d^{4}\eta_{_{H}}}.$$
 (23)

Так как привод аксиально-плунжерного насоса осуществляется обкатываемым двигателем, то крутящий момент двигателя равен моменту привода вала насоса. Значит, при помощи регулируемого аксиаль-



но-плунжерного насоса можно создавать и изменять нагрузку на валу ДВС, используя дроссель постоянного сечения, т.е. производить обкатку под нагрузкой для приработки трущихся поверхностей и снимать его эксплуатационные характеристики.

Поэтому можно утверждать, что:

$$M_{\nu} = f(\Delta p, n, \rho, d, \mu, \eta_{\nu}). \tag{24}$$

$$M_{\kappa} = f(Q, n, \rho, d, \mu, \eta_{\mu}). \tag{25}$$

$$M_{\kappa} = f(F, d_{\Pi}, \beta, z, m, n, \rho, d, \mu, \eta_{H}). \tag{26}$$

Анализируя зависимости (24) – (26), можно сделать вывод, что значение крутящего момента на валу обкатываемого двигателя зависит от угла поворота наклонной шайбы (диска), частоты вращения коленчатого вала двигателя (вала насоса), параметров дросселя постоянного сечения, т.е. крутящий момент на валу обкатываемого двигателя напрямую связан с давлением в напорной магистрали насоса и расходом жидкости через дроссель постоянного сечения.

Следовательно, крутящий момент обкатываемого двигателя проще контролировать по давлению, так как расход жидкости контролировать сложнее, и он зависит еще и от времени.

При торможении двигателя необходимо, чтобы рабочий объем насоса мог изменяться от 0 до максимального значения. Это позволит плавно изменять тормозной момент в необходимом диапазоне.

С целью продления ресурса насоса и гидроаппаратуры максимальное давление в напорной магистрали при максимальном рабочем объеме гидронасоса необходимо поддерживать близким к номинальныму значению. Ввиду того, что продолжительность обкатки на последних ступенях нагружения составляет 10 и 5 минут, то допустимо некоторое кратковременное превышение номинального давления.

В качестве нагружающего устройства электрогидравлического обкаточно-тормозного стенда предлагается применение гидравлических насосов объемного типа, которые используются в объемном гидроприводе, получившем наиболее широкое распространение в машиностроении [7].

Как уже отмечалось ранее, наиболее подходящими для торможения двигателя являются регулируемые аксиально-плунжерные насосы.

На рис. 1 приведена гидравлическая схема нагружающего устройства.

Тормозной момент на коленчатом валу двигателя внутреннего сгорания 1, а, следовательно, и на валу регулируемого аксиально-плунжерного насоса 3 создается нагнетанием жидкости через дроссель постоянного сечения 5, т.е. дросселированием, и контролируется по манометру 6. При дросселировании потока жидкости под высоким давлением механическая энергия торможения будет превращаться в тепловую, т.е. будет происходить нагрев рабочей жидкости. Для охлаждения жидкости в конструкции стенда предусмотрен рекуперативный теплообменный аппарат 4.

Частота вращения коленчатого вала обкатываемого двигателя контролируется по тахометру 2.

На основании исследований, приведенных выше, выбор аксиально-плунжерного насоса и диаметра дросселя постоянного сечения для торможения при горячей обкатке двигателя производим по следующей методике.

Определяем крутящий момент на валу обкатываемого двигателя по технической характеристике. Если в ней указана мощность двигателя, то момент находим по формуле:

$$M_e = 9550 \frac{N_e}{n}.$$

Пользуясь данными технической характеристики насоса и значением номинальной частоты вращения коленчатого вала обкатываемого двигателя, по формуле (11), с учетом зависимости (1), выбираем насос:

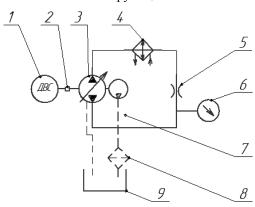
$$M_{e_{\max}} \leq \frac{pV_{o}}{2\pi\eta_{u}}$$

Для выбранного насоса рассчитываем диаметр дросселя постоянного сечения по формуле:

$$d = 2 \cdot \sqrt{\frac{V_{_0} n \eta_{_0}}{\pi \mu \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p}}}.$$

Произведем расчет параметров гидравлического тормоза для горячей обкатки под нагрузкой двигателя Д-240.

Номинальный крутящий момент на валу двига-



- —— гидролиния высокого давления (напорная)
- гидролиния с давлением подпитки
- ——— гидролиния всасывания
- ——— гидролиния с давлением дренажа Рисунок 1. Гидравлическая схема тормозного устройства:

двигатель внутреннего сгорания; 2 – тахометр;
 д регулируемый аксиально-плунжерный насос; 4 – теплообменный аппарат;
 д фильтр;
 д гидробак



теля — $255 \ H\cdot M$. Для торможения выбираем насос НП-90. Находим момент привода на валу насоса при номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя и сравниваем его с номинальным крутящим моментом двигателя:

$$255 \ H \cdot M < \frac{20, 6 \cdot 10^{6} \cdot 89 \cdot 10^{-6}}{2\pi \cdot 0,93} = 314 \ H \cdot M$$

Для выбранного насоса рассчитываем диаметр дросселя постоянного сечения:

$$d = 2 \cdot \sqrt{\frac{89 \cdot 10^{-6} \cdot 36, 7 \cdot 0, 91}{3,14 \cdot 0,75 \sqrt{\frac{2}{800}} 20, 6 \cdot 10^{6}}} = 0,005 M$$

По вышеизложенной методике подобраны насосы и диаметры отверстий дросселя для нагружения при горячей обкатке двигателей внутреннего сгорания, наиболее распространенных в нашей республике.

Результаты подбора представлены в таблице.

Заключение

Применение аксиально-плунжерных насосов в качестве тормоза при обкатке и испытаниях ДВС является перспективным направлением. Развитие этого направления позволит в короткие сроки оснастить ремонтные предприятия дешевыми, малогабаритными, универсальными, экономичными и надежными стендами.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Григорьев, П.В. Новые обкаточнотормозные стенды для двигателей внутреннего сгорания/ П.В. Григорьев, А.А. Ермилов// МТС. 2006. N 1. C. 53-54.
- 2. Соловьев, Р.Ю. Гидрообъемный привод как средство обкатки двигателей внутреннего сгорания/ Р.Ю. Соловьев, А.А. Ермилов// Ремонт, восстановление, модернизация. $2006. N \cdot 7. C. 8-10.$
- 3. Жданко, Д.А. Анализ современных обкаточнотормозных стендов/ Д.А. Жданко, А.В. Новиков// Межведомственный тематич. сб. "Механизация и электрификация сельского хозяйства"/ РУП "НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства". 2007. №41. С.42-48.
- 4. Совершенствование обкаточно-тормозных устройств/ В.Я. Тимошенко [и др.] //Агропанорама. 2006. N 11. C. 11-13.
- 5. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: учеб. для машиностроит. вузов /Т.М. Башта [и др.]. 2- е изд. М.: Машиностроение, 1982. 423 с., ил.
- 6. Васильченко, В.А. Гидравлическое оборудование мобильных машин: справочник/ В.А. Васильченко. М.: Машиностроение, 1983. 301 с.
- 7. Ловкис, З.В. Гидроприводы сельскохозяйственной техники: конструкция и расчет/ З.В. Ловкис. М.: Агропромиздат, 1990. 239 с.

Подбор аксиально-плунжерных насосов и дросселей постоянного сечения для торможения ЛВС при горячей обкатке

сечения для торможения дос при горячей обкатке						
Марка двигателя	Номинальный крутящий момент на валу	Номинальная частота вращения коленвала,	Марка насоса	Номиналь- ное давление,	Рабочий объем, см ³	Диаметр дросселя, мм
	двигателя, Н⋅м	мин ⁻¹		МПа		
ЯМ3-240Б	1110	1900	A4VSO	20	355	9
Д-260.16	937	2100	A4VSO	25	250	7,5
Д-260.7-43	920	2103	A4VSO	25	250	7,5
ЯМ3238НБ	850	1700	313.3.250,			8
Д-260.7С2	846	2100	A4VSO 20	250	9	
Д-260.4С2	709	2100	A4V30			9
Д-260.1С2	528	2100	313.3.160, A4VSO	20	160 180	7 6,5
Д-260.2-2C2	455	2100	HП-112	26,5	110,8	5,5
Д-245	334	2200				5,5
Д-245	282	2200				5,5
Д-245.5, Д-243	260	2200	НП-90	20,6	89	5
Д-240	255	2200				5
Д-242	200	2200	НП-71	22,5	69,8	4,5
Д-244	182	2200	1111-71	22,5	09,0	4,5

УДК 631.153.46

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 4.05.2009

МЕТОДИКА ТЕХНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ ПОЛЕВЫХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ РАБОТ

В.Я. Тимошенко, А.В. Новиков, Г.Ф. Добыш, кандидаты техн. наук, доценты (УО БГАТУ); О.Ф. Смолякова, канд. педаг. наук, доцент(МГПУ им И.П. Шамякина)

Аннотация

Для эффективной работы сельскохозяйственного предприятия важно определить его потребность в капитальных вложениях и оборотных средствах, в том числе сельскохозяйственной технике, удобрениях, топливно-смазочных материалах и т.п. Это возможно при наличии научно- обоснованных норм выработки и расхода топлива на полевые механизированные работы. Проблемы разработки и применения этих норм и рассматриваются в данной статье.

Введение

Действующие нормы выработки и расхода топлива машинно-тракторных агрегатов непосредственным образом влияют на оплату труда работников и, таким образом, выполняют функцию социальной защиты населения.

В то же время установить точную норму выработки не представляется возможным из-за постоянно изменяющихся условий использования, состояния рабочих органов машин, погодных условий и т. п., поэтому используются усредненные нормы выработки и расхода топлива для хозяйства в целом или его подразделений.

Поэтому процесс разработки и внедрения научнообоснованных норм, учитывающих возможности исполнителей и конкретные условия работы машиннотракторных агрегатов (МТА), является важнейшим мероприятием высокоэффективной организации использования агрегатов и труда исполнителей, действенным средством социальной защиты работников [2].

Основная часть

Производительность машинно-тракторного агрегата и расход топлива зависят от многих факторов: агротехнологических, естественно-климатических, организационно-технических и др.

Факторы, не зависящие от исполнителей, характеризующие условия их работы, называют нормообразующими.

К ним относятся: удельное сопротивление обрабатываемого материала (почвы, растений и т.п), длина гона, угол склона, каменистость, изрезанность полей препятствиями и др. Из-за их многообразия и трудности количественной оценки при нормировании пользуются значениями их функций.

Различают [1] два основных метода нормирования: суммарный и поэлементный.

Суммарный метод основан на том, что норму устанавливают в целом (суммарно) на всю работу агрегата без расчленения ее по составным частям.

Поэлементный же метод основан на том, что при расчете норм работу расчленяют на элементы и рассчитывают нормы исходя из рациональной организации каждого элемента. При этом исключают нерациональные затраты на отдельные элементы. Иногда этот метод называют аналитическим, поскольку при расчете норм учитываются нормообразующие факторы. Только поэлементное установление норм может быть отнесено к техническому (научно-обоснованному) [1] нормированию.

Как разновидность суммарного метода нормирования применяется опытное или опытностатистическое установление норм, основанное на прошлом опыте работ или на статистической обработке данных о фактической наработке.

Разновидностями поэлементного нормирования являются аналитически-экспериментальное, при котором нормы устанавливают расчётом на основе экспериментов, и аналитически-расчетное, когда нормы устанавливают аналитически на основе поэлементных нормативов, установленных для типичных условий работы (по справочным данным).

С каждым годом увеличивается номенклатура используемой хозяйствами техники, идет ее постоянное обновление. В силу этого становится невозможным использование типовых норм, разрабатывавшихся и разрабатывающихся для региона, зоны и т.п. Разработка же и утверждение типовых норм выработки и расхода топлива на полевые механизированные работы занимает не менее 2-х лет, за которые эти нормы устаревают. Очевидно, это явилось причиной того, что существовавшие в каждой области нормативно-расчетные центры упразднены. В Беларуси есть только один Республиканский нормативно-



исследовательский центр, занимающийся разработкой типовых норм и оказанием услуг сельскохозяйственным предприятиям по нормированию работ (труда). Наличие такого центра безусловно необходимо и, прежде всего, для оказания консалтинговых услуг предприятиям по нормированию труда. Разрабатываемые и издаваемые им сборники типовых норм выработки и расхода топлива в силу названных выше причин имеют весьма ограниченное применение и устаревают быстрее, чем обновляется сельскохозяйственная техника [6]. Вызывает сомнение и объективность рекомендуемых типовыми сборниками норм выработки из-за их усредненности.

Новая редакция статьи 87 Трудового кодекса Республики Беларусь предусматривает, что с 26 января 2008 года наниматель обязан сам устанавливать нормы труда (нормы выработки, нормы времени и т.п.), обеспечивать их замену и пересмотр с участием профсоюза.

Так, например, конкретную норму выработки пахотному агрегату устанавливают для условий:

- удельное сопротивление почв при вспашке k_o =48-50 кПа;
 - глубина вспашки а=20-22см;
 - длина гона L=400-600м.

Если взять нижние пределы k_o =48 кПа, a=20 см, верхний предел L=600м и определить норму выработки пахотного агрегата в этих условиях, то она окажется выше более чем на 20% нормы выработки при верхних пределах R_o =50 кПа, a=22 см и нижнем L=400 м.

Известно, что часовая производительность MTA определяется как

$$W_{\rm H} = 0.36 \; {\rm B_p \cdot V_p} \; \tau \; , \tag{1}$$

где B_p – рабочая ширина захвата агрегата, м;

 V_p — рабочая (фактическая) скорость движения МТА, м/с;

au — коэффициент использования времени смены.

Рабочая ширина захвата

$$\mathbf{B}_{p} = \boldsymbol{\beta} \cdot \boldsymbol{B},$$

где β — коэффициент использования конструктивной ширины \hat{A} захвата машины.

Многолетним производственным опытом установлено, что значение коэффициента β в основном определяется назначением сельскохозяйственной машины с точки зрения исключения огрехов при ее работе. Например, для посадочных, посевных машин и машин для междурядной обработки $\beta = 1$; на бо-

роновании, культивации, дисковании, прикатывании, кошении, сгребании — меньше 1 (0,95-0,97); для плугов — (1,03-1,07) и т.д. Т.е. рабочая ширина захвата машины всегда может быть определена достаточно точно, априори, исходя из ее назначения [4, 6].

Скорость движения зависит от удельного сопротивления обрабатываемого материала, угла склона, состояния почвы, фона и многих других факторов и может быть определена экспериментально.

Ее определение не требует никаких сложных измерительных приборов – только секундомер и рулетку и исключает те погрешности, которые возникают при измерениях тягового сопротивления, сопротивления качению и т.п. Отсюда следует, что рабочую скорость движения МТА V_p , как составляющую производительности (1), достаточно точно и просто определить экспериментально, путем измерения времени движения агрегата t_ϕ по зачетному отрезку пути ΣL_p , т. е.

$$V_p = \frac{\Sigma L_p}{t_o} \text{ if } T_p = \frac{\Sigma L_p}{V_p}. \tag{2}$$

В выражении (1) еще одной неизвестной величиной остается коэффициент использования времени смены τ , который определяется как

$$\tau = \frac{T_p}{T_n} \ , \tag{3}$$

где T_p (или t_1) — основное (чистое) время работы МТА, ч;

 $T_{\text{п}}$ – действительная продолжительность смены, ч.

В сельском хозяйстве нормирование производится исходя из продолжительности смены T=7 ч, кроме работ, связанных с ядохимикатами, где T=6 ч.

Чистое время работы агрегата T_p может быть определено экспериментально, из баланса времени смены, который составляется по результатам хронометражных наблюдений.

Необходимым и достаточным принято считать хронометраж трех рабочих смен.

Хронометражные наблюдения заносятся в хронометражный лист установленной формы и обрабатываются согласно известной методике [3]. По результатам наблюдений трех смен определяются средние значения составляющих баланса времени смены и среднее значение коэффициента использования времени смены.

Однако определение указанным путем составляющих баланса и коэффициента использования времени смены более трудоемко, чем определение скорости движения, но достаточно точно. Но с приемлемой погрешностью коэффициент τ можно опреде-



лить расчетным путем, используя найденное опытным путем значение скорости на рабочем режиме и определив $T_{_{D}}=\Sigma L_{_{D}}/V_{_{D}}$.

Время смены агрегата с работающим двигателем включает время выполнения технологической операции T_p , движение с выключенными рабочими органами на поворотах и переездах $t_{\scriptscriptstyle X}$ и остановки с работающим двигателем $t_{\scriptscriptstyle Q}$, т. е.

$$T = T_{p} + t_{x} + t_{o} . (4)$$

Если время смены разделить по элементам (циклам), то можно определить продолжительность каждого цикла.

Различают кинематический цикл (один круг, который проходит МТА) и технологический (заполнение или опорожнение технологической емкости — бункера зерноуборочного комбайна, семенного ящика сеялки, вместимости рядом идущего транспорта при уборке кормов и трав и т.п.).

Время цикла определяется:

- кинематического

$$t_{\text{IIK}} = 3, 6 \cdot 10^{-3} \left(\frac{2L_p}{V_p} + \frac{2l_x}{V_x} + 60t_{on} \right);$$
 (5)

технологического

$$t_{\text{IIT}} = 3,6 \cdot 10^{-3} \left(\frac{l_{ocm}}{V_p * \varphi} + 60t_{ocm} \right),$$
 (6)

где L_p – рабочая длина обрабатываемого участка, м;

 l_x – холостой путь одного поворота в конце загона, м;

ton – время технологического обслуживания МТА, приходящееся на один круг (цикл), мин.

$$(t_{\rm off}=t_{\rm oct}\,\frac{l_{\rm oct}}{2L_{\rm p}});$$

 $V_{p},\ V_{x}$ — соответственно, скорость на рабочем и холостом (на повороте) ходу агрегата, м/с;

 l_{ocm} — путь между двумя технологическими остановками. м:

 $t_{\text{ост}}$ – продолжительность одной технологической остановки (выгрузка зерна из бункера комбайна, загрузка семян в сеялку и т. п.), мин.;

 φ – коэффициент рабочих ходов.

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + l_x}$$
 . Откуда $\frac{L_p}{\varphi} = L_p + l_x$. (7)

Путь между двумя технологическими останов-ками зависит от объема технологической емкости

V (м³), урожайности h (т/га) и рабочей ширины $B_{\rm p}$ (м) захвата МТА. Он может быть определен как

$$l_{ocm} = \frac{10^4 \cdot \mathbf{V} \cdot \boldsymbol{\gamma} \cdot \boldsymbol{\lambda}}{B_p \cdot h}, \tag{8}$$

где γ – плотность груза (зерна, семян, зеленой массы и т.п.), т/ M^3 ;

 λ — коэффициент заполнения технологической емкости [4].

По известному значению времени одного цикла $t_{\rm u}$ ($t_{\rm ur}$ — технологического, для работ на посеве, связанных с загрузкой семян, выгрузкой зерна на уборке и т. п.; $t_{\rm uk}$ — кинематического — для почвообрабатывающих агрегатов) можно определить их количество за время смены

$$n_{_{II}} = \frac{T - t_2 - t_5 - t_6}{t_{_{II}}},\tag{9}$$

а округлив $n_{_{\rm II}}$ до ближайшего целого числа $n'_{_{\rm II}}$, определить и действительное время смены (число циклов должно быть целым числом — это означает, что нельзя закончить работу в середине гона, необходимо доехать хотя бы до края поля, высеять все зерно из бункера сеялки и т. п.)

$$T_{\pi} = t_{\Pi} \cdot n_{\Pi}, \tag{10}$$

где t_2 – время простоев МТА для его технического обслуживания (принимается t_2 = 0,16...0,5 ч), ч. [4];

 t_5 — время на личные надобности и отдых механизатора (t_5 = 0,42...0,64 ч), ч [5];

 t_{6} – подготовительно-заключительное время, ч

$$t_6 = t_{ETO} + t_{\Pi\Pi} + t_{\Pi HK} + t_{\Pi H} , \qquad (11)$$

где $t_{\it ETO}$ — время на проведение ежесменного технического обслуживания, ч;

 $t_{\Pi\Pi}$ – время на подготовку агрегата к переезду, ч;

 $t_{\it \Pi HK}$ – время переездов в начале и конце смены, ч;

 $t_{\it \Pi H}$ – время на получение наряда и сдачу работы, ч.

Значения составляющих подготовительно- заключительного времени t_6 могут быть тоже определены путем хронометража. При этом значения времени t_{ETO} и $t_{\Pi\Pi}$, зависящие от состава агрегата, его сложности должны быть установлены дифференцированно по каждому МТА, в то время как другие составляющие, не

зависящие от состава МТА, могут быть установлены в среднем для хозяйства, бригады или участка.

Время основной работы МТА может быть определено как:

- для кинематического цикла

$$Tp_{\kappa} = \frac{2L_p}{V_p} \cdot \frac{n_{u\kappa}}{3600}, u; \qquad (12)$$

- для технологического цикла

$$Tp_{_{\mathrm{T}}} = \frac{l_{ocm}}{V_{_{D}}} \cdot \frac{n_{_{\mathrm{IT}}}}{3600}, 4.$$
 (13)

Время холостых поворотов:

для кинематического цикла —

$$t_x = \frac{2l_x}{V_x} \cdot \frac{n_{ux}}{3600}, y \tag{14}$$

- для технологического цикла -

$$t_{x} = \frac{l_{ocm}(1-\varphi)}{V_{x}\varphi} \cdot \frac{n_{ur}}{3600}, 4.$$
 (15)

Обычно МТА на поворотах движутся на рабочей скорости без переключения передач, поэтому при расчетах можно принять $V_p \approx V_x$.

Продолжительность остановок за действительное время смены будет равна

$$t_o = T_{\pi} - T_p - t_x.$$

Полученные значения составляющих времени смены позволяют определить коэффициент использования времени смены τ и сменную производительность (выработку) МТА:

$$W_{_{\text{CM}}} = 0.36B_{_{p}} \cdot V_{_{p}} \cdot T_{_{\text{A}}} \cdot \tau, \varepsilon a / c_{\text{M}}$$

или

$$W_{cM} = 0.36 B_p V_p T_p$$
, ra/cm. (16)

Выражение (16) позволяет определить сменную норму выработки МТА, работающего при влажности почвы W = 20-22%, на горизонтальном участке, при отсутствии каменистости и изрезанности полей препятствиями.

Если условия отличны от вышеприведенных, то это можно учесть поправочными коэффициентами к нормам выработки и расхода топлива на влажность почвы, рельеф, каменистость и изрезанность полей препятствиями [6].

Одним из важнейших условий экономного расходования топлива является установление обоснованных норм его расхода на единицу выполняемой (выполненной) работы.

Гектарный расход топлива может быть определен

$$Q = \frac{G_{TP} * Tp + G_{TX} * t_x + G_{TO} * t_o}{W_{CM}},$$
(17)

где, G_{TP} , G_{TX} , G_{TO} — соответственно, расход топлива на рабочем режиме, холостом ходу и на остановках с работающим двигателем, кг/ч.

Расход на этих режимах зависит от расхода топлива на номинальном режиме данного двигателя. Его значение и расход топлива на холостом ходу двигателя приводятся в характеристике двигателя (инструкции по эксплуатации).

Расход топлива на рабочем режиме

$$G_{\rm TP} = G_{\rm TX,I} + (G_{\rm TH} - G_{\rm TX,I}) \eta_{Ne}^{p}$$
 (18)

На холостых переездах

$$G_{TX} = G_{TXn} + (G_{TH} - G_{TXn})\eta_{Ne}^{x}.$$
 (19)

На остановках с работающим двигателем

$$G_{TO} = (0,15...0,3)G_{TH}$$
 (20)

Здесь G_{TH} , $G_{TX_{3}}$ – часовой расход топлива двигателя, соответственно, на номинальном режиме и холостом ходу, кг/ч [4, 5];

 η_{Ne}^{p} , η_{Ne}^{x} — фактическое значение коэффициентов загрузки двигателя, соответственно, на рабочем режиме и холостом ходу.

С достаточным приближением для практических расчетов можно принять

$$\eta_{N_e}^x = (0, 25...0, 30) \eta_{N_e}^p.$$
(21)

Изложенная аналитически-экспериментальная методика нормирования механизированных полевых работ позволяет в любом сельскохозяйственном предприятии при поступлении новых машин оперативно устанавливать обоснованные и объективные нормы выработки и расхода топлива, обеспечивая тем самым эффективное использование техники и социальную защиту исполнителей.

Выводы

- 1. Из-за определения норм выработки и расхода топлива по средним значениям нормообразующих параметров типовые нормы выработки и расхода топлива имеют значительные отклонения и зачастую не могут быть выполнены в реальных условиях хозяйства, что не обеспечивает социальную защиту исполнителей.
- 2. Установление фактических норм выработки и расхода топлива в конкретном сельскохозяйственном предприятии может быть выполнено по предлагаемой методике путем измерения скорости и расчета значения коэффициента использования времени смены непосредственно в сельскохозяйственной организации.
- 3. Для того чтобы нормы выработки постоянно выполнялись, необходимо следить за техническим состоянием агрегата (настройка машин, заточка и очистка рабочих органов и др.), подготовкой полей (уборка остатков соломы, камней, отдельных препят-



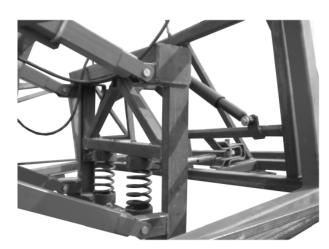
ствий и т. п.) и применением прогрессивнопремиальных форм оплаты труда.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Иофинов, С.А. Эксплуатация машиннотракторного парка/ С.А. Сидорович. М.: Колос, 1974.-C.407-410.
- 2. Сидорович, В.И. Из первых уст/ В.И. Сидорович // «Консультант-Экспресс», №21, 26 мая 2008.
- 3. Положение о нормировании расхода топлива, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве Республики Беларусь. –Минск, УП «Белэнергосбережение», 2003. C.35-67.
- 4. Эксплуатация машинно-тракторного парка: учеб. пособ. для с.-х. вузов /А.П. Ляхов [и др.]; под ред. Ю.В. Будько. Мн.: Ураджай, 1991.
- 5. Эксплуатация сельскохозяйственной техники: учебник для учащихся ср. спец. учрежд. образов., обучающихся по специальности «Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства» /Ю.В. Будько [и др.]; под ред. Ю.В. Будько. Минск: Беларусь, 2006.
- 6. Типовые нормы выработки и расхода топлива на механизированные полевые работы в сельском хозяйстве. Барановичи: Барановичская укрупненная типография, 2007. 160 с.

Независимая навеска и система стабилизации штанги опрыскивателя «Мекосан-2500-18»

Предназначена для снижения амплитуды колебаний штанги и повышения надежности ее несущей конструкции.



Применение разработки позволяет эффективно гасить колебания штанги, возникающие вследствие копирования колесами опрыскивателя неровностей поверхности поля, что обеспечивает высокую равномерность распределения пестицидов по обрабатываемому объекту, а также повышение надежности несущей конструкции штанги.

Основные технические данные:

Марка машины	Мекосан-2500-18
Производительность за 1 час времени, га:	
- сменного	10,9
- эксплуатационного	10,7
Система навески штанги на остов опрыскивателя	Независимая
Способ крепления рамки штанги к остову опрыскивателя	Параллелограммная навеска
Амплитуда колебаний краев штанги, м	до 0,1
Рабочая скорость движения, км/ч	9-12
Качество выполнения технологического процесса:	
- неравномерность распределения рабочей жидкости по	
ширине захвата, % не более	15
- снижение неравномерности распределения рабочей	
жидкости по ширине захвата, % не менее	5
Габаритные размеры опрыскивателя в транспортном	
положении, мм, не более	6045x2425x2215
Габаритные размеры опрыскивателя в рабочем положении	
(при высоте установки штанги 600 мм), мм, не более	6045x18250x2215
Дорожный просвет, мм	350
Увеличении масс опрыскивателя, кг	на 120

УДК 631.331.922:633.51

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 27.03.2009

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОТРАВЛИВАНИЯ ОПУШЕННЫХ СЕМЯН ХЛОПЧАТНИКА

И.Г.Алиев (Азербайджанский технологический университет)

Аннотация

В статье рассмотрена технология и предложены технические средства для протравливания опушенных семян хлопчатника.

Введение

Хлопководство – одна из основных отраслей сельского хозяйства Азербайджана. Главная ее проблема заключается в отсутствии технологий и технических средств, обладающих высокими эксплуатационными, экономическими и экологическими показателями [1,2].

Анализ аналитических исследований показывает, что основными болезнями хлопчатника в Азербайджане являются вил и гуммоз, которые в значительной степени снижают его урожайность.

Для устранения данной проблемы применяется ряд химических средств зарубежного производства: Гаучо-М, Бронотак и Паноктин [3].

Основная часть

Автором публикации разработаны технология и технические средства для протравливания семян хлопчатника, отдельные элементы которых защищены патентами Азербайджанской Республики.

Разработанная технологическая схема представлена на рис. 1.

Принцип работы предлагаемых средств осуществляется следующим образом. Установка включает бункер 1 для опушенных семян хлопчатника, протравливающий барабан 2, наружная поверхность которого обтянута резиной 3, бак для жидких фунгицидов 7, который с помощью трубопровода 5 связан с бочками, имеющими внутри прикрепленный поролоновый материал. Уст-

ройство также имеет трубопровод 6 для выпуска протравленных семян 8. Вал бункера 1 протравливающего барабана и насос 10 для выпуска жидких фунгицидов имеют блокирующее устройство.

Установка работает следующим образом. При вращении вала бункера 1 (вращение передается от электродвигателя — на схеме не показано) осуществляется привод валов протравливающего барабана 2 и насоса 10 через цепные передачи 11 и 12. Семена, поступающие в полость между поролоном и протравливающим барабаном, при вращении последнего проходят между их соприкасающимися поверхностями. Тем самым, наружная поверхность семян полностью протравливается фунгицидами и предотвращается повреждение семян.

Предлагаемые технические средства исследова-

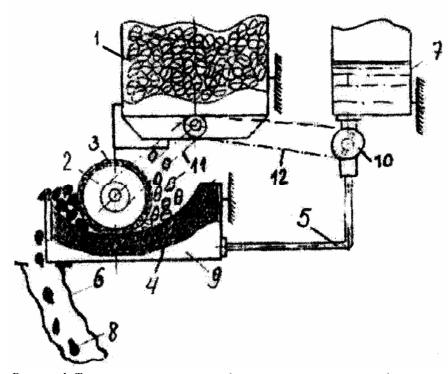


Рисунок 1. Технологическая схема предлагаемых технических средств



ны в нижеследующих конструктивных параметрах и режимах работы:

- угловая скорость вала протравливающего барабана ω = 9; 13; 5; 18 с⁻¹;
- расстояние между протравливающим барабаном и поролоном (в нижней точке) -1; 2; 3 x 10^{-3} M;
- угол обхвата протравливающего барабана с поролоном -1; 1,5; 2 рад.
- В ходе экспериментальных исследований использовались следующие сорта опушенных семян хлопчатника:
 - −«Гянджа-2»;
 - «Гянджа-8»;
 - «Гянджа-78»;
 - «Гянджа-80»;
 - «Аз НИХИ-195».

Результаты исследований для определения качества протравленных семян приведены в табл. 1.

Выводы

Применение предложенных технических средств и технологии для протравливания опушенных семян хлопчатника позволит избежать технологических, экологических и экономических недостатков и, тем самым, повысить урожайность хлопчатника.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Алиев, И.Г. Новые технологии для производства семян хлопчатника/ И.Г. Алиев, Ш.М. Бабаев / Азербайджанская Национальная академия, Гянджинский национальный научный центр// Научные вести, № 29. 2007.
- 2. Алиев, И.Г. Разработка и результаты исследований устройства для протравливания опушенных семян хлопчатника// Аграрная наука Азербайджана, N = 3.-2008.

Таблица 1

Сорта семян	Существующая тех-	Предлагаемая техно-		
	нология, %	логия, %		
Гянджа-2	82	86		
Гянджа-8	81	84		
Гянджа-78	82	88		
Гянджа-80	82	87		
Аз НИХИ-195	80	83		

3. Алиев, И.Г. Разработка и исследование устройства для протравливания семян хлопчатника: сб. науч. трудов, посв. 50-летию основания Азербайджанского научноисследовательского института «Агромеханика»/ И.Г. Алиев, Ш.М. Бабаев. – Гянджа, 2008. –Т. 17.

"Агропанорама" - научно-технический журнал для работников агропромышленного комплекса. Это издание для тех, кто стремится донести результаты своих исследований до широкого круга читателей, кого интересуют новые технологии, кто обладает практическим опытом решения задач.

Журнал "Агропанорама" включен в список изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией для опубликования результатов диссертационных исследований по сельскохозяйственным и техническим наукам (сельскохозяйственное машиностроение, транспорт, геоэкология, энергетика). Журнал выходит раз в два месяца, распространяется по подписке и в розницу в киоске БГАТУ. Подписной индекс в каталоге Республики Беларусь: для индивидуальных подписчиков - 74884, предприятий и организаций - 748842. Стоимость подписки на второе полугодие 2009 года: для индивидуальных подписчиков - 26670 руб., ведомственная подписка - 52599 руб.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. Журнал «Агропанорама» помещает достоверные и обоснованные материалы, которые имеют научное и практическое значение, отличаются актуальностью и новизной, способствуют повышению экономической эффективности агропромышленного производства, носят законченный характер.

Приказом Председателя ВАК от 4 июля 2005 г. № 101 журнал «Агропанорама» включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по сельскохозяйственным и техническим наукам (сельскохозяйственное машиностроение, транспорт, геоэкология, энергетика).

2. Объем научной статъи, учитываемой в качестве публикации по теме диссертации, должен составлять, как правило, не менее 0,35 авторского листа (14000 печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и др.), что соответствует 8 стр. текста, напечатанного через 2 интервала между строками (5,5 стр. в случае печати через 1,5 интервала).

Рукопись статьи, передаваемая в издательство, должна удовлетворять основным требованиям современной компьютерной верстки. К набору текста и формул предъявляется ряд требований:

- 1) рукопись, подготовленная в электронном виде, должна быть набрана в текстовом редакторе Word версии 6.0 или более поздней. Файл сохраняется в формате «doc»;
- 2) текст следует сформатировать без переносов и выравнивания правого края текста, для набора использовать один из самых распространенных шрифтов типа Times (например, Times New Roman Cyr, Times ET);
- 3) знаки препинания (.,!?:;...) не отделяются пробелом от слова, за которым следуют, но после них пробел обязателен. Кавычки и скобки не отделяются пробелом от слова или выражения внутри них. Следует различать дефис«-» и длинное тире «-». Длинное тире набирается в редакторе Word комбинацией клавиш: Ctrl+Shift+«-». От соседних участков текста оно отделяется единичными пробелами. Исключение: длинное тире не отделяется пробелами между цифрами или числами: 1991-1996;
- при наборе формул необходимо следовать общепринятым правилам:
- а) формулы набираются только в редакторе формул Microsoft Equation. Размер шрифта 12. При длине формулы более 8,5 см желательно продолжение перенести на следующую строчку;
 - б) буквы латинского алфавита, обозначающие:

переменные, постоянные, коэффициенты, индексы и т.д., набираются курсивом;

- в) элементы, обозначаемые буквами греческого и русского алфавитов, набираются шрифтом прямого начертания;
 - г) цифры набираются шрифтом прямого начертания;
 - д) аббревиатуры функций набираются прямо;
- е) специальные символы и элементы, обозначаемые буквами греческого алфавита, использованные при наборе формул, вставляются в текст только в редакторе формул Microsoft Equation.
- ж) пронумерованные формулы пишутся в отдельной от текста строке, а номер формулы ставится у правого края.

Нумеруются лишь те формулы, на которые имеются ссылки в тексте.

 Рисунки, графики, диаграммы необходимо выполнять с использованием электронных редакторов и вставлять в файл документа Word. Изображение должно быть четким, толщина линий более 0,5 пт, размер рисунка по ширине: 5,6 см, 11,5 см, 17,5 см и 8,5 см. 4. Цифровой материал должен оформляться в виде таблиц. Каждая таблица должна иметь заголовок и номер (если таблиц несколько). Рекомендуется установить толщину линии не менее 1 пт. В оформлении таблиц и графиков не следует применять выделение цветом, заливку фона.

Фотографии должны иметь контрастное изображение и быть отпечатаны на глянцевой бумаге размером не менее 9х12 см. В электронном виде фотографии представляются отдельно в файлах формата "tif" с разрешением 300 dpi.

Научные статьи, публикуемые в изданиях, включенных в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований, должны включать:

- аннотацию;
- фамилию и инициалы автора (авторов) статьи, ее название;
 - введение:
- основную часть, включающую графики и другой иллюстративный материал (при их наличии);
- заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;
 - список цитированных источников;
 - дату поступления статьи в редакцию.

В разделе "Введение" должен быть дан краткий обзор литературы по данной проблеме, указаны не решенные ранее вопросы, сформулирована и обоснована цель работы.

Основная часть статьи должна содержать описание методики, аппаратуры, объектов исследования и подробно освещать содержание исследований, проведенных авторами.

В разделе «Заключение» должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.

Дополнительно в структуру статьи могут быть включены:

- индекс УДК;
- перечень принятых обозначений и сокращений.
- 5. Литература должна быть представлена общим списком в конце статьи. Библиографические записи располагаются в алфавитном порядке на языке оригинала или в порядке цитирования. Ссылки в тексте обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.
- Статьи из научно-исследовательских или высших учебных заведений направляются вместе с сопроводительным письмом, подписанным директором и приложенной экспертной справкой по установленной форме.
- 7. Статьи принимаются в электронном виде с распечаткой в одном экземпляре. Распечатанный текст статьи должен быть подписан всеми авторами. В конце статьи необходимо указать полное название учреждения, организации, предприятия, колхоза и т. д., ученую степень и ученое звание (если есть), а также полный почтовый адрес и номер телефона (служебный или домашний) каждого автора.

ВНИМАНИЮ АВПТОРОВ!

При предъявлении копии годовой (полугодовой) подписной квитанции на наш журнал статьи рассматриваются в режиме наибольшего благоприятствования.

Авторские материалы для публикации в журнале «Агропанорама» направляются в редакцию по адресу:

220023 Минск, пр. Независимости, 99, корп. 1, к. 333. УО БГАТУ.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

объявляет прием в аспирантуру на 2009/2010 учебный год по следующим специальностям:

- 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства».
- 05.20.02 «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве».
- 05.20.03 «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве».
- 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством».
- 13.00.02 «Теория и методика обучения и воспитания».

Принимаются лица, имеющие высшее профессиональное образование и склонность к научным исследованиям.

Прием документов – с 1 по 25 июля 2009 г.

Вступительные экзамены по специальности, иностранным языкам и философии в объеме действующих учебных программ для вузов — с 1 по 15 августа 2009 г.

Начало занятий в аспирантуре – с 1 сентября 2009 г.

Поступающие в аспирантуру представляют в приемную комиссию следующие документы:

- заявление на имя ректора университета по установленной форме;
- личный листок по учёту кадров;
- две фотографии размером 3 х 4 см;
- автобиографию;
- характеристику с последнего места работы или учебы;
- список и копии опубликованных работ, изобретений, список отчётов о научноисследовательской работе. При отсутствии опубликованных работ представляется научный реферат по избранной теме в соответствии со специальностью;
- выписку из протокола заседания совета факультета высшего учебного заведения для лиц, рекомендованных в аспирантуру непосредственно после окончания высших учебных заведений;
- копию диплома о высшем образовании и копию приложения к диплому;
- медицинскую справку по форме, установленной Министерством здравоохранения РБ для поступающих в высшие учебные заведения;
- копию трудовой книжки (для работающих);
- копию удостоверения по форме 2.2. о сдаче (полностью или частично) кандидатских экзаменов;
- конверт с адресом;
- лица, поступающие в аспирантуру по направлению организаций, дополнительно представляют проект договора между направляющей стороной и организацией, осуществляющей подготовку кадров высшей научной квалификации;
- контракт для иностранных граждан и лиц, обучающихся за личные средства или средства предприятий, организаций.

Паспорт и диплом об окончании высшего учебного заведения предъявляются лично поступающим в аспирантуру.

Подробная информация на сайте БГАТУ: new.batu.edu.by и по телефону аспирантуры (017) 2672523.

Адрес приёмной комиссии: 220012, г. Минск, пр. Независимости, 99/1, каб. 327а.