



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

АГРОПАНОРАМА

№ 1/2011

В номере:

*Разработка гибридной теории
установившегося поворота
машинно-тракторного
агрегата (МТА).
Динамика*

*Энергосберегающие технологии
гидропосева мелкозернистых
семян сельскохозяйственных
культур*

*К расчету энергоэффективности
применения теплонасосных
установок в системах
теплоснабжения*

*Энерго- и ресурсосбережение при
селективном установлении
продолжительности
обкатки двигателей*



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАБОТНИКОВ
АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

А Г Р О П А Н О Р А М А

Приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 4 июля 2005 г. № 101 (в редакции приказа от 2 февраля 2011 г. № 26) журнал «Агропанорама» включен в список изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией для опубликования результатов диссертационных исследований по сельскохозяйственным, техническим и экономическим наукам (сельскохозяйственное машиностроение, зоотехния, энергетика, технический сервис в АПК, экономика АПК).

Журнал «Агропанорама» выходит 1 раз в два месяца, распространяется по подписке и продается в розницу в киоске Белорусского государственного аграрного технического университета. Подписной индекс в каталоге Республики Беларусь: для индивидуальных подписчиков – 74884, предприятий и организаций – 748843.

Стоимость подписки на первое полугодие: для индивидуальных подписчиков – 29010 руб., для организаций и учреждений – 56964 руб.

Белорусский аграрный технический университет и редакция научно-технического издания для работников агропромышленного комплекса «Агропанорама» приглашает к сотрудничеству представителей академической, вузовской, отраслевой науки и производства. Надеемся видеть ваших докторантов, аспирантов, соискателей и магистрантов среди подписчиков и авторов статей «Агропанорамы». Мы предоставим Вам возможность высказать свою точку зрения на самые важные процессы развития научно-технического прогресса, поделиться опытом эффективного использования творческих достижений. Рассмотрим предложения по выпуску специальных номеров журнала.

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!

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

Телефоны редакции: 267-22-14; 267-61-21.

АГРОПАНОРАМА 1` (83) 2011

Издается с апреля 1997 г.

Научно-технический журнал
для работников
агропромышленного комплекса.
Зарегистрирован Госкомитетом
Республики Беларусь по печати.
Регистрационный номер № 1324.

Учредитель
Белорусский государственный
аграрный технический университет

Редколлегия:

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

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.

Леван В.Г. – ответственный секретарь;
Цындрина Н.И. – редактор.

Компьютерная верстка
Медведев В.С.

Адрес редакции:

Минск, пр-т Независимости, д.99/1, к.333, 324
Тел. (017) 267-61-21, 267-22-14
Факс (017) 267-25-71
E-mail: AgroP@batu.edu.by

БГАТУ, 2006, Издание университетское.
Формат издания 60 x 84 1/8.
Подписано в печать с готового оригинала-макета 21.02.2011 г.
Печать офсетная. Тираж 500 экз.
Зак. № 201 от 21.02.2011 г.
Статьи рецензируются. Отпечатано в ИПЦ.
ЛП № 02330/0552743 от 2.02.2010 г.
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.А. Дюжев, И.Н. Шило**
Методические аспекты оценки технического уровня
зерноуборочных комбайнов.....5
- Г.С. Горин, В.М. Головач, Я.Ю. Жгут**
Разработка гибридной теории установившегося поворота
машинно-тракторного агрегата (МТА). Динамика.....8

Технологии производства продукции растениеводства и животноводства

- В.Н. Кондратьев, С.И. Оскирко, Н.П. Гурнович,
М.Н. Гурнович, Ю.А. Напорко**
Энергосберегающие технологии гидропосева мелкозернистых
семян сельскохозяйственных культур.....14

Технологии переработки продукции АПК

- В.Н. Решетников, И.И. Паромчик, Н.Ю. Королева,
Е.А. Войцеховская, Е.Н. Скачков, Н.В. Сергеевко,
М.А. Челомбитько**
Рациональное использование клюквы крупноплодной для
пищевых целей.....19

Энергетика. Транспорт

- А.Г. Цубанов, А.Л. Синяков, И.А. Цубанов**
К расчету энергоэффективности применения теплонасосных
установок в системах теплоснабжения.....22
- А.А. Солдатенко**
Зернохранилище как объект контроля и управления.....27
- И.В. Крупа, Н.В. Привалов, В.П. Мельников**
Информационное обеспечение интегрированных
автоматизированных систем управления районных
распределительных электрических сетей.....31

Ресурсосбережение. Экология

- А.П. Кастрюк, В.Г. Андруш**
Энерго- и ресурсосбережение при селективном установлении
продолжительности обкатки двигателей.....35
- Н.В. Лягуская**
Мировые тенденции и эффективность выращивания голубики
высокорослой в Беларуси.....40

Технический сервис в АПК. Экономика

- В.А. Агейчик, Ал-р Л. Мисун, Ал-й Л. Мисун**
Улучшение условий и повышение безопасности труда оператора
мобильной сельскохозяйственной техники.....44

ПАМЯТИ УЧИТЕЛЯ

К 80-летию академика Национальной академии наук Беларуси и Российской академии сельскохозяйственных наук И.С. НАГОРСКОГО



В феврале этого года исполняется 80 лет со дня рождения одного из наиболее значимых для становления белорусской агроинженерной науки ученого, доктора технических наук, профессора, академика Национальной академии наук Беларуси и Российской академии сельскохозяйственных наук Игоря Станиславовича Нагорского. Вся жизнь Игоря Станиславовича связана с научно-исследовательской деятельностью. Его авторитет как крупного специалиста в области автоматизации сельскохозяйственного производства, научная принципиальность и глубокие знания в области теории и практики проведения научных исследований снискали ему широкую известность среди ученых стран СНГ и Европы.

Краткая биографическая справка

И.С.Нагорский родился 17 февраля 1931 г. в г. Бобруйске. После окончания в 1948 г. с золотой медалью средней школы в г. Горки Могилевской области поступил на факультет механизации Белорусской сельскохозяйственной академии, которую с отличием окончил в 1953 г. и поступил в аспирантуру Института торфа Академии наук БССР по специальности «Сельскохозяйственное торфоиспользование». Диссертационную работу выполнял под руководством члена-корреспондента АН БССР, профессора Ф. А. Опейко, общение с которым способствовало раскрытию незаурядных математических способностей Игоря Станиславовича.

В 1958 году на Объединенном совете институтов Отделения физико-математических и технических наук АН БССР успешно защитил кандидатскую диссертацию и продолжал работу в Институте торфа АН БССР старшим инженером-конструктором, младшим научным сотрудником и старшим научным сотрудником.

В 1961 году по приглашению академика М. Е. Мацепуро перешел на работу в Центральный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства (ЦНИИМЭСХ) Нечерноземной зоны СССР на должность старшего научного сотрудника лаборатории технологических проблем животноводства.

В 1964 г. Игорь Станиславович переведен на должность заведующего лабораторией автоматизации и моделирования сельскохозяйственных агрегатов. Научное обобщение выполненных в этой лаборатории работ позволило И.С.Нагорскому в 1978 г. успешно защитить диссертацию на соискание учёной степени доктора технических наук. В 1980 г. ему присвоено учёное звание профессора по специальности «Автоматическое управление и регулирование, управление технологическими процессами (по отраслям сельскохозяйственного производства)».

В 1980 г. И.С.Нагорский был назначен заместителем директора ЦНИИМЭСХ по научной работе. В этой должности, курируя актуальные направления механизации кормопроизводства, животноводства, уборки и послеуборочной обработки зерновых культур и льна, он провёл большую работу по совершенствованию методов научных исследований и разработки современных средств механизации сельского хозяйства.

В 1983 г. И.С.Нагорский назначен на должность директора института и генерального директора Научно-производственного объединения «Белсельхозмеханизация». Проработал в этих должностях до 1998 г. В 1999-2005 гг. – советник при дирекции, затем главный научный сотрудник Республиканского унитарного научно-исследовательского предприятия "Институт механизации сельского хозяйства Национальной академии наук Беларуси".

Этапы и основные результаты научной деятельности

Работая в Институте торфа Академии наук БССР, И.С.Нагорский исследовал взаимодействие с торфом рабочих органов активного и пассивного действия. Результаты этих исследований позволили обосновать параметры средств механизации для заготовки торфа на удобрение и подстилку, добычи мелкокускового торфа, устройств для уплотнения торфяной крошки. Разработанные модели движения частиц торфа у входа в сопло пневмоуборочной машины и в криволинейном потоке (в циклонах-осадителях) используются при расчётах пневмотранспорта торфа.

Работая в этой лаборатории, И.С.Нагорский провёл интересную и актуальную работу по изучению физико-механических и технологических свойств кормовых материалов, процессов дозирования кормов лопастным и транспортёрным питателями. Результаты этих исследований были использованы при разработке рациональных технологий и технических средств для механизации кормоприготовления. Так, в Белоруссии и других государствах СНГ большой спрос имеют созданные при непосредственном участии И.С.Нагорского комплекты оборудования для приготовления комбикормов в условиях хозяйств и на межхозяйственных предприятиях. Они позволяют рационально использовать зернофураж и местные кормовые ресурсы (травяную и мясокостную муку, дрожжи, сухой жом, рапсовые шроты и др.), а также существенно сократить транспортные расходы.

Во время работы в должности заведующего лабораторией автоматизации и моделирования сельскохозяйственных агрегатов под руководством и при непосредственном участии Игоря Станиславовича многими белорусскими исследователями впервые освоены методы решения инженерных задач на основе анализа динамических систем. Разработаны вопросы статистической динамики систем автоматического управления сельскохозяйственными агрегатами, созданы средства автоматизации технологических процессов зерноуборочных комбайнов, оптимизации режимов загрузки двигателей энергонасыщенных тракторов, автоматического вождения корнеклубнеуборочных машин. Им выполнены экспериментально-теоретические исследования и разработаны положения по проектированию систем управления мобильными сельскохозяйственными машинами, работающими в условиях нестационарных случайных воздействий, разработаны научные основы исследования динамики таких систем методами математического моделирования.

В научных трудах И.С.Нагорского разработана концепция технического обеспечения отраслей сельскохозяйственного производства республики. В ней обоснованы оценочные показатели и пути формирования рациональной системы машин с учетом затрат на её создание и эксплуатацию, экологической состоятельности, сокращения номенклатуры технических средств, комплексной механизации технологических процессов, экономии трудовых и материально-энергетических ресурсов. Реализуя эту концепцию, коллектив НПО «Белсельхозмеханизация» разработал для интенсивных технологий производства новые комплексы сельскохозяйственных машин, которые выпускаются промышленными предприятиями страны. Было налажено сетевое планирование выполнения важнейших разработок, обеспечивающее параллельное проведение научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ, изготовление и испытание макетных и опытных образцов, что позволило по многим разработкам уменьшить сроки их проведения в 2-3 раза. Это более чем в два раза повысило эффективность работы института и объединения в целом. Разработаны машины и оборудование высокого научно-технического уровня: штанговый распределитель минеральных удобрений РШУ-12, чизельные культиваторы КЧП-5,4 и КЧП-7,2, комплект катковых рабочих органов к сеялкам для посева зерновых культур, специальный хедер для уборки длинностебельных культур к комбайнам семейства «Дон», модернизированная жатка ЖСК-4Б для уборки длинностебельных полёглых и влажных хлебов, модифицированная корнеуборочная машина КС-6Б-05, культиватор КВК-4 для возделывания семенного картофеля гребневым способом, рыхлитель-щелеватель почвы РЩ-3,5, комплекс машин для уборки камней МИК-2,5, К-1,8, АК-4,5, комплекты оборудования КОРК-15 для приготовления кормосмесей на фермах крупного рогатого скота, КОМУС-3 и КОМУС-6 – на свинофермах, комплект оборудования КН-5 для приготовления комбикормов в условиях хозяйств. Разработана и реализуется концепция формирования системы машин для механизации сельскохозяйственного производства республики.

Академик И.С.Нагорский опубликовал более 400 научных работ, в том числе 18 книг, монографий, справочников, брошюр, имеет свыше 60 авторских свидетельств на изобретения и патентов. Под его редакцией издан ряд сборников научных трудов и учебных пособий для вузов. Публикацией научных трудов и внедрением в сельскохозяйственное производство разработок, а также повседневной научной деятельностью он внёс крупный вклад в науку по механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства.

Подготовка научных и инженерных кадров

Академик И.С.Нагорский постоянно и плодотворно занимался подготовкой научных кадров высшей квалификации. В его научной школе 7 докторов и 20 кандидатов технических наук. Он являлся председателем совета по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора технических наук по специальностям 05.20.01 – «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» и 05.18.01 – «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства» в Институте механизации сельского хозяйства Национальной академии наук Беларуси, заместителем председателя совета по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в сельском хозяйстве)» в Белорусском государственном аграрном техническом университете (БГАТУ) и членом совета по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.20.01 в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. Кроме того, постоянно вел преподавательскую работу на организованной в БГАТУ по его инициативе кафедре «Основы научных исследований и проектирования». Он разработал и читал курс лекций по математическому моделированию технологических процессов и объектов сельскохозяйственного производства магистрантам, аспирантам и соискателям.

Научная школа академика Игоря Станиславовича Нагорского – это решение вопросов автоматизации средств механизации сельского хозяйства и математическое моделирование сельскохозяйственных машин и агрегатов с целью обоснования на стадии их проектирования рациональных параметров конструкции и режимов работы, обеспечивающих качественное выполнение технологического процесса, высокую производительность и минимальную энергоёмкость. Воспитанники его научной школы работают сегодня в НИИ Беларуси, преподают в БГАТУ и БГПА, успешно ведут научную работу за рубежом.

Научно-организационная и общественная работа

И.С.Нагорского всегда отличали прогрессивные взгляды на решение важных производственных и научных проблем, энергичность, демократичность, а также большое трудолюбие, организаторские способности, доброжелательность и отзывчивость. В 1988 г. он избран членом-корреспондентом ВАСХНИЛ по специальности механизация и электрификация процессов сельскохозяйственного производства, а в 1991 г. – действительным членом (академиком) ВАСХНИЛ, в 1992 г. утверждён академиком Академии аграрных наук Республики Беларусь. 18 апреля 2003 года И.С.Нагорский был избран действительным членом (академиком) Национальной академии наук Беларуси.

Длительное время профессор И.С. Нагорский входил в состав экспертного совета ВАК СССР, где пользовался заслуженным авторитетом, как один из ведущих ученых страны в области аграрной инженерии.

Все эти годы И.С.Нагорский являлся научным руководителем раздела «Механизация и энергетика» Государственной научно-технической программы «Агропромкомплекс», а позднее он был научным координатором раздела "Сельхозмеханика" государственной программы ориентированных фундаментальных исследований "Земледелие и растениеводство" и научный руководителем заданий этого раздела.

За трудовые достижения И.С.Нагорский награждён орденом Трудового Красного Знамени, двумя медалями и Почётными грамотами Верховного Совета БССР и Совета Министров Республики Беларусь, а также медалями ВДНХ СССР.

Велики и неоценимы заслуги академика И.С. Нагорского и его школы в развитии агроинженерных исследований в нашей стране. В этом году исполняется 5 лет с того дня, когда Игорь Станиславович ушел из жизни, но для нас он был и остаётся учителем и признанным авторитетом

**Доктор технических наук,
профессор
И.Н. Шило**

**Доктор технических наук,
профессор
В.Н. Дашков**

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

А.А. Дюжев (РКУП, ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике); И.Н.Шило, докт.
техн. наук, профессор (БГАТУ)

Аннотация

Предложены методы обоснования технического уровня зерноуборочных комбайнов и критерии их оценки.

The methods of a substantiation of a technological level of combine harvesters and criteria of their estimation are offered.

Введение

Развитие сельскохозяйственного производства, основанного на интенсивных технологиях и наукоёмких машинных комплексах, требует создания зерноуборочной техники высокого качества (соответствия требованиям потребителя) с приемлемыми экономическими показателями (ценой, затратами на эксплуатацию, надёжностью). Эту задачу необходимо решать на всех этапах жизненного цикла комбайнов: разработки, производства и использования. Оценка и выбор конкурентоспособных образцов комбайнов должны осуществляться с учетом конкретных производственно-производственных условий их использования.

Известно, что задача выбора эффективных (перспективных) вариантов конструкции по своей сущности является многокритериальной, и при ее решении целесообразно использовать методы квалиметрии и теории принятия решений [1, 2].

Основная часть

В настоящее время при сравнительной оценке технических средств используют приведенные или прямые эксплуатационные затраты на единицу наработки

$$C = Z + \Gamma + P + A + \Phi, \quad (1)$$

где Z – затраты на оплату труда обслуживающего персонала, руб/ед. наработки;

Γ – затраты на горюче-смазочные материалы и электроэнергию, руб/ед. наработки;

P – затраты на техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонт, руб/ед. наработки;

A – затраты на реновацию руб/ед. наработки;

Φ – прочие прямые затраты на основные и вспомогательные материалы, руб/ед. наработки.

Составляющие выражения вычисляют по формулам:

$$Z = \frac{1}{W_{см}} \sum_j \lambda_j \cdot \tau_j \cdot K_g,$$

где $W_{см}$ – производительность агрегата за 1 ч сменного времени, ед. наработки/ч;

λ_j – количество j -го обслуживающего персонала, чел.;

τ_j – часовая тарифная ставка оплаты труда обслуживающего персонала по j -му разряду, руб./чел.-ч;

K_g – коэффициент, учитывающий доплаты по расчету за продукцию, премии, надбавки за классность и стаж работы, квалификацию, оплату отпусков и начисления по социальному страхованию.

$$\Gamma = q \cdot Ц,$$

где q – расход горюче-смазочных материалов, кг/ед. наработки;

$Ц$ – комплексная цена 1 кг топлива, руб./кг.

$$P = \frac{B \cdot (\tau_T + \tau_K)}{W_{эк} \cdot T_G},$$

где B – балансовая цена машины, руб.;

τ_T – коэффициент отчислений на текущий ремонт и техническое обслуживание;

τ_K – коэффициент отчислений на капитальный ремонт;

$W_{эк}$ – производительность агрегата за 1 ч эксплуатационного времени, ед. наработки;

T_G = годовая нагрузка, ч.

$$A = \frac{B \cdot a}{W_{эк} T_G},$$

где a – коэффициент отчислений на реновацию машины.

$$\Phi = \sum_i h_i C_{Mi},$$

где h_i – удельный (на ед. наработки) расход i -го вида материала;

C_{Mi} – оптовая цена i -го расходуемого материала, руб.

Следует отметить, что около 75% эксплуатационных затрат приходится на реновацию, техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонт.

Недостатком при использовании таких показателей, как приведенные эксплуатационные затраты для сравнительной оценки средств механизации является то, что не учитывается изменение срока службы и надежности новой техники (нормированные значения τ_T ; τ_K и a принимаются постоянными).

Критерии оценки технического уровня зерноуборочных комбайнов

Чтобы сделать выбор конструкции, необходим критерий, т. е. количественный показатель, позволяющий сравнить альтернативные варианты. Ввиду разнородности целей, функций и конструктивного решения комбайнов, неидентичности факторов, сопутствующих различным фазам их жизненного цикла, такой критерий должен быть интегральным, т. е. отражать все аспекты движения конструкции от её создания до поля.

Поскольку эффективность комбайна определяется рядом показателей, каждый из которых имеет свой физический смысл, размерность и диапазон изменения, то чтобы оперировать ими, необходимо их преобразовать в безразмерные величины. С этой целью интервалу изменения каждого натурального показателя $y_i, \min \leq y_i \leq y_i, \max$ ставится в соответствие безразмерная шкала $d_i, \min \leq d_i \leq d_i, \max$,

где y_i, \min , y_i, \max – предельные значения показателя; d_i, \min , d_i, \max – его безразмерные оценки.

Таким образом, лучшей машине будет соответствовать наиболее высокая оценка, худшей – самая низкая, средней – средняя. В качестве эталона по каждому из показателей может быть принят мировой уровень (при оценке новых машин) или лучшее из имеющихся отечественных технических средств (при планировании технического оснащения).

Для конкретных условий эксплуатации оценочный показатель:

$$d_i, \max + (d_i, \min - d_i, \max) \frac{y_i - y_{i, \max}}{y_{i, \min} - y_{i, \max}},$$

когда $y_{i, \max} \leftrightarrow d_{i, \max}$

$$d_i = \quad (2)$$

$$d_{i, \max} + (d_{i, \min} - d_{i, \max}) \frac{y_i - y_{i, \min}}{y_{i, \max} - y_{i, \min}}, \quad \text{когда}$$

$$y_{i, \max} \leftrightarrow d_{i, \min}.$$

При этом удобно пользоваться привычными для нас численными и психологическими оценками: 5-4 (отлично); 4-3 (хорошо); 3-2 (удовлетворительно); 2-1 (плохо); 1-0 (очень плохо).

Обобщенную оценку определяют как среднее геометрическое честных значений:

$$D = \sum_{i=1}^n \beta_i \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i^{\beta_i}}, \quad (3)$$

где β_i – коэффициент весомости i -го показателя.

При использовании среднего геометрического критерия в отличие от других средних отдается комбайну с меньшей дисперсией оцениваемых показателей.

Для различных природно-производственных условий оценочные показатели машин варьируются в некоторых пределах, и каждому значению i -го показателя в j -х условиях соответствует вероятность того, что это значение реализуется в процессе работы машины. Тогда величина показателя

$$\bar{y}_i = \int_{y_i}^{y_{ib}} y_{ij} f_i(y_{ij}) dy_{ij}, \quad (4)$$

где $f_i(y_{ij})$ – функция плотности распределения вероятностей;

y_i , y_{ib} – предельные (нижнее и верхнее) значения i -го показателя машин.

Подставив в формулу (2) вместо y_i \bar{y}_i из выражения (4), получим выражение для определения средней безразмерной оценки \bar{d}_i при использовании комбайна в различных условиях.

Для комплексной оценки зерноуборочных комбайнов целесообразно принять следующие частные показатели: затраты труда, расход топлива, наработки на отказ, удельная стоимость комбайна в расчете на единицу пропускной способности, качество выполнения работы.

Весомость оцениваемых производственных факторов целесообразно определять исходя из достигнутого в сельском хозяйстве уровня характеризующих их показателей или соответствия требованиям нормативно-технической документации. Тогда весовые коэффициенты

$$B_i = \frac{K_{oi}}{K_i},$$

где K_{oi} и K_i – планируемый (нормативный) и среднестатистический (достигнутый) уровень i -го показателя в соответствующих единицах измерения.

В случае, когда улучшению показателя соответствует уменьшение его численного значения (затраты

труда, стоимость, расход топлива и др.), принимается обратная величина.

При таком подходе весомость затрат материально-энергетических ресурсов характеризует их дефицитность, других эксплуатационных факторов – степень прогресса, достигнутого в производстве или использовании зерноуборочной техники.

Приступая к разработке новой модели комбайна или в процессе модернизации выпускаемой, важно знать, какие показатели и насколько должны быть изменены, как это повлияет на эффективность комбайна в целом. Последовательность перехода приоритета от одних факторов к другим при совершенствовании комбайна можно установить путем исследования интегрального показателя. Задаваясь приращениями частных оценок и исследуя динамику изменения интегрального показателя, определим последовательность улучшения тех или иных свойств комбайна.

Алгоритм выбора путей совершенствования технического средства на основе исследования обобщенного показателя может быть следующим:

1. Определяем пределы изменения частных безразмерных показателей

$$d_{i\delta} \leq d_i \leq d_{i\max},$$

где $d_{i\delta}$ – значение i -го безразмерного показателя у базовой машины;

$d_{i\max}$ – наибольшее возможное значение i -го безразмерного показателя.

2. Вычисляем значения обобщенных показателей

$$D_{\delta}(d_{1\delta}, \dots, d_{n\delta});$$

$$D_{\max}(d_{1\max}, \dots, d_{n\max}).$$

3. Задаем шаг изменения частных оценочных показателей Δ и определяем n новых значений обобщенного показателя

$$D_{\delta 1}(d_{i\delta} + \Delta, d_{2\delta}, \dots, d_{n\delta});$$

$$D_{\delta 2}(d_{1\delta}, d_{2\delta} + \Delta, \dots, d_{n\delta});$$

$$D_{\delta n}(d_{1\delta}, d_{2\delta}, \dots, d_{n\delta} + \Delta),$$

где $D_{\delta i}$ – значение обобщенного показателя при изменении i -го аргумента на величину Δ .

4. Проверяем условие

$$d_i + \Delta \leq d_{i\max}.$$

Если это условие не выполняется, то принимаем

$$d_i + \Delta = d_{i\max}.$$

5. Находим приращение обобщенного показателя

$$\Delta D_{\delta i} = D_{\delta i} - D_i.$$

6. Приращения ранжируем и определяем максимальное

$$\max_i \Delta D_{\delta i}.$$

7. Пункты 3...6 повторяем до тех пор, пока все

$$d_i = d_{i\max}.$$

В результате проведенной таким образом оптимизации определяем, какие показатели, в какой очередности и насколько следует улучшить при модернизации базовой или разработке новой машины.

Заключение

Применение интегрального показателя позволяет дать всестороннюю оценку зерноуборочным комбайнам, т.е. выбрать наилучшее соотношение между стоимостью, производительностью и надежностью, сделать более эффективным процесс их создания применительно к конкретным природно-производственным условиям.

Дальнейшее проведение работ по совершенствованию комбайнов связано с уточнением методик получения частных оценочных показателей при их производственной проверке в различных условиях страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брахман, Т.Р. Многокритериальность и выбор альтернатив в технике/ Т.Р. Брахман. – М.: Радио и связь, 1994 – 288 с.

2. Оценка уровня конкурентоспособности техники для земледелия: метод. рекоменд. – Новосибирск: СибИМЭ, 2000 – 56 с.

3. Шило, И.Н. Обобщенный показатель для комплексной оценки машин и технологий/ И.Н. Шило, Е.Г. Родов // В сб.: Интенсификация сельскохозяйственного производства и формирование системы машин /НПО «Белсельхозмеханизация». – Минск, 1989. – С. 49-53.

4. Шило, И.Н. Ресурсосберегающие технологии сельскохозяйственного производства/ И.Н. Шило, В.Н. Дашков. – Минск, 2003. – 183 с.

Установка для очистки и обеззараживания воздуха БСУ-900



Установка предназначена для очистки воздуха от газовых примесей органического и неорганического происхождения в помещениях предприятий АПК, медицинских, общественных и других помещениях, в которых необходимо обеспечивать требования СНИП (аммиак, сероводород, углекислый газ и др.). Фильтр производит непрерывную очистку и обеззараживание помещений в присутствии обслуживающего персонала со степенью очистки по уровню общей загрязненности до 60%, по индексу Колли до 70%, по вирусам до 80%, позволяет экономить до 50% энергии на отопление помещений. Наиболее эффективен при использовании в помещениях для содержания молодняка птицы, свиней и крупного рогатого скота.

Производительность составляет 900 м³/ч.

Автор: Николаенков А.И, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОЙ ТЕОРИИ УСТАНОВИВШЕГОСЯ ПОВОРОТА МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА (МТА). ДИНАМИКА

Г.С. Горин, докт. техн. наук, профессор (БНТУ); В.М. Головач, ассистент, Я.Ю. Жгут, студент (БГАТУ)

Аннотация

Предложены расчетные схемы поворота трактора с тяговой нагрузкой с учетом дополнительных тангенциальных реакций (ДТР) (паразитных сил) в контактах колес с почвой и положения полюсов трения колес переднего ведущего моста (ПВМ), заднего ведущего моста (ЗВМ) и, в целом, ходовой системы. С учетом других публикаций автора, предложены основные идеи гибридной теории поворота, учитывающей также кинематические и силовые характеристики МКД (межколесных дифференциалов), а также колес ПВМ и ЗВМ.

Loading diagrams of turn of a tractor with traction load are offered. They take into account additional tangential reactions (parasitic forces) in contacts of the wheels to soil and position of poles of a friction of the wheels of the forward leading bridge, the back leading bridge and, on the whole, running system. Taking into account the other publications of the author, the basic ideas of the hybrid theory of the turn considering also kinematic and power characteristics are offered.

Введение

Эксперименты свидетельствуют, что при повороте с тяговой нагрузкой колеса ПВМ тракторов «Беларус» работают в активном режиме, хотя они перемещаются по большему радиусу поворота, чем задние, а межосевой привод осуществляют с кинематическим опережением последних. По сложившимся представлениям, колеса ПВМ в этом случае должны работать в ведомом или тормозном режимах.

Для объяснения названных экспериментальных данных следует учитывать работу МКД и вызванные ими углы кинематического увода колес.

Экспериментальные исследования поворачиваемости трактора «Беларус 2522», выполненные В.М. Головачем, показали, что даже при небольшой тяговой нагрузке $P_{кр}=24$ кН углы увода колес достигали 30° , а продольное смещение центра скоростей назад, за ось заднего ведущего моста, достигло $X=5,4$ м, что значительно больше базы трактора $L=3$ м.

Аналогичные результаты получены в экспериментах 1976-1977гг., выполненных в ЦНИИМЭСХ нечерноземной зоны СССР [1], где получены экспериментальные данные о статической поворачиваемости трактора – установки с межосевым блокированным приводом (МБП) и кинематическим несоответствием межосевого привода $K_I=1,05$ и $K_V=0,93$, а также с межосевым дифференциальным приводом (МДП).

При повороте с тяговой нагрузкой $P_{кр}=12$ кН радиус поворота $R=6,5$ м трактора - установки с МДП и $K_I=1,07$ несущественно отличался от радиуса поворота $R=6,7$ м трактора – установки с МБП и $K_I=1,05$. Существенно отличались смещения центра скоростей назад за ЗВМ:

- у трактора с МБП и $K_I=1,05$, $X=-2,9$ м;
- у трактора с МБП и $K_I=0,93$, $X=-1,03$ м.

Но даже при повороте без тяговой нагрузки углы увода велики, из-за возникновения отрицательных тангенциальных сил на передних колёсах трактора, независимо от того, включён привод ПВМ или отключён. В последнем случае эффект самоторможения колёс ПВМ проявляется из-за большого передаточного числа бортовых редукторов. Аналогичные данные получены при исследованиях поворачиваемости трактора МТЗ-822 [2].

Большое продольное смещение центра скоростей назад, за ось ЗВМ, вызванное уводом колёс, приводит к большой разнице радиусов поворота передних и задних колёс, а, следовательно, увеличению ширины транспортного коридора и поворотной полосы, и без того широкой.

Наши попытки, начиная с 1980 г., разработать научную гипотезу, показали, что в моделях поворота удавалось достичь приемлемой сходимости с экспериментом уравнений динамики. Уравнения кинематики поворота давали существенную погрешность. Поэтому в настоящей работе предложена разработка гибридной теории поворота (ГТП), учитывающей достижения известных теорий, в частности, учитывающие углы кинематического увода, вызванные работой МКД ПВМ и ЗВМ.

Основная часть

1. Основные положения ГТП

В ГТП приняты следующие допущения:

1.1. На траекторию поворота МТА существенно влияют углы уводов: бокового

$$\varphi_\delta = \frac{P_\delta}{K_y} \quad (1)$$

и кинематического φ , вызванный работой межколёсных дифференциалов. При повороте без буксования колёс:

$$\omega_g R = \omega_r r_K^o; \quad (2)$$

$$\varphi = \frac{\omega_g}{\omega_r}, \quad R = \frac{r_K^o}{\varphi},$$

где P_δ – боковая сила;

K_y – коэффициент сопротивления боковому уводу;

ω_g и ω_r – угловые скорости поворота колёс соответственно вокруг вертикальной и горизонтальной осей;

r_K^o – радиус качения колеса в свободном режиме;

R – радиус поворота колеса.

Поворот колеса происходит вокруг кинематического центра, обусловленного соотношением угловых скоростей поворота колес вокруг вертикальной и горизонтальной осей.

Углы бокового увода обычно не превышают $\varphi_\delta = 5...7^\circ$. Углы кинематического увода достигают $\varphi = 30^\circ$.

1.2. Полос трения ходовой системы (ПТХС) находится в пятне контакта доминирующего колеса, на которое приходится наибольшая нормальная нагрузка. При повороте трактора с тяговой нагрузкой – это заднее внутреннее к центру скоростей колесо $i=4$. В соответствии с вариационным принципом Гаусса, динамическая система переходит в состояние устойчивого равновесия на основе принципа наименьшего действия.

Виртуальная работа сил трения качения и скольжения колёс – минимальная, если поворот динамической системы происходит вокруг названного полюса. Это основное свойство ПТХС достигается, если остальные три колеса перемещаются в плоскостях качения или катятся с небольшими углами увода, вызванными податливостью резины. Н.Е. Жуковский доказал теорему, что полюс трения железнодорожной тележки находится в контакте ведущего колеса, имеющего большой размер. Ф.А. Опейко доказал, что полюс трения расположен на некотором поперечном расстоянии от продольной оси симметрии гусеницы. Выразим поперечные смещения полюсов трения при повороте с тяговой нагрузкой:

– колёс ЗВМ

$$a_s = 0,5B \frac{N_4 - N_3}{N_3 + N_4};$$

– колёс ПВМ

$$b_s = 0,5B \frac{N_2 - N_1}{N_1 + N_2},$$

где B – ширина колеи колес;

N_3 и N_4 – нормальные нагрузки на правое и левое колеса ЗВМ при повороте с тяговой нагрузкой, $N_4 > N_3$;

N_1 и N_2 – нормальные нагрузки на правое и левое колеса ПВМ, $N_1 > N_2$.

Наша расчётная схема исходит из схем Н.Е. Жуковского и Ф.А. Опейко.

Относительно ПТХС рассчитывают:

– отклоняющие моменты внешней силы P_{kp} и ДТР;
– стабилизирующие моменты касательных сил тяги P_{ki} и боковых $P_{\delta i}$.

1.3. Силовые характеристики качения i -ых колёс – касательные силы $P_{ki} = f(\delta_i, \varphi_\delta)$ и боковые силы $P_{\delta i} = f(\varphi_{\delta i}, \delta_i)$ рассчитывают по характеристикам прямолинейного движения.

1.4. ДТР $R_i^{s\delta}$ – паразитные силы в контактах колёс с почвой и вызванные ими стабилизирующие моменты M_{CTi} рассчитывают с использованием математической теории трения:

$$R_i^{s\delta} = P_k(\delta_i \pm \Delta\delta_i) - P_{ki}(\delta_i^0) = P_{k\max} [(1 - e^{-R(\delta_i^0 \pm \Delta\delta_i)}) - (1 - e^{-\beta_i \delta_i^0})], \quad (3)$$

где δ_i^0 и δ_i – буксования i – колеса, соответственно рассчитанные по характеристикам прямолинейного движения и реальные при наличии ДТР;

$\Delta\delta_i$ – приращения последних, вызванные поворотом со сдвигом колёс трактора;

$P_{k\max}$ – максимальные значения касательных сил тяги P_{ki} i – колес;

β_i – константа аппроксимации.

1.5. Нецентральные стабилизирующие моменты i – колес рассчитывают по формуле

$$M_{CT} = R_i^{s\delta} \Delta_i,$$

где Δ_i – эксцентриситеты центров вращения i – колес.

Положение центров вращения i -колёс определяется из условия:

– нецентральные стабилизирующие моменты направлены в сторону поворота;
– дестабилизирующие моменты направлены в противоположную сторону;
– направления ДТР противоположны направлению сдвигов (по Ф.А. Опейко).

1.6. Так как упругие моменты, вызванные закруткой МБП передних и задних колёс, равны, то и вызванные ими суммы ДТР равны:

$$R_1^{s\delta} + R_2^{s\delta} = R_3^{s\delta} + R_4^{s\delta}. \quad (4)$$

1.7. Используется расчётная схема поворота трактора вокруг трёх центров:

– геометрического O_Γ – в точке пересечения осей вращения всех колёс на виде в плане;

- силового (Рокара) O_B , рассчитываемого с учетом углов бокового увода колес;
- кинематического O_K , вокруг которого вращаются центры O_B и O_G , рассчитываемого с учетом работы МКД, ПВМ и ЗВМ.

1.8. Трактор поворачивается с углом φ разворота корпуса относительно первоначального положения.

Расчетные схемы и уравнения кинематики поворота колес и межосевого привода в данной работе не приводятся.

2. Стабилизация корпуса трактора при статическом повороте

Цель расчёта – установить связь между силовыми и кинематическими характеристиками колёс, входящих в полноприводную ходовую систему.

На рис. 1 приведена схема сил, действующих на полноприводную ходовую систему с МБП при повороте с тяговой нагрузкой P_{kp} , направленной под углом γ к продольной оси трактора.

Проведём ось x вперёд, а ось z вниз от центра пятна контакта колеса $i=4$ с почвой.

Примем следующее правило знаков. Положительны:

- реакций X_{ki} и ДТВ $R^{S\delta i}$, направленные вперёд;
- боковые силы $P_{\delta i}$, направленные к центру скоростей;
- углы бокового увода $\varphi_{\delta i}$ i – колёс, направленные на рис. 1 по часовой стрелке к плоскости их качения и создающие положительные боковые силы;
- углы кинематического увода φ , направленные по часовой стрелке;
- отклоняющие и стабилизирующие моменты, совпадающие по направлению с положительными углами кинематического увода. На рис. 1 положительные моменты направлены по часовой стрелке;
- линейные размеры, направленные вперёд от оси задних колёс.

К задним колёсам приложены:

- X_{k3} и X_{k4} – толкающие реакции почвы, направленные вперёд;
- $R_{\delta 3}$ и $R_{\delta 4}$ – боковые реакции, направленные от центра скоростей;
- M_n – момент аналогичных реакций передних колёс, действующих относительно полюса трения. Названный полюс смещен относительно центра ЗВМ на поперечное расстояние a_{S34} ;

– $R_3^{S\delta}$ и $R_4^{S\delta}$ – дополнительные тангенциальные реакции (ДТР), возникающие под действием упругого момента $M_{УПР}$ закрутки трансмиссии МБП, направленные вперёд, если $K_V < K_R$ (рис. 1а) и K_R определяется с учетом разворота корпуса на угол φ .

Если передние колёса "слабые" (на них приходится малая нормальная нагрузка, а межосевой привод выполнен с кинематическим опережением задних колёс) при движении без тяговой нагрузки, направление задних ДТР $R_i^{S\delta}$ показано на рис. 1а.

К передним колёсам приложены:

- X_{k1} и X_{k2} – толкающие реакции почвы, на-

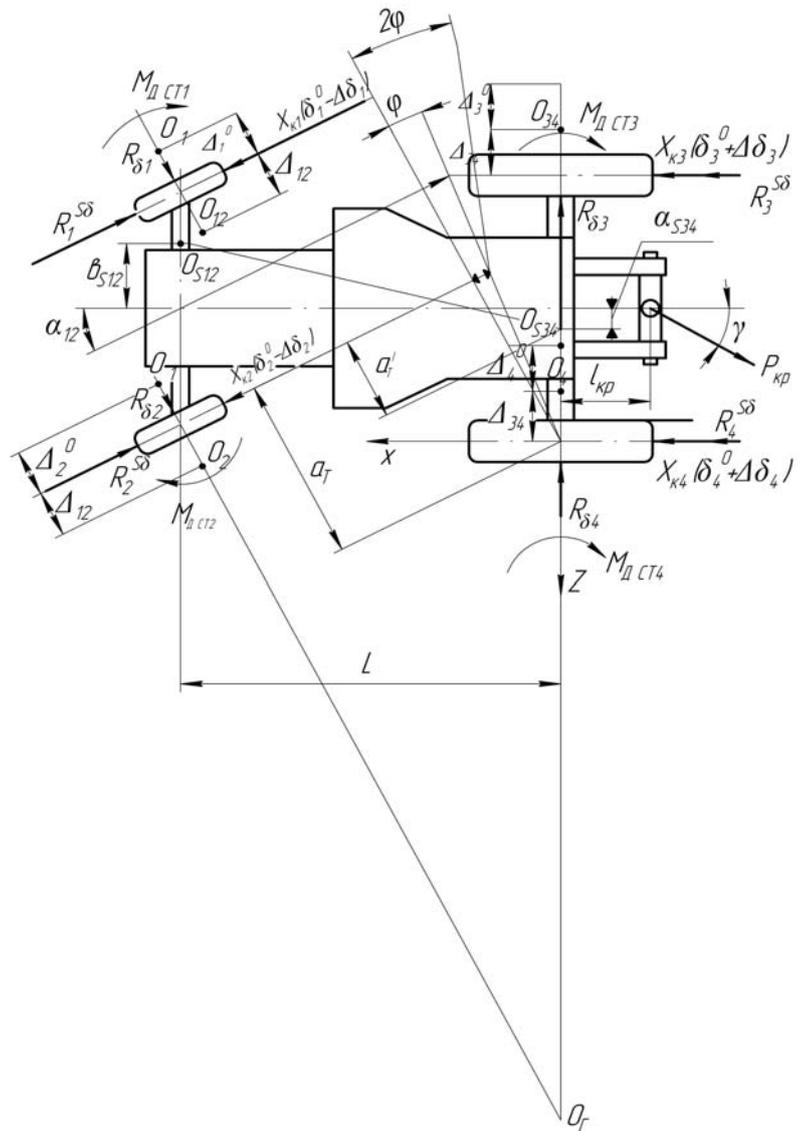


Рисунок 1а. Пространственная расчётная схема поворота трактора со "слабыми" передними колёсами при вхождении в поворот $K_V < K_R$

правленные вперёд или назад;

– $R_{\delta 1}$ и $R_{\delta 2}$ – боковые реакции почвы, направленные обычно к центру скоростей;

– M_3 – момент задних колёс и тяговой нагрузки, действующий относительно полюса трения O_{S12} колёс ПВМ, смещённого в сторону внешнего колеса $i=1$;

– $R_1^{s\delta}$ и $R_2^{s\delta}$ – ДТР, возникающие под действием упругого момента закрутки трансмиссии МБП. ДТР направлены, как показано на рисунках:

– вперёд, если $K_V > K_R$ (рис. 1б);

– назад, если $K_V < K_R$ (рис. 1а).

Момент $M_{П}$, создаваемый передними колёсами

относительно полюса трения колёс ЗВМ O_{S34} :

$$M_{П} = (X_{k2} + R_2^{s\delta}) \cdot a'_r + (X_{k1} + R_1^{s\delta}) \cdot (a'_r + B) +$$

$$+ (R_{\delta 1} \cdot \cos \alpha_1 + R_{\delta 2} \cdot \cos \alpha_2) \cdot L -$$

$$- R_{\delta 1} \cdot \sin \alpha_1 (0,5B + a_{S34}) + R_{\delta 2} \cdot \sin \alpha_2 (0,5B - a_{S34})$$

Момент, создаваемый задними колёсами, относительно полюса трения O_{S12} колёс ПВМ:

$$M_{34} = (R_{\delta 3} + R_{\delta 4}) \cdot L + (X_{k3} - R_3^{s\delta}) \cdot (0,5B - b_{S12}) -$$

$$- (X_{k4} + R_4^{s\delta}) \cdot (0,5B + b_{S12})$$

$$a'_r = L \sin \alpha_{12} - (0,5B - a_s) \cos 2\alpha_2$$

Если передние колёса – "сильные":

привод выполнен с кинематическим опережением по отношению к задним), поворачивающий момент $M_{П}$ больше, чем отклоняющий момент $M_{откл.}$, создаваемый тяговой нагрузкой и моментом M_P – задних колёс, то ДТР колёс:

– заднего моста $R_3^{s\delta}$ и $R_4^{s\delta}$ направлены назад (рис. 1б);

– переднего моста $R_1^{s\delta}$ и $R_2^{s\delta}$ направлены вперёд (рис. 1а).

Отклоняющий момент, действующий на колеса ПВМ, создаёт тяговая нагрузка:

$$M_{откл.} = P_{kp} (L + b) \sin \gamma$$

Стабилизирующие моменты создают реакции почвы:

– боковые

$$M_R = (R_{B3} + R_{B4}) L;$$

– тангенциальные $R_i^{s\delta}$;

– моменты передних колёс .

$M_{CT} = M_{CTio} + M_{CTi}$ – соответственно центральные и нецентральные.

Используя положения математической теории трения, определим:

– нецентральные стабилизирующие моменты (НЦМ)

$$M_{CTi} = R^{s\delta i} \Delta_i,$$

– центральные – по характеристике шины $M_{CT}^i = f(\varphi)$ в функции от угла поворота φ вокруг нормали к опорной поверхности. НЦМ значительно больше центральных.

На рисунках через Δ_i^0 обозначены эксцентриситеты центров вращения колёс трактора с МДП, значения которых определяют по формуле

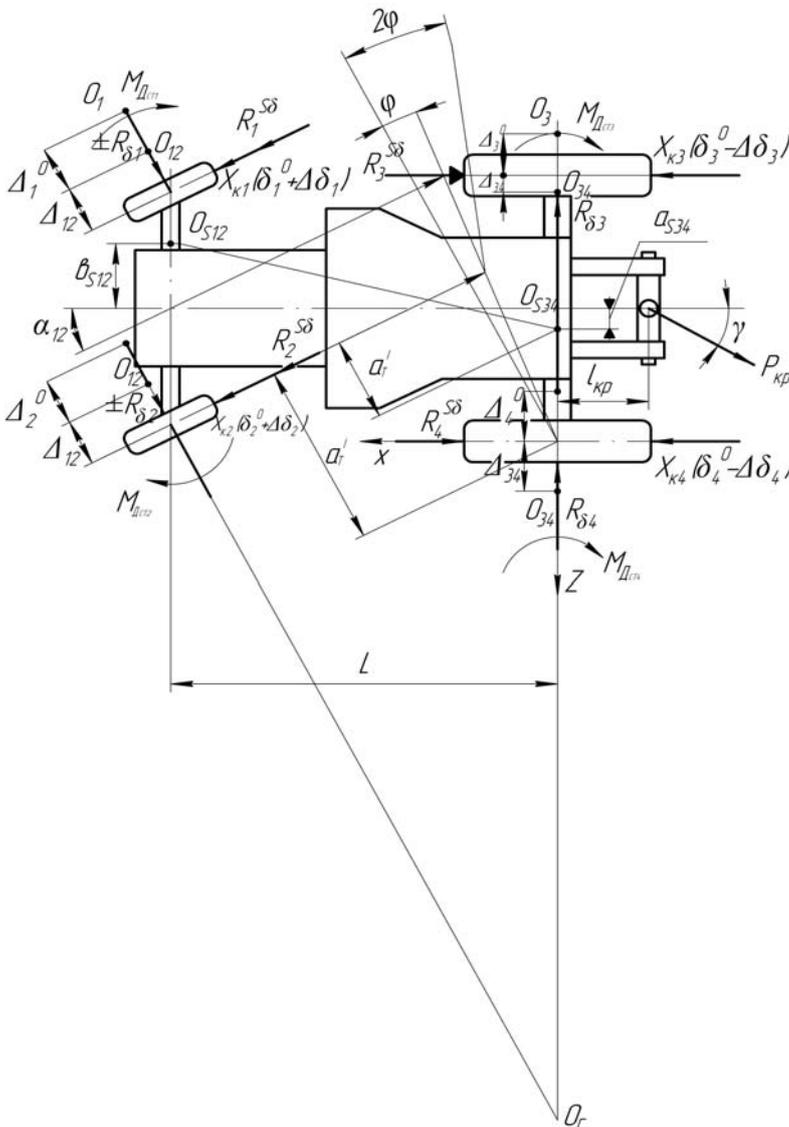


Рисунок 16. Пространственная расчётная схема поворота трактора со "слабыми" передними колёсами, при установившемся повороте $K_V > K_R$

$$\Delta_i^0 = \frac{R_i^0 \delta_i^0}{1 - \delta_i^0}.$$

У трактора с МБП в контактах колес с почвой проявляются ДТР и соответствующие им центральные эксцентриситеты:

$$\Delta_i = \frac{R_i^0 \delta_i^0}{1 - \delta_i^0},$$

при этом

$$\Delta_i = \Delta_i^0 \pm \Delta_{12},$$

где $i=1,2$;

$$\Delta_i = \Delta_i^0 \mp \Delta_{34},$$

где $i=3,4$.

Здесь Δ_{12} и Δ_{34} – центральные эксцентриситеты, вызванные появлением ДТР из-за рассогласования радиусов поворота колес ПВМ и ЗВМ и кинематики межосевого привода.

При вхождении в поворот трактора с “сильными” задними колёсами (рис. 1а) велики отрицательные реакции $R_1^{S\delta}$ и $R_2^{S\delta}$ и создаваемые ими относительно полюса трения O_{S34}

положительные отклоняющие моменты. Последние суммируются с отклоняющим моментом силы P_{kp} . Это способствует развороту корпуса на угол φ и переводу передних колёс в активный режим работы путём перехода их на траекторию движения с большим радиусом поворота относительно задних. Соответственно растут стабилизирующие моменты колёс ПВМ относительно полюса трения O_{S34} . Одновременно меняются направления реакций $R_i^{S\delta}$ на противоположные и снижаются:

- отклоняющий момент силы P_{kp} , так как при повороте корпуса на угол φ результирующий угол отклонения линии тяги уменьшается до $\gamma - \varphi$;
- нецентральные стабилизирующие моменты M_{CTi} .

При уменьшении тяговой нагрузки процесс идёт в обратном направлении.

При примерно равных кинематических несоответствиях в межосевом приводе $K_V=1,05$ (МБП) и $K_V=1,07$ (МДП) у трактора с МБП значительно большие углы φ разворота корпуса, вызванные появлением отрицательных ДТР на передних колёсах. При большом рассогласовании кинематики поворота и межосевого привода, свойственном трактору с МБП и $K_V=0,93$, к передним колёсам приложены большие отрицательные ДТР, создающие большие положительные отклоняющие моменты, и большие положительные боковые силы, создающие отрицательные стабилизирующие моменты.

У такого трактора относительно велики:

- углы бокового увода колёс ПВМ и вызывающие их боковые силы;
- радиусы поворота;
- ДТР $R_1^{S\delta}$, вызывающая блокировку МКД, ПВМ и износ шин;
- сила сопротивления повороту и соответственно мал тяговый КПД трактора на повороте.

3. Система уравнений гибридной теории установившегося поворота МТА

В соответствии с предложенной расчётной схемой следует получить систему уравнений, содержащую 19 неизвестных:

$$\delta_1^0, \delta_2^0, \delta_3^0, \delta_4^0;$$

$$\Delta \delta_1, \Delta \delta_2, \Delta \delta_3, \Delta \delta_4;$$

$$\varphi_{\delta 1}, \varphi_{\delta 2}, \varphi_{\delta 3}, \varphi_{\delta 4};$$

$$N_1, N_2, N_3, N_4;$$

$$\varphi, \varphi_{12}^{c\delta}, \varphi_{34}^{c\delta}.$$

Полученная пространственная нелинейная система уравнений включает:

- 3 уравнения статики: $\Sigma X, \Sigma Y$ и ΣM относительно полюса трения;
- 2 уравнения, устанавливающие положение центров поворота – кинематического и Рокара;
- 4 уравнения характеристики ходовой системы, устанавливающие распределение нормальных нагрузок по колёсам в зависимости от тягового усилия и углов поворота управляемых колес;
- 1 уравнение для расчёта кинематики МБП;
- 2 уравнения силовых характеристик МКД ПВМ и ЗВМ;
- 1 уравнение (4), связующее ДТР передних и задних колёс, вызванных закруткой МБП;
- 2 уравнения связи для расчёта углов увода $\Delta \varphi_{12}^{c\delta}$ и $\Delta \varphi_{34}^{c\delta}$, вызванных сдвигами колес ПВМ и ЗВМ вокруг полюсов трения соответственно O_{S12} и O_{S34} .
- 4 уравнения кинематических связей не приводятся.

4. Прикладные задачи динамики криволинейного движения МТА

4.1 Повышение точности управления движением МТА

В июле 2009 г. МТЗ продемонстрировал пахотный МТА с автоматической системой управления МТА на поворотной полосе. Применена самообучающаяся система, которая, используя спутниковую навигацию, повторяет при последующих поворотах действия водителя при первом повороте. При этом поворот МТА производится вокруг кинематического центра МТА, формирующегося в результате кинематического увода колёс позади геометрического цен-

тра. Это приводит к существенному увеличению радиуса поворота, МТА особенно, если последний приводится с тяговой нагрузкой.

Известны [3] гидромеханические системы поворота гусеничного трактора, основанные на принципе подкрутки МКД гидромотором. По сравнению с ранее применявшимися системами повышена точность управления, т.к. трактор стал управляться рулем вместо рычагов, достигнуто снижение веса агрегатов системы поворота.

Активные управляемые МКД находят всё большее применение в транспортных машинах [4].

В нашей работе решались прикладные задачи повышения точности управления движением МТА при движении с асимметричной тяговой нагрузкой. Выбор параметров активного управляемого МКД и алгоритмов управления последним производится на основе разработанных теоретических положений.

4.2. Расчёты показателей кинематики и динамики установившегося поворота с тяговой нагрузкой

На основе ГТП можно решать традиционные задачи расчёта показателей кинематики и динамики поворота МТА, с учётом влияния неравномерности распределения нормальных нагрузок по колёсам, характеристик МКД, МБП и МДП, а также характеристик взаимодействия колёс с почвой. С помощью ГТП установлены особенности кинематики поворота тракторов с «сильными» и «слабыми» передними колёсами:

– у тракторов со «слабыми» передними колёсам – углы кинематического увода колёс, вызванные поворотом корпуса, – положительные, а ДТР колёс ПВМ и ЗВМ обычно направлены навстречу, что приводит к блокировке МКД ПВМ;

– у тракторов с «сильными» передними колёсами углы поворота корпуса и кинематического увода колёс – отрицательные, а ДТР колёс ПВМ и ЗВМ направлены в противоположные стороны, что приводит к блокировке МКД ЗВМ.

С помощью ГТП и описанных экспериментов установлены характер распределения ДТР в контактах колёс с почвой и их значения.

4.3. Расчёты показателей кинематики и динамики курсового движения МТА

При аналогичных предпосылках, что и при расчётах поворачиваемости, могут быть рассчитаны показатели кинематики курсового движения, углы увода колёс трактора, радиусы кривизны траектории, смещения центра скоростей, а также показатели динамики N_i , P_{ki} , $R_i^{S\delta}$, $R_{\delta i}$. С помощью ГТП установлены особенности кинематики поворота, имеющие научную новизну:

– тракторы со «слабыми» передними колёсами при движении с асимметричной тяговой нагрузкой обладают лучшей курсовой устойчивостью. Благодаря большей нормальной нагрузке, задние колёса воспринимают боковую составляющую тяговой нагрузки при меньших углах увода последних;

– при движении с симметричной тяговой нагрузкой трактор уводит вправо, если нормальная нагрузка N_4 на левое колесо больше, чем N_3 на правое, и уводит влево, если нормальная нагрузка N_3 на правое колесо больше, чем N_4 на левое.

Выводы

С учетом других публикаций авторов, предложены идеи гибридной теории поворота, синтезирующей достижения известных теорий (Рокара) – качения колес с боковым уводом, скольжения колес (Ф.А. Опейко и Я.Е. Фаробина) и кинематических межколесных связей (М.В. Келдыша). Уравнения динамики ГТП строятся на основе характеристик – одиночных колес МКД ПВМ и ЗВМ, МДП или МБП, учета расположения полюсов трения колес ПВМ, ЗВМ и ходовой системы в целом.

Стабилизация корпуса трактора достигается, если отклоняющие моменты, действующие на колеса ПВМ относительно полюса трения O_{s12} , уравновешиваются аналогичным моментом, действующим на колеса ЗВМ относительно полюса трения O_{s34} . Уравновешивание достигается путем перевода колес ПВМ на траекторию движения с большим или меньшим радиусом относительно наиболее наружного колеса ЗВМ, в котором расположен полюс трения ходовой системы. Названный перевод достигается благодаря работе МКД ПВМ и ЗВМ.

На начальном этапе поворота к передним колесам приложены отрицательные ДТР, способствующие росту отклоняющих моментов.

Поэтому у тракторов с МБП значительно больше углы ϕ разворота корпуса, чем у трактора с МДП.

При установившемся повороте трактора с «сильными» передними колесами углы ϕ кинематического увода и разворота корпуса – отрицательные, а к колесам ПВМ приложены положительные ДТР.

У тракторов с простыми МКД при повороте с тяговой нагрузкой возникают большие углы кинематического увода колес. Решить задачи повышения точности управления поворотом и курсовой устойчивости можно с помощью активных (с подводом энергии) управляемых МКД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горин, Г.С. Тягово-энергетические параметры агрегатов для выполнения индустриальных технологий в растениеводстве: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / Г.С. Горин. – Минск/ЦНИИЭСХ, 1986. – 376 л.
2. Ванцевич, В.В. Синтез приводов к ведущим мостам и колёсам многоприводных тягово-транспортных машин: дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.03 / В.В. Ванцевич. – Минск. – 1992. – 412 л.
3. Жданович, Ч.И. Методика выбора параметров гидромашин механизма поворота гусеничного трактора / Ч.И. Жданович, М.И. Мамонов // Весці НАН Беларусі: серія аграрных наук. – 2006. – С. 25-32.
4. Гладков, Г.И. Дифференциалы с управляемым распределением крутящих моментов по колёсам автомобиля / Г.И. Гладков, С.А. Лобанов // Автомобильная промышленность. – 2004. – №5. – С. 36-40.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОПОСЕВА МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

В.Н. Кондратьев, докт. техн. наук, профессор (РУП «Институт мелиорации»); С.И. Оскирко, канд. техн. наук, доцент, Н.П. Гурнович, канд. техн. наук, доцент, М.Н. Гурнович, ст. препод., Ю.А. Напорко, ассистент (БГАТУ)

Аннотация

Проанализированы особенности технологии выращивания рапса, его потребности не только к почве, но и влаге. Проведен опыт-проба гидропосева мелкозернистых семян. Определены показатели повышения эффективности распределения суспензии. Определена зависимость расхода суспензии от диаметра насадки.

The features of technology of rape cultivation, it's need not only in soil but also in moisture have been analyzed. A sample-test of hydro seeding fine-grained seeds had been conducted. Indicators of the increase of effectiveness of suspension distribution have been defined. The dependence of the expense of the suspension to the diameter of the nozzle has been defined.

Введение

В системе машин на 2006 – 2010 гг. для реализации научнообоснованных технологий производства продукции основных сельскохозяйственных культур сказано, что в области механизации обработки почвы и посева одной из важнейших задач является повышение производительности труда и снижение трудовых затрат за счёт улучшения конструкции машин, создания и внедрения новых высокопроизводительных механизмов, использования более эффективных технологий производства работ [1].

Технология гидропосева мелкозернистых семян трав, разработанная в БелНИИиВХ, широко распространена в мелиорации Республики Беларусь. В процессе изучения данной технологии, на кафедре «Производственное обучение» БГАТУ впервые было принято решение, разработать технологию высева ярового рапса с помощью гидропосева, совмещая при этом высев мелкозернистых и трудновысеваемых обычными сеялками семян рапса, полив, внесение удобрений в виде подкормки [2].

В этом случае, для обоснования возможности разработки такой технологии авторами публикации были изучены основные показатели характеристики ярового рапса и его преимущества перед другими сельскохозяйственными культурами.

Основная часть

Известно, что рапс имеет большое народнохозяйственное значение. Разнообразие почвенно-климатических условий позволяет возделывать как озимый, так и яровой рапс. В зонах с более суровой зимой предпочтение отдаётся яровому рапсу, который уступает по продуктивности озимому, но обеспечивает гарантированный урожай [2-5].

Рапс является хорошим предшественником для многих сельскохозяйственных культур, он обогащает почву органическим веществом, улучшает её физические свойства, уменьшает засоренность полей, улучшает их фитосанитарное состояние и предотвращает развитие водной и ветровой эрозии. Следовательно, способствует улучшению структуры и повышению плодородия почвы.

Кроме того, на одном гектаре рапса остаётся около 60 ц корневых остатков. Это в 6...7 раз больше, чем после озимой пшеницы и в 2 раза больше, чем после клевера. Содержание в них питательных веществ эквивалентно 15...20 т навоза. Корневые выделения рапса способны переводить фосфор из труднодоступных для растений форм в легко доступные. Значительный резерв повышения плодородия почвы – использование зеленой массы рапса для сидерации. Запаханная биомасса рапса эквивалентна внесению 45...55 т навоза на один гектар. Все вышеперечисленные достоинства рапса повышают урожай последующих культур на 25...30% [5, 6].

Отношение к влаге

Рапс предъявляет повышенное требование к влаге на протяжении всего периода вегетации и по ее потреблению в 1,5...2 раза превосходит зерновые культуры. Наиболее высокий урожай формируется в условиях, где сумма годовых осадков составляет 500...700 мм, при 400...500 мм урожай снижается. Избыточное увлажнение отрицательно влияет на произрастание растений рапса.

Отношение к свету

Рапс относится к светолюбивым растениям длинного дня. В загущенных посевах преждевременно отмирают листья и из-за недостаточной освещенности нижней части стеблей растения полегают.

Отношение к почве

Рапс требователен к плодородию почвы, так как формирует глубоко проникающую корневую систему. Высокий урожай можно получить только на высоко и средне-плодородных окультуренных участках, рН – 6,0...6,8. Яровой рапс менее требователен к почве. Недопустимо возделывать рапс на тяжелых глинистых, песчаных, заболоченных, кислых, переувлажненных почвах с близким залеганием грунтовых вод. Семена рапса начинают прорастать при температуре почвы +2°C. В условиях Беларуси всходы ярового рапса появляются через 6...7 дней. Всходы могут переносить заморозки до – 3...5°C, а растения в фазе розетки – до – 8°C.

Одной из особенностей роста и развития рапса является относительно большая продолжительность от посева до бутонизации. В это время посевы в наибольшей степени угнетаются сорной растительностью и требуют применения средств защиты. Лучшими предшественниками являются озимые зерновые, однолетние и многолетние травы, а также пропашные культуры.

Успешное выращивание рапса предполагает тщательное и своевременное выполнение всех агроприемов по уходу за посевами. При этом всегда необходимо учитывать биологические особенности роста и развития этой культуры.

Основная обработка почвы под яровой рапс проводится дифференцированно в зависимости от предшественника, типа почвы и ее засоренности, метеорологических условий. Одним из условий получения высоких урожаев ярового рапса является тщательная предпосевная обработка почвы. Предпосевной обработкой достигается выравнивание поля, разрушение почвенных глыб, уничтожение сорняков, получение мелкокомковатой структуры почвы.

С этой целью весной проводят минимальную обработку почвы с обязательной заделкой борозд и выравниванием поверхности поля. При недостаточной выравниваемости поверхностного слоя возможны потери урожая до 20% за счет неравномерной заделки семян, что приводит к большой пестроте стеблестоя и потерям при уборке. Для сокращения времени обработки почвы под яровой рапс рекомендуют применять комбинированные агрегаты. При их отсутствии применяют культиваторы, зубовые бороны в агрегате с катками [3, 4].

Яровой рапс чувствителен к почвенной корке и переуплотнению почвы. Следовательно, необходимо прикатывать физически спелую почву.

Опыт возделывания рапса в странах Европы показывает, что при проведении всех мероприятий по уходу за посевами необходимо уделять особое внимание уменьшению уплотнения почвы. В этом случае рекомендуют одновременно со вспашкой прикатать почву. Для последующих работ следует расширить след всех тракторов, а также прицепных машин [6].

При посеве используют только первосортной семенной материал. С целью уничтожения или подавления наружной или внутренней гнили проводят протравливание семян рапса. Наиболее эффективный способ протравливания — инкрустирование.

Яровой рапс высевают одновременно с яровыми зерновыми. Однако конкретную дату сева определяет физическая спелость почвы. Ранний сев может привести к появлению и активному росту сорняков. Благоприятные для роста рапса условия после сева способны исключить необходимость проведения химпрополки. Как правило, рапс сеют сплошным рядовым способом. Посев проводят специализированными пневматическими сеялками СПР-6, «Аккорд», СПУ-6, зерно-травяной СПУ-3,6, зерно-льняной СЗЛ-3,6 на глубину 1,5...3,0 см. При этом оптимальная норма высева семян ярового рапса зависит от посевных качеств семян, скороспелости сорта, погодных условий, но при этом необходимо обеспечить 100...120 растений на квадратном метре.

Рапс при благоприятных условиях обладает замечательной способностью компенсировать уменьшение количества растений за счет увеличения числа боковых ветвей и стручков. В отдельных случаях высокая густота посевов может привести к раннему полеганию и, следовательно, снижению урожайности [2, 3, 4, 5, 6].

Анализируя краткую характеристику ярового рапса и технологию его посева, авторами сделан вывод о том, что некоторые проводимые при этом технологические операции можно совместить, применив гидросеялки, разработанные в Республике Беларусь и за рубежом [7, 8].

Поэтому на полях агротехнологического полигона БГАТУ в 2005 году был заложен опыт-проба по гидросеву ярового рапса. В общем массиве посева ярового рапса был выбран участок площадью 5 000 м². Норма высева составила 8 кг/га. Высев осуществлялся экспериментальной гидросеялкой (рис. 1).



Рисунок 1. Экспериментальная гидросеялка на полях агротехнологического полигона БГАТУ (2005г.). Закладка опыта-пробы

Техническая характеристика экспериментальной гидросеялки представлена в табл. 1.

Таблица 1. Техническая характеристика экспериментальной гидросеялки

Наименование показателей, единицы измерения	Значения
Производительность при посеве, м ² /ч	до 10 000
Скорость движения, км/ч: рабочая транспортная	до 7 до 25
Насос: тип марка	центробежный ФГ 51/58-А
Напор, развиваемый насосом, мПа	до 0,6
Расход, м ³ /с	0,016
Дальность полёта струи гидросмеси, м	до 40
Вместимость цистерны, л	5 000
Тип рабочего органа	гидрометатель с коническими круглыми насадками
Обслуживающий персонал, чел. тракторист оператор	1 1

Организация и технология гидропосева рапса на участке следующая.

До начала гидропосева рапса провели предпосевную подготовку почвы. На территории участка была размещена временная база для хранения материалов и инвентаря, туда доставляли семена рапса, минеральные удобрения, воду в количестве, необходимом для посева участка.

Для развешивания рапса использовалась мешкотара в количестве не менее сменного числа заправок экспериментальной гидросеялки. Заправку гидросеялки минеральными удобрениями проводили с помощью оттарированных ящиков после заполнения цистерны гидросеялки водой центробежным насосом. Засыпка удобрений в оттарированные ящики осуществлялась с учетом коэффициента дозы (ψ) для одной заправки цистерны гидросеялки.

Коэффициент дозы (ψ) определяли по формуле

$$\psi = \frac{V_e \cdot y}{10^4 \cdot H_c}, \quad (1)$$

где V_e – вместимость цистерны гидросеялки, л;
 y – коэффициент опорожняемости цистерны ($y=0,95$);

H_c – норма внесения суспензии на м² площади поля, л/м².

В полевых условиях коэффициент дозы ψ в зависимости от принятой нормы внесения суспензии можно определить по графику (рис. 2) или по табл. 2.

Из графика (рис. 2) следует, что максимальные значения коэффициента $\psi = 0,95$ соответствуют норме внесения суспензии 0,5 л/м².

Необходимое количество минеральных удобрений (Y_m , кг) для заправки одной цистерны определяли по формуле

$$Y_m^y = \psi \cdot (Y_a + Y_k + Y_c), \quad (2)$$

где Y_a , Y_k , Y_c – рекомендуемые нормы внесения минеральных удобрений соответственно: аммиачной селитры, хлористого калия, суперфосфата простого при подкормке растений, кг/га.

Необходимое количество семян для одной заправки цистерны определяют из выражения (3):

$$H_p^y = \psi \cdot H_p, \quad (3)$$

где H_p – рекомендуемая норма высева семян рапса, кг/га.

Заправленные в цистерну компоненты перемешивались мешалкой, рабочую скорость (технологическую) определяли по формуле

$$V_m = \frac{Q}{b_n \cdot H_c}, \quad (4)$$

где Q – расход суспензии через отверстие в насадке, л/с;

b_n – ширина засеваемой полосы, м;

H_c – норма внесения суспензии, л/м².

Для распределения суспензии можно использовать различного типа насадки. При гидропосеве рапса авторами были выбраны конические насадки с круглым отверстием на выходе. Из формулы (4) следует, что от правильного выбора параметров насадки зависит целый ряд показателей технологического процесса при гидропосеве. Поэтому перед выездом для закладки опыта-пробы были определены все необходимые параметры технологического режима распреде-

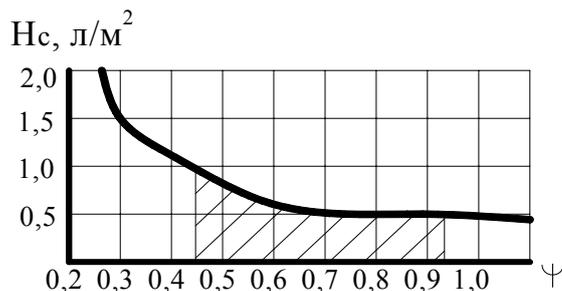


Рисунок 2. График зависимости нормы внесения суспензии H_c на единицу площади от коэффициента ψ для гидросеялки с вместимостью цистерны $V_e=5000$ л

Таблица 2. К определению коэффициента ψ для цистерны вместимостью 5000 л

H_c л/м ²	0,4	0,5	1,0	1,5	2,0
ψ	1,19	0,95	0,45	0,31	0,27

ления суспензии на участке поля.

Расход суспензии (Q) проверяли по формуле

$$Q = 10^3 \mu \omega \sqrt{20 g H}, \quad (5)$$

где $\omega = \frac{\pi d^2}{4}$ – площадь сечения выходного

отверстия насадки, m^2 ;

$g = 9,81$ – ускорение свободного падения, m/c^2 ;

$\mu = 0,91$ – средний коэффициент расхода суспензии для круглой насадки;

H – напор на выходе из насадки, МПа.

Напор на выходе из насадки измеряли манометром. На рис. 3 показана зависимость расхода суспензии от диаметра насадки при напоре на выходе, равном 0,45 МПа.

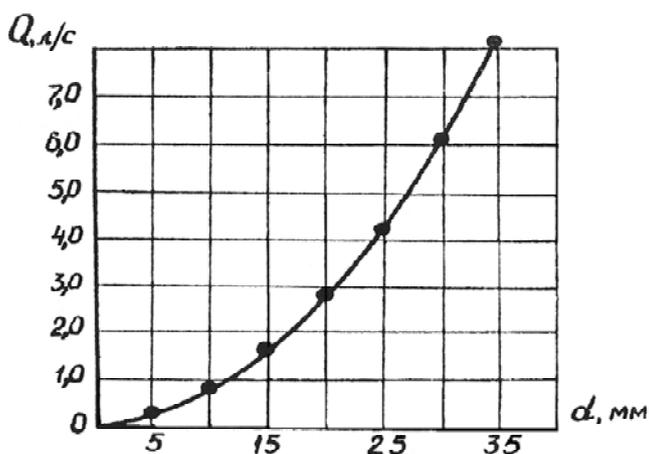


Рисунок 3. Зависимость расхода суспензии от диаметра насадки

С целью использования насадок, отличающихся от применяемых, авторами был проведен расчет расхода суспензии, представленный в табл. 3.

Расчетно-технологические параметры при гидропосеве рапса с насадкой диаметром 0,035 м приведены в табл. 4.

Посев семян рапса производился путём движения гидросеялки в агрегате с трактором МТЗ-82 по центру засеваемой полосы шириной (b_n), равной 10 м. Плавными поворотами гидрометателя вокруг оси и изменением направления струи относительно поверхности участка в пределах 40° равномерно рассеивалась суспензия по всей площади.

Время опорожняемости цистерны должно быть равным времени прохождения трактором запрограммированной длины (l_n) засеваемой полосы, оно определяется по формуле

$$\frac{l_n}{v_m} = \frac{v_c \cdot y}{Q}, c, \quad (6)$$

где l_n – запрограммированная длина участка, м;

v_m – скорость трактора, м/с;

V_c – вместимость цистерны, л;

Q – расход суспензии насадкой, л/с;

y – коэффициент опорожняемости цистерны ($y=0,95$).

Следует отметить, что опытный участок и общий массив поля засеивались в один день. Засев общего массива производили универсальной пневматической сеялкой СПУ-6. После посева площадей через каждые 3...4 дня обследовались опытный участок и общий массив поля. Было установлено, что всходы семян на опытном участке появились на 6-ой день, что на 2-3 дня раньше, чем на основном массиве.

Равномерность высева, как основного показателя качества работы гидросеялки, определяли по среднему количеству всходов на метр квадратный (m^2). Подсчеты всходов делали в начале, середине и в конце опытного и контрольного участка. Средняя равномерность всходов при гидропосеве составила 70% против 45% при рядовом посеве. По состоянию на 24.08.2005г. созреваемость коробочек рапса на опытном участке составила 80% против 50% на общем массиве поля. Прибавка урожайности на опытном участке составила 10%.

Сменную производительность гидросеялки определяли по формуле

$$П_{см} = \frac{V_c \cdot y}{Q} \cdot n_3, \quad (7)$$

где n_3 – количество заправок в смену.

Таблица 3. К определению расхода суспензии (Q) от диаметра (d) насадки при $H = 0,45$ МПа

Диаметр выходного отверстия насадки, м	0,005	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,035
Расход суспензии Q л/с	0,171	0,685	1,54	2,74	4,28	6,18	8,39

Таблица 4. Расчетные технологические параметры при гидропосеве рапса с насадкой $d=0,035$ м

d , м	Q , л/с	H_c , л/м ²	b_n , м	V_m , м/с	l_n , м	S_n , м ²	V_c , л	y
0,035	8,39	0,5	10	1,678	950	9500	5000	0,95

Необходимо отметить, что количество заправок зависит от многих производственно-организационных факторов. При этом производительность сменная ($П_{см}$) может быть 0,95 га ($n_3=1$) или 9,5 га ($n_3=10$).

В настоящее время ведутся работы по созданию универсальной штанги к гидросеялкам, для увеличения их производительности, качества внесения суспензии по поверхности поля.

Выводы

Применение гидросеялки при посеве рапса более эффективно по отношению к пневматической сеялке, и позволяет повысить равномерность всходов семян рапса до 70% против 45% при рядковом посеве.

Для приготовления рабочей суспензии в качестве мешалки можно использовать лопастные механические устройства.

Применение гидросеялки для посева мелкозернистых семян сельскохозяйственных культур позволяет получить ряд преимуществ по отношению к пневматическим сеялкам при посеве мелкозернистых семян, например, рапса.

Применение технологии гидропосева имеет большое значение при посеве мелкозернистых семян. Более раннее появление всходов, интенсивность развития растений и созревание урожая обуславливается достаточностью влаги в почве и равномерностью распределения семян.

ЛИТЕРАТУРА

1. Система машин на 2006-2010гг. для реализации научнообоснованных технологий производства продукции основных сельскохозяйственных культур. – Мн., 2006. – С. 6, 10.

2. Стефановский, В.В. Интенсивная технология производства рапса/ В.В. Стефановский, Г.С. Майстренко. – М.: Росагропромиздат, 1990 г. –188 с.

3. Скакун, А.С. Рапс – культура масличная/ А.С. Скакун, И.В. Бурда, Д. Брауэр. – Мн., 1994. – С. 10.

4. Технология выращивания и использования рапса и сурепицы. – М.: Агропромиздат, 1989. – 223 с.

5. Кадыров, М.А. Современные технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси/ М.А. Кадыров, Д.В. Лужинский, А.Н. Киселева. – Мн.: УП «ИВЦ Минфина», 2005. – С. 304.

6. А.Н. Анохин. Справочник агронома/А.Н. Анохин. – Мн.: Изд.-во «Урожай», 1982.

7. Кондратьев, В.Н. Технологические процессы и машины для крепления откосов каналов и дамб биологическими способами/ В.Н. Кондратьев, Р.Б. Рогаля// Мелиорация и водное хозяйство, сер. 5: Водохозяйственное строительство. Обзорная информация. – Мн., 1986. –Вып. 1. – 48 с.

8. Пособие по укреплению откосов каналов, дамб и плотин гидропосевом трав с применением водорастворимых синтетических полимеров/ В.Н. Кондратьев [и др.]. – Мн.: Изд.-во Бел. НИИ мелиорации и луговодства, 1997. – 74 с.

**Оборудование для воздушного отопления
крупногабаритных производственных
помещений на местных видах топлива**



Предназначено для сжигания древесных отходов (щепы, опилки, стружка, дроблённая кора и др.) с целью получения тепловой энергии для отопления и горячего водоснабжения крупногабаритных помещений.

Оборудование может быть применено в стационарных котельных во всех электрифицированных зонах с питанием от сети переменного тока напряжением 380/220 В с частотой 50 Гц.

Основные технические данные

Теплопроизводительность	250 кВт
КПД	90%
Температура воды на входе	40°С
на выходе	95°С
Рабочее давление воды	0,4 МПа
Расход воды	7 м ³ /ч
Топливо	древесные отходы (щепы, опилки, стружка, дроблённая кора)
Температура отходящих дымовых газов	90... 110°С
Масса теплообменника	900 кг
Масса газогенератора	1000 кг
Расход топлива	70 кг/час
Температура в активном слое колосниковой решетки	500-600 °С
Температура факела в жаровой трубе	1000-1150 °С
Температура отходящих дымовых газов	90-110 °С
Температура воздуха при выходе из теплообменника	65-75 °С

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛЮКВЫ КРУПНОПЛОДНОЙ ДЛЯ ПИЩЕВЫХ ЦЕЛЕЙ

В.Н. Решетников, академик НАН Беларуси, И.И. Паромчик, канд. биолог. наук, доцент, Н.Ю. Королева, канд. биолог. наук, Е.А. Войцеховская, научн. сотр., Е.Н. Скачков, канд. техн. наук, Н.В. Сергеенко, научн. сотр. (ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»); М.А. Челомбитько, канд. с.-х. наук, доцент (БГАТУ)

Аннотация

*Изучен биохимический состав клюквы крупноплодной (*Oxycoccus marocarpus* (Ait.Pers) и разработанных на ее основе новых продуктов: витаминизированного и клюквы кондитерской вяленой. Показано высокое содержание в них общих фенольных соединений, витамина С, калия, которые обуславливают высокую антиоксидантную активность, сохраняющуюся на протяжении всего срока хранения. Производство данных продуктов будет способствовать более рациональному использованию клюквы и расширению ассортимента высококачественных продуктов питания.*

*The biochemical structure of large fruited cranberries (*Oxycoccus marocarpus* (Ait.Pers) and new products developed on their basis: vitaminized cranberries and confectioner's dry ones has been studied. The high rate of general phenolic combinations, vitamin C and potassium are shown. They cause high antioxidant activity that is still remaining throughout the whole period of storage. The manufacture of the given products will promote the more rational usage of cranberries and increase the assortment of high-quality foodstuff.*

Введение

При всем разнообразии потребительского рынка пищевых продуктов вопрос их производства из отечественного сырья с использованием натуральных компонентов остается актуальным. Клюква крупноплодная (*Oxycoccus marocarpus* (Ait.Pers) является одним из сырьевых источников. Тем более, она представляет определенный интерес, так как в последние годы резко сократились площади дикорастущих ягодников клюквы из-за осушения болот, усиленной эксплуатации лесных ресурсов, деятельности предприятий и т.д. Поэтому необходимым явилось широкое введение растений в культуру, возделывание их на промышленной основе, а также разработка способов переработки плодов с максимальным сохранением присущих ей свойств. Выращивание и переработка клюквы является высоко rentable отраслью сельского хозяйства. Первая в Беларуси опытно-экспериментальная база «Журавинка» ЦБС НАН Беларуси основана в г. Ганцевичи Брестской области в 80-х годах. Средний урожай ягод составляет 10 т/га, что в 50-100 раз (в зависимости от сезона) больше, чем урожайность клюквы болотной на естественных местах ее произрастания. Ягоды клюквы крупноплодной, благодаря наличию бензойной кислоты, фенольных соединений и других, обладают антиокислительным действием, сохраняются в свежем виде до полугода при температуре 0-10°C и широко используются в медицине как противомикробное,

антиоксидантное и десенсибилизирующее средство. Наряду с широким спектром применения клюквы в медицине, она используется в различных отраслях пищевой промышленности: кондитерской, хлебобулочной, молочной.

Цель данной работы – изучить биохимический состав используемой клюквы крупноплодной и получаемых на ее основе новых продуктов: клюквы кондитерской вяленой и витаминизированного продукта. Работа по получению витаминизированного продукта проводилась в рамках государственной программы «Импортозамещение» совместно с ГП «Институт «Плодоовощпроект».

Основная часть

Материалы и методы

Объектом исследований явились плоды клюквы крупноплодной канадской (*Oxycoccus marocarpus* (Ait.Pers), выращенной в лаборатории интродукции и технологии плодово-ягодных растений ЦБС НАН Беларуси (г. Ганцевичи Брестской области), а также полученные по разработанным авторами рецептурам, – клюква кондитерская вяленая (ТУ РБ 03535078.001-99) и витаминизированный продукт на основе клюквы, выработанный на ОАО «Лидапищеконцентраты» (г. Лида). Для исследований использовали современные методы.

Сухой вес определяли по ГОСТ 6697.2-90, углеводы – по ГОСТ 8756.13-87, фенольные соединения, сумму лейкоантоцианов, катехинов и флавонолов по мето-

дике, описанной Сайдером и др. [1]. Содержание флавоноидов – методом количественного экстракционно-спектрофотометрического определения суммарного содержания гидроксикоричных кислот в присутствии флавоноидов [2], аскорбиновой кислоты – по методике, основанной на ее редуцирующих свойствах [3]. Определение жирнокислотного состава проводили газохроматографическим методом на хроматографе GC 17AA/APC фирмы «SHIMADZU» с использованием кварцевой капиллярной колонки RTX-1: 1=30 м, внутренний диаметр – 0,32 мм, толщина пленки неподвижной фазы – 0,5 мкм. Качественный и количественный анализ делали с использованием внешнего стандарта. Для всех соединений линейность калибровки соблюдалась во всем диапазоне анализируемых концентраций. Условия анализа: начальная температура 150°C; скорость подъема до 300°C – 6°C/ мин; изотермический режим – 3 мин; температура испарителя – 305°C; температура детектора – 305°C; газ-носитель – азот, 24 см/с; пламенно-ионизационный детектор. Определение калия проводили кобальтнитриевым методом. Метод основан на реакции иона калия с кобальтнитритом натрия $Na_3Co(NO_2)_6$ с образованием двойной комплексной соли желтого цвета $K_2NaCo(NO_2)_6$, нерастворимой в воде [4]. Антиоксидантную активность определяли по методике, описанной А.Н. Капичем [5].

Результаты исследований

В табл. 1 представлены данные по биохимическому составу плодов клюквы крупноплодной свежей и клюквы кондитерской вяленой, которую получали путем настаивания разрезанных вдоль ягод в 50% сахарном сиропе в течение 6 часов с последующим высушиванием при температуре 60-80°C до влажности 17-18%.

Как видно из данных табл. 1, после переработки вяленая клюква сохраняет высокие биохимические показатели. В ней отмечается довольно высокий уровень фенольных соединений, что может свидетельствовать о ее высокой антиоксидантной активности. Как известно, антиоксидантная активность феноль-

ных соединений объясняется двумя их особенностями. Во-первых, они связывают ионы тяжелых металлов, образуя вместе с ними устойчивые комплексы, которые являются катализатором окислительных процессов. Во-вторых, фенольные соединения взаимодействуют с высокоактивными свободными радикалами. Фенольные соединения растительного происхождения имеют важное практическое значение в обеспечении качества растительного сырья. После переработки в вяленой клюкве снижается содержание витамина С, остается высоким содержание калия. На клюкву кондитерскую вяленую разработаны технические нормативно-правовые акты. При производстве кондитерской вяленой клюквы получается побочный продукт переработки, который соответствует требованиям, указанным в СТБ 999-95 и предлагается для использования в напитках (алкогольных, безалкогольных) и других продуктах. Для длительного хранения сироп уваривается до содержания сухих веществ – 88%. Клюквя кондитерская вяленая может широко использоваться в пищевой промышленности и заменять изюм, что и было применено в производственных условиях молочного завода № 1 г. Минска.

Разработана рецептура и внедрена технология получения витаминизированного продукта, в котором использована высушенная клюквя с последующим ее измельчением и просеиванием через сито с размером отверстий 1,5 мм. В работе приведены результаты исследований химического состава витаминизированного продукта и в процессе его хранения (табл. 2, 3).

Как следует из табл. 2, в витаминизированном продукте на основе клюквы белок составляет 2,5-3,0%, липиды – 3,3-5,0%, фосфолипиды – до 7,5%, фенольные соединения – 300-360 мг, %. Хранение продукта в течение 15 месяцев не повлияло на его основные биохимические показатели. Незначительно снизилось количество фенольных соединений, хотя антиоксидантная активность осталась на том же уровне (25-31%). В результате исследований также отмечено, что существенных изменений не произош-

ло и в составе жирных кислот липидов: преобладали ненасыщенные, составившие 58,3-68,1% (табл.3).

Из табл. 3 следует, что в процессе хранения несколько изменяется жирнокислотный состав липидов – незначительно уменьшилось содержание олеиновой ($C_{18:1}$), линолевой ($C_{18:2}$) и линоленовой ($C_{18:3}$) кислот. Сумма ненасыщенных жирных кислот также незначительно снизилась с 68,12 до 58,31-60,35. Характерной особенностью липидов витаминизированных продуктов является

Таблица 1. Сравнительная характеристика биохимического состава клюквы свежей и клюквы кондитерской вяленой

Показатели	Плоды клюквы крупноплодной свежей	Клюквя кондитерская вяленая
Массовая доля влаги, %	86,0-88,0	17,0-18,0
Сахара, %	2,4-4,5	61,0-63,0
Витамин С, мг %	19,3-31,0	8,0-12,0
Общие фенольные вещества, мг %	336,0	743,0
Катехины и лейкоантоцианы, мг %	185,0	356,4
Флавонолы, мг %	176,0	578,0
Калий, мг %	60,0-62,0	72,0
NO_3 , мг %	-	1,64
Энергетическая ценность, ккал	18	79

**Таблица 2. Химический состав
витаминизированного продукта на основе клюквы**

Длительность хранения, месяцы	Белок, %	Липиды, %	Фосфолипиды, % в липидах	Фенольные соединения, мг%	АОА, % от ионала	Зола, %
1	2,5	3,5	7,0	365,0	31,0	1,3
3	2,5	3,0	7,0	350,0	28,0	1,3
5	3,0	3,2	7,5	300,0	25,0	1,4
6	2,8	3,2	7,5	320,0	25,0	1,3
7	2,7	3,0	7,0	350,0	23,0	1,2
8	2,9	3,5	7,0	320,0	30,0	1,4
9	2,6	4,0	7,0	280,0	25,0	1,2
10	2,7	3,3	6,5	300,0	25,0	1,2
11	3,0	3,5	7,0	300,0	30,0	1,3
13	2,8	3,2	7,5	320,0	30,0	1,3
14	2,8	3,0	7,0	300,0	28,0	1,4
15	2,6	3,3	7,0	280,0	30,0	1,2

**Таблица 3. Жирнокислотный состав липидов
витаминизированного продукта**

Жирные кислоты, %	Длительность хранения, месяцы					
	1	5	7	9	10	11
C _{15:0}	0	5,80	7,82	-	-	1,05
C _{16:0}	24,94	22,00	22,33	30,0	36,61	33,60
C _{16:1}	5,91	8,97	7,53	8,00	4,29	5,30
C _{17:0}	3,87	6,66	4,30	4,15	2,17	3,00
C _{18:0}	3,04	5,10	3,08	3,85	2,91	2,00
C _{18:1}	19,03	16,00	16,36	17,0	14,75	15,05
C _{18:2}	30,64	29,00	27,37	27,00	29,905	29,15
C _{18:3}	12,54	11,57	11,21	10,00	9,32	9,85
Σ ₁ ненасыщ	68,12	65,54	62,47	62,00	58,31	60,35
Σ ₂ насыщ	31,88	34,46	37,53	38,00	41,69	39,65
Σ ₁ /Σ ₂	2,14	1,90	1,70	1,60	1,40	1,50
Σ эссенц.	43,18	40,57	38,58	37,0	39,27	39,0

ся высокое содержание очень ценной линолевой кислоты (C_{18:2}), а также преобладание эссенциальных жирных кислот (линолевой и линоленовой – компонентов витамина F), сумма которых составляет 39,0 – 43,18. Проведенные исследования показали, что хранение витаминизированных продуктов на основе клюквы в течение 7-ми и 11-ти месяцев не влияло на их качественные показатели.

Полученные результаты указывают на то, что витаминизированный продукт может храниться без изменения важнейших показателей более длительный срок. В разработанном витаминизированном продукте натуральный компонент, каким является клюква, заменяет импортные добавки, которые используются в настоящее время для придания готовому продукту соответствующего цвета и аромата. Таким образом, использование клюквы крупноплодной канадской позволяет расширить ассортимент новых функцио-

нальных продуктов и найти широкое применение для пищевых целей.

Выводы

Полученные научные и практические данные по изготовлению новых продуктов – витаминизированного и клюквы кондитерской вяленой, обладающих высокими антиоксидантными свойствами, позволили рекомендовать их выпуск в широком масштабе. Разносторонняя, многоцелевая и безотходная переработка клюквы крупноплодной канадской расширяет ассортимент высококачественных продуктов питания, обладающих лечебными и диабетическими свойствами, с длительным сроком хранения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сайдер, А.И. Методика определения фенольных веществ в винах/ А.И. Сайдер, Е.Н. Датунашвили/ ВНИИВиВ «Магарач»//Виноделие и виноградарство СССР, 1972. – №6. – С. 31-34.
2. Косман, В.М. Количественное экстракционно-спектрофотометрическое определение суммарного содержания гидроксикоричных кислот в присутствии флавоноидов в экстрактивных веществах некоторых лекарственных растений/ В.М. Косман, И. Г. Зенкевич // Растительные ресурсы. – 2001. – Т. 37, вып. 4. – С. 123-129.
3. Ермаков, А.И. Методы биохимического исследования растений/ А.И. Ермаков. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.
4. Riedl, K. M. Tannin-Protein Complexes as Radical Scavengers and Radical Sinks/ К.М. Riedl, А.Е. Hagerman // J. Agric. Food Chem. – 2001, vol. 49. – № 10. – Р. 4917- 4923.
5. Капич, А.Н. Антиокислительная активность экстрактов мицелия ксилотрофных базидиомицетов/ А.Н. Капич// Микология и фитопатология, 1995. – Т. 29, вып. 5. – С. 35-40.

К РАСЧЕТУ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

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

Аннотация

Предложена методика расчета и анализа энергоэффективности применения теплонасосных установок (ТНУ) в системах теплоснабжения. На основе предложенной методики выполнен расчет и анализ энергоэффективности использования ТНУ в системах горячего водоснабжения.

The procedure of calculation and analysis of power efficiency while using the heat pump systems in heat supply systems is suggested. On the basis of the offered technique, the calculation and analysis of power efficiency are given for the heat pump system usage in hot-water transmission lines.

Введение

В условиях ограниченности топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) повышение эффективности их применения приобретает особую значимость. Экономия и бережливость в области производства и использования энергии являются приоритетными направлениями государственной энергетической политики.

В Республике Беларусь достигнуты весомые результаты при решении задач энергосбережения. За последние 15 лет энергоемкость ВВП уменьшилась более чем в 2,8 раза [1].

В настоящее время эффективные энергосберегающие мероприятия, не требовавшие значительных затрат, в большинстве своем уже нашли практическое внедрение, и для дальнейшего повышения энергоэффективности систем теплоснабжения требуются все большие капитальные вложения и реализация методов и приемов, не относившихся ранее к конкурентоспособным.

Особое внимание уделяется вопросу энергосбережения путем использования низкопотенциальной теплоты окружающей среды с целью замещения традиционно используемых ТЭР. В связи с этим все более широкое применение в системах теплоснабжения находят ТНУ, способные преобразовывать низкопотенциальную теплоту окружающей среды в теплоту более высокого температурного потенциала, пригодную для теплоснабжения.

Достоинства и преимущества ТНУ, а также проблемы, связанные с их внедрением, изложены в работах [2-4].

Рекомендации по применению ТНУ при отоплении, вентиляции и горячем водоснабжении усадебных жилых домов даны в ТКП 45-4.02-74.

Экономический эффект от использования ТНУ при теплоснабжении потребителей во многом зависит

от стоимости топлива и тарифов на тепловую и электрическую энергию, а также от капитальных затрат на сооружение ТНУ.

Однако стоимость топлива и тарифы на энергию по ряду причин не в полной мере отражают действительные затраты на производство электрической и тепловой энергии и не всегда могут быть объективными показателями реальной стоимости топлива и энергии. В связи с этим, рассматривая технические решения задач энергосбережения, используют в качестве показателя энергоэффективности, как правило, ожидаемое снижение расхода топлива.

Наибольшее распространение нашли ТНУ с электроприводом компрессора. При расчете их энергоэффективности сопоставляют расходы топлива, с одной стороны, в котельных установках систем теплоснабжения, а с другой – на тепловых электростанциях (ТЭС) при производстве электрической энергии, потребляемой электроприводом компрессора ТНУ.

Энергоэффективность работы ТНУ определяется коэффициентом преобразования как отношением полезного энергетического эффекта (теплоты, передаваемой тепловым потребителям) к затраченной при этом электрической (механической) энергии. Для ТНУ с электроприводом компрессора коэффициент преобразования равен отношению теплопроизводительности ТНУ к мощности электропривода.

Достоверность технико-экономических расчетов при использовании ТНУ в системах теплоснабжения во многом зависит от того, насколько обоснованно приняты значения коэффициентов преобразования тепловых насосов (ТН) с учетом температурных условий работы ТНУ.

Цель данных исследований состоит в анализе опубликованных данных по определению коэффициента преобразования, разработке методики расчета и

анализа энергоэффективности применения ТНУ в системах теплоснабжения, а также в выполнении расчета и анализа энергоэффективности использования ТНУ в системах горячего водоснабжения.

Основная часть

При анализе применения ТНУ в системах теплоснабжения, необходимо, прежде всего, остановиться на расчете коэффициента преобразования теплового насоса.

В ряде опубликованных работ достаточно произвольно принимаются значения коэффициента преобразования, без учета его взаимосвязи, как с температурой источника теплоты низкого потенциала (ИТНП), используемого для обеспечения работы ТНУ, так и с температурой источника теплоты высокого потенциала (ИТВП), предназначенного для теплоснабжения тепловых потребителей [4-6].

Коэффициент преобразования ориентировочно рассчитывают, используя степень совершенства реального термодинамического цикла ТН как степень его приближения к обратному циклу Карно [4, 7-11].

В работе [4] рекомендуется принимать степень совершенства реального цикла ТН равной 0,6, а в работах [8-10] – 0,7 или 0,8. Последние значения являются явно завышенными, так как нельзя ожидать столь высокую степень приближения реального термодинамического цикла к обратному циклу Карно.

По данным работ [7, 11], степень совершенства реального цикла находится в пределах от 0,3 до 0,65 в зависимости от тепловой мощности (теплопроизводительности) ТН и конструктивных особенностей компрессора.

Очевиден существенный разброс в рекомендуемых значениях степени совершенства реального термодинамического цикла ТН.

Для решения вопроса о размере степени совершенства цикла был выполнен ее расчет по обобщенной полуэмпирической формуле В.С. Мартыновского [11], предложенной для определения коэффициента преобразования ТН.

Было установлено, что степень совершенства реального цикла ТН зависит от коэффициента преобразования обратного цикла Карно (табл. 1).

Таблица 1. Степень совершенства реального цикла η

μ_k	5	6	7,5	10	12,5	15
η	0,465	0,505	0,55	0,595	0,62	0,64

В таблице использовано обозначение μ_k – коэффициент преобразования обратного цикла Карно.

Степень совершенства цикла определена при температуре испарения хладагента $T_{ii} = 288\text{K}$. Следует отметить, что температура испарения хладагента в практическом используемом интервале ее значений несущественно влияет на степень совершенства цикла.

Анализ табличных значений позволяет заключить, что степень совершенства цикла в реальных условиях работы ТН при коэффициенте преобразования от 2,5 до 6 изменяется от 0,46 до 0,6. В связи с этим целесообразно принимать при предварительных расчетах степень совершенства реального цикла ТН равной 0,53.

В общем случае коэффициент преобразования ТН зависит не только от температур конденсации и испарения хладагента, но и от его теплофизических свойств и энергоэффективности работы компрессора [2, 11].

В работе [2] сделана попытка представить коэффициент преобразования как функцию безразмерного параметра, зависящего от теплофизических параметров хладагента и разности термодинамических температур конденсации и испарения хладагента.

При заданном рабочем веществе (хладогене) ТН коэффициент преобразования может быть представлен однозначной функцией разности температур конденсации и испарения. Требуемые температуры конденсации и испарения должны быть рассчитаны с учетом температур источников теплоты низкого и высокого потенциала, что позволяет по найденным температурам конденсации и испарения определить коэффициент преобразования ТН. Нельзя задаваться коэффициентом преобразования, не связывая его значение с температурами источников теплоты низкого и высокого потенциала. В случае заранее принятого коэффициента преобразования необходимо найти достигаемую при этом температуру ИТВП и оценить, достаточна ли эта температура для теплоснабжения заданных тепловых потребителей.

Коэффициент преобразования ТН при использовании хладагентов R12 и R22 может быть рассчитан по формуле, полученной при разности температур конденсации и испарения хладагента в интервале от 20 до 70°C [12]:

$$\mu = 240 (\delta t_{\text{TH}})^{-1,1}, \quad (1)$$

где μ – коэффициент преобразования;

δt_{TH} – разность температур конденсации и испарения хладагента в ТН, °C.

При этом температура конденсации находится в пределах от 30 до 80°C.

Для расчета температур конденсации и испарения следует воспользоваться графиками изменения температур в конденсаторе и испарителе (рис.1). Изменение температур в конденсаторе представлено в верхней части рисунка, а в испарителе – в нижней его части.

Температурные напоры δt_1 и δt_2 , а также изменение температуры Δt в испарителе принимают в пределах от 3 до 10°C в зависимости от вида теплоносителей (для воды – меньшие значения, а для воздуха – большие).

Согласно рис. 1, находят температуры конденсации и испарения:

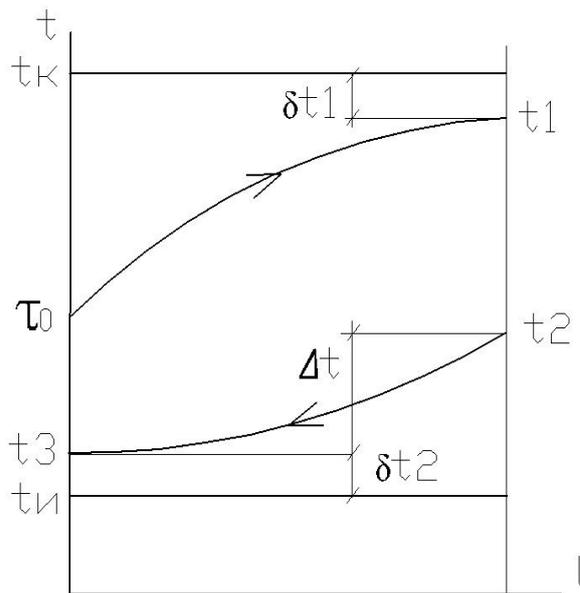


Рисунок 1. Графики изменения температур в конденсаторе и испарителе:

t – температура; l – длина конденсатора (испарителя); t_k – температура конденсации хладагента; t_0 и t_1 – температуры ИТВП на входе и выходе конденсатора; δt_1 – наименьший температурный напор в конденсаторе; t_2 и t_3 – температуры ИТНП на входе и выходе испарителя; Δt – изменение температуры ИТНП в испарителе; δt_2 – наименьший температурный напор в испарителе; t_u – температура испарения хладагента

$$t_k = t_1 + \delta t_1; \quad (2)$$

$$t_u = t_2 - \delta t_2 - \Delta t. \quad (3)$$

С учетом вышеизложенных положений, была разработана методика расчета и анализа энергоэффективности ТНУ в системах теплоснабжения.

Предлагаемая методика включает следующие этапы:

- выбор источников теплоты низкого и высокого потенциала;
- определение температур принятых источников теплоты и требуемых температур конденсации и испарения рабочего вещества (хладагента) ТН;
- расчет коэффициента преобразования ТН с учетом температурных условий его работы;
- определение показателей энергоэффективности производства, передачи и трансформации электрической энергии;
- расчет экономии топлива при использовании ТНУ в системе теплоснабжения.

Для эффективной работы ТНУ необходимо наличие приемлемого для обеспечения энергосбереже-

ния ИТНП, которым могут служить грунт, подземные и поверхностные воды, водопроводная вода, солнечная энергия и атмосферный воздух.

Характеристика и общие требования, предъявляемые к ИТНП, приведены в [11]. При его выборе особое значение имеют доступность, величина температурного потенциала, возможность эффективного его использования независимо от времени суток и сезона, условия теплообмена при отводе теплоты от ИТНП, большая объемная теплоемкость и др.

Температуру ИТНП определяют исходя из климатологических и других данных, полученных для окружающей среды в регионе применения ТНУ в системе теплоснабжения.

В качестве ИТВП обычно используют нагретый воздух или горячую воду. В первом случае речь идет о применении ТНУ в системах вентиляции и воздушного отопления, а во втором – в системах водяного отопления и горячего водоснабжения. При использовании воздуха как теплоносителя в системе воздушного отопления оказывается возможным снизить температуру его нагрева и требуемую температуру конденсации хладагента, что позволяет обеспечить повышение коэффициента преобразования и энергоэффективности работы ТНУ.

Характерной температурой ИТВП является температура теплоносителя (воды или воздуха) на выходе конденсатора ТНУ, значение которой должно соответствовать температурному режиму работы теплового потребителя и может быть задано в исходных данных или найдено при тепловом расчете ТНУ.

После определения температур источников теплоты находят температуры конденсации и испарения по формулам (2) и (3), а затем коэффициент преобразования по уравнению (1).

Энергоэффективность применения ТНУ в системах теплоснабжения обычно сравнивается с применением котельных установок (водонагревателей).

Суммарный годовой расход теплоты тепловыми потребителями рассчитывают согласно нормативным документам, в частности, для систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения зданий – по СНБ 4.02.01 и СНиП 2.04.07.

Энергоэффективность применения ТНУ в системах теплоснабжения определяется относительным снижением расхода топлива за счет использования теплоты ИТНП:

$$\Delta B = (1 - k_r) \times 100\%, \quad (4)$$

где k_r – коэффициент расхода топлива как отношение расхода топлива на ТЭС при производстве электрической энергии, потребляемой ТНУ, к расходу топлива котельными установками (водонагревателями) при традиционном теплоснабжении.

Коэффициент расхода топлива находят в зависимости от показателей эффективности производства, транспортирования и использования электрической и тепловой энергии.

Экономия топлива достигается при $k_T < 1$.

Ожидаемое годовое снижение расходов топлива зависит от теплопроизводительности ТНУ, продолжительности работы ТНУ в течение года и показателей эффективности производства и использования тепловой и электрической энергии.

В качестве примера использования предложенной методики был выполнен расчет и анализ энергоэффективности использования ТНУ в системе горячего водоснабжения взамен газового водонагревателя, а также совместно с ним при двухступенчатой схеме нагрева воды.

Первой ступенью является ТНУ, а второй – газовый водонагреватель (Н) (рис. 2). Холодная вода (В) из водопровода с температурой τ_0 поступает в конденсатор (К) ТНУ, где нагревается до температуры t_1 , после чего направляется при недостаточном нагреве в газовый водонагреватель Н, в котором нагревается до заданной температуры τ_1 . Горячая вода (ГВ) поступает к потребителям.

Теплота ИТНП, поступающего при температуре t_2 , используется в испарителе (И) для испарения хладона, а затем в конденсаторе для нагрева воды. Охлаждение ИТНП в испарителе происходит до температуры t_3 .

На принципиальной схеме показаны также компрессор (КМ) и терморегулирующий вентиль (ТРВ).

При принятых условиях применения ТНУ коэффициент расхода топлива

$$k_T = k_{T,1} \frac{t_1 - \tau_0}{\tau_1 - \tau_0} + \frac{\tau_1 - t_1}{\tau_1 - \tau_0}, \quad (5)$$

где $k_{T,1}$ – коэффициент расхода топлива, характеризующий непосредственно работу ТНУ:

$$k_{T,1} = \eta_T / (\eta_e \eta_{эм} \mu), \quad (6)$$

где η_T – КПД источника теплоснабжения (водонагревателя); η_e – КПД ТЭС; $\eta_{эс}$ – коэффициент потерь электрической энергии при передаче и трансформации.

В качестве ИТНП использована грунтовая вода температурой $t_2 = 10^\circ\text{C}$, а в качестве ИТВП – водопроводная вода, нагреваемая в общем случае в конденсаторе и газовом водонагревателе до температуры $\tau_1 = 55^\circ\text{C}$.

Для выполнения расчетов были приняты значения:

– наименьших температурных напоров: $\delta t_1 = 3^\circ\text{C}$ и $\delta t_2 = 4^\circ\text{C}$;

– изменения температуры грунтовых вод в испарителе $\Delta t = 3^\circ\text{C}$;

– температуры холодной воды $\tau_0 = 5^\circ\text{C}$;

– КПД газового водонагревателя $\eta_T = 0,85$;

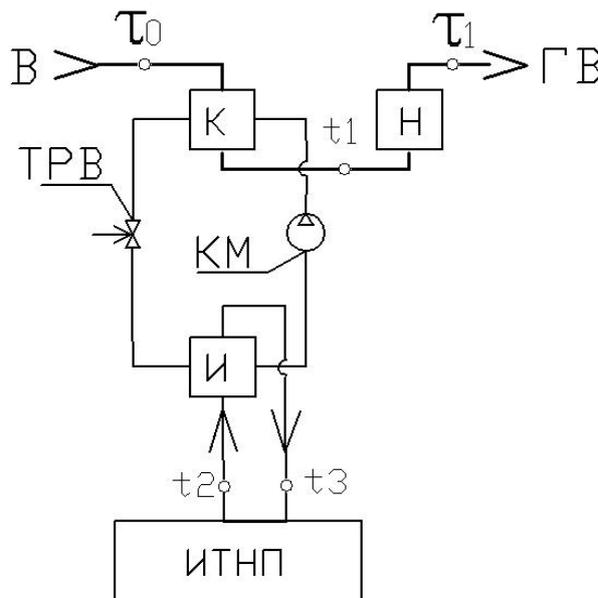


Рисунок 2. Принципиальная схема использования ТНУ в системе горячего водоснабжения

– коэффициент потерь электрической энергии $\eta_{эс} = 0,92$.

Температура испарения была определена по формуле (3):

$$t_{и} = 10 - 4 - 3 = 3^\circ\text{C}.$$

Расчет эффективности применения ТНУ был выполнен для двух значений КПД ТЭС, характеризующих производство электроэнергии:

- при традиционном способе работы ТЭС $\eta_e = 0,38$;
- при использовании на ТЭС парогазовых установок $\eta_e = 0,51$.

Результаты расчетов в зависимости от температуры горячей воды t_1 на выходе ТНУ приведены в табл. 2.

Таблица 2. Расчет энергоэффективности использования ТНУ

Параметр, единица величины	Источник, номер формулы	Вариант					
		1	2	3	4	5	6
$t_{и}, \text{C}$	(3)	3	3	3	3	3	3
t_1, C	Принято	20	30	35	40	45	55
t_k, C	(2)	23	33	38	43	48	58
μ	(1)	8,9	5,7	4,8	4,15	3,64	2,92
$\eta_e = 0,38$							
$k_{T,1}$	(6)	0,27	0,43	0,51	0,59	0,67	0,832
k_T	(5)	0,78	0,715	0,704	0,71	0,734	0,832
$\Delta B, \%$	(4)	22,0	28,5	29,6	29,0	26,6	16,8
$\eta_e = 0,51$							
$k_{T,1}$	(6)	0,2	0,32	0,38	0,44	0,5	0,62
k_T	(5)	0,76	0,66	0,626	0,606	0,598	0,62
$\Delta B, \%$	(4)	24,0	34,0	37,4	39,4	40,2	38

Вариант 6 соответствует применению ТНУ в системе горячего водоснабжения без использования газового водонагревателя, т.е. по одноступенчатой схеме нагрева воды.

Результаты расчета показывают, что существует однозначная зависимость снижения расхода топлива от температуры воды на выходе ТНУ. Эта функциональная зависимость имеет четко выраженный максимум экономии топлива при вполне определенной температуре t_1 . Характер зависимости определяется тем, что с увеличением температуры воды на выходе ТНУ увеличивается тепловая нагрузка ТНУ, но в связи с ростом требуемой температуры конденсации уменьшаются коэффициент преобразования и энергоэффективность работы ТНУ.

При значении $\eta_c = 0,38$ наибольшая экономия топлива достигается в условиях двухступенчатого нагрева воды при температуре $t_1 = 35^\circ\text{C}$. При этом на долю ТНУ приходится 60% тепловой нагрузки системы горячего водоснабжения, а на долю газового водонагревателя – 40%. В этих условиях достигается экономия топлива в 1,8 раза большая по сравнению с использованием ТНУ по одноступенчатой схеме без использования газового водонагревателя.

При значении $\eta_c = 0,51$ наибольшее энергосбережение в размере 40,2% обеспечивается при работе по двухступенчатой схеме нагрева при температуре воды на выходе конденсатора $t_1 = 45^\circ\text{C}$. В этом варианте на долю ТНУ приходится 80% тепловой нагрузки системы горячего водоснабжения, а на долю газового водонагревателя – 20%. Однако снижение расхода топлива незначительно отличается от достигаемого значения при одноступенчатой схеме включения ТНУ. В связи с этим следует рекомендовать к применению одноступенчатую схему использования ТНУ в системе горячего водоснабжения.

Заключение

Энергоэффективность ТНУ в системах теплоснабжения определяется температурным режимом их работы.

Расчет и анализ энергоэффективности ТНУ следует производить во взаимосвязи с температурами источников теплоты низкого и высокого потенциала.

При высокой эффективности производства электрической энергии на ТЭС ($\eta_c = 0,51$) снижение расходов топлива за счет использования ТНУ взамен газового водонагревателя в системе горячего водоснабжения составляет 38%.

При низкой эффективности работы ТЭС ($\eta_c = 0,38$) увеличение экономии топлива может быть достигнуто при переходе к двухступенчатой схеме нагрева воды: вначале в ТНУ, а затем в газовом водона-

гревателе. Наибольшая экономия топлива в размере 29,6% достигается при оптимальной температуре нагреваемой воды на выходе ТНУ, равной 35°C .

ЛИТЕРАТУРА

1. Экономия и бережливость – важнейшие требования для поддержания национальной безопасности страны // *Энергоэффективность*, №8, 2010. – С. 5-10.
2. Везиришвили, О.Ш. Энергосберегающие теплонасосные системы тепло- и хладоснабжения / О.Ш. Везиришвили, Н.В. Меладзе. – М.: Изд-во МЭИ, 1994. – 160 с.
3. Жидович, И.С. Тепловые насосы: системный подход к оценке эффективности тепловых насосов/ И.С. Жидович, В.И. Трутаев // *Энергоэффективность*, №3, 2001. – С.44- 49.
4. Янговский, Е.И. Промышленные тепловые насосы/ Е.И. Янговский, Л.А. Левин. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 128 с.
5. Богданович, М. Сравнительная оценка экономической эффективности теплонасосных станций с различным типом привода теплонасосной установки/ М. Богданович, А. Петриченко// *Энергетика и ТЭК*, №1, 2010.– С.16-18.
6. Богданович, М. Утилизация теплоты пара концевых уплотнений турбин с противодавлением малой мощности/ М. Богданович// *Энергетика и ТЭК*, №7/8, 2009. – С.24-27.
7. Жидович, И.С. Тепловые насосы для теплообеспечения. Основные положения / И.С.Жидович // *Энергоэффективность*, №8, 1998. – С. 14-16.
8. Мацко, И.И. Эффективность теплонасосных установок на электродогревательных / И.И.Мацко // *Энергоэффективность*, №8, 2009. – С.13-15.
9. Овсянник, А.В. О целесообразности использования теплонасосных установок в технологическом цикле ТЭЦ на примере Гомельской ТЭЦ-2/ А.В. Овсянник, И.И. Мацко, С.О. Бобович// *Энергия и Менеджмент*, №3, 2009. – С. 16-18.
10. Овсянник, А.В. Перспективы применения теплонасосных технологий в теплофикационном комплексе /А.В.Овсянник, О.Л.Рихтер, И.И.Мацко, С.О.Бобович//*Энергетика*, №2, 2008. – С.47-58.
11. Холодильные машины: справочник/ А.И. Азаров [и др.]; под ред. А.В. Быкова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 224с.
12. Цубанов, А.Г. Тепловые насосы – утилизаторы теплоты отработавшего сушильного агента/ А.Г. Цубанов, А.Л. Синяков, И.А.Цубанов // *Агропанорама*, №2, 2010. – С.27-31.

ЗЕРНОХРАНИЛИЩЕ КАК ОБЪЕКТ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ

А.А. Солдатенко, гл. инженер (ГУ «Научно-исследовательский и проектно-технологический институт хлебопродуктов»)

Аннотация

Статья посвящена вопросу хранения зерна на комбинатах отрасли хлебопродуктов. Рассмотрен элеватор (зернохранилище) как объект контроля и управления. Разработана обобщенная принципиальная технологическая схема элеватора.

The article is devoted to a question of grain storage at the plants of bakery branch. Grain elevator (granary) as object of control and management has been considered. The generalized basic technological scheme of a grain elevator has been developed.

Введение

Важным звеном в структуре заготовительной и перерабатывающей отрасли народного хозяйства Республики Беларусь является комбинат хлебопродуктов, основной элемент которого — элеватор. Хранение зерна и зернопродуктов характеризуется сложным технологическим процессом, из-за большого количества единиц оборудования, и, как следствие, значительного потребления энергии.

Зерно имеет свойство самосогреваться и терять свое качество, вплоть до порчи. Процесс обнаружения очагов самосогревания достаточно сложен. Поэтому проблема повышения эффективности управления системой хранения зерна и зернопродуктов на основе оптимального управления технологическими процессами актуальна [1].

Составными частями автоматизированной системы управления комбинатом хлебопродуктов являются подсистемы отдельных технологических процессов [2], которые постоянно обновляются. Возникает проблема усовершенствования методов, используемых при построении данных автоматизированных систем.

Поэтому цель данной работы — формулировка задачи для разработки математической модели зернохранилища, на основании которой можно будет строить энергоэффективные автоматизированные системы управления комбинатов хлебопродуктов, а также повышать эффективность существующих систем управления.

Чтобы достичь цели необходимо решить следующие задачи:

- определить характер внешних и внутренних операций по приему зерна;
- формализовать требования, предъявляемые к размещению зерна в силосах;
- разработать обобщенную принципиальную технологическую схему элеватора.

Основная часть

Элеватор представляет собой сложную систему [3], которая характеризуется большими объемами информации о качестве и количестве зерна, наличием параллельных участков и рециклов движения зерна. Все это обуславливает необходимость применения средств вычислительной техники для оперативного управления элеватором.

Технологическая схема элеватора включает в себя ряд транспортирующих (транспортеры, норрии) и технологических (сепараторы, сушилки и др.) машин. Последовательность транспортирующих машин, при помощи которых происходит доставка зерна к месту технологической обработки, хранения или отпуска, называется маршрутом. Перемещение зерна на элеваторе производится партиями и порциями. Под порцией понимают определенное количество зерна, перемещенное без прерывания работы маршрута. Количество зерна, перемещаемое без перестройки маршрута, называется партией.

Все операции с зерном, проводящиеся на элеваторе, имеют определенную степень важности. Внешние операции регламентируются различного рода положениями и нормами. Они считаются более важными из-за того, что их выполнение связано с железной дорогой и автомобильным транспортом.

В табл. 1 предлагается расположение операций, выполняемых элеваторами в соответствии с их приоритетами.

Приоритет операций учитывается при определении очередности их выполнения, если отсутствуют свободные маршруты, которые могут обеспечить их проведение одновременно. Указанный порядок приоритетов действует в случае возникновения одновременной потребности в выполнении двух или большего количества разноприоритетных операций. При решении вопроса о прерывании выполнения той или иной работы операцией более высокого приоритета

Таблица 1. Приоритеты операций, выполняемых технологической схемой

№	Наименование операций	Приоритет
1	Внеочередные, аварийные	0
2	Прием зерна с автомобильного, железнодорожного транспорта (внешние операции)	1
3	Отпуск зерна на те же виды транспорта (внешние операции)	1
4	Отпуск зерна на зерноперерабатывающие предприятия	2
5	Перемещение зерна, связанное с заполнением (опорожнением) оперативных емкостей, сушилок	3
6	Перемещение зерна, связанное с заполнением (опорожнением) оперативных емкостей сепараторов	4
7	Внутреннее перемещение зерна	5

необходим анализ сложившейся производственной обстановки.

Источниками заявок на различные операции с зерном – $n_i \in N$ называются устройства технологической схемы, в которых происходит накопление зерна, несвязанное с процессом перемещения его с помощью основного транспортирующего оборудования. Ими являются начальные точки всех маршрутов элеватора.

Конечными точками маршрутов – $k_i \in K$ считают устройства технологической схемы, принимающие зерно от источников заявок (отпускные и верхние оперативные емкости технологических машин).

Отдельные единицы транспортирующего оборудования $y_i \in Y$ служат для перемещения зерна и не изменяют показатели его качества.

В общем виде маршрут может быть представлен в виде вектора:

$$M = (N_n, y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_{n-1}, K_n), \quad (1)$$

где i – фаза обслуживания ($i=1, 2, \dots, n-1$).

Каждому k – му источнику заявок соответствует некоторое множество допустимых маршрутов – D_{ik} , которое в общем случае делится на два подмножества: DS_{ik} , обеспечивающее совмещение операций и DX_{ik} , связывающее источник заявок с силосным корпусом.

Все конечные точки маршрутов связаны с силосным корпусом одним или большим числом маршрутов, входящих в состав подмножества DX_k . Очевидно, что множество всех маршрутов элеватора – D включает в качестве составляющих DS_i , DX_i и DX_k ($DS_{ik} \in DS_i$, $DX_{ik} \in DX_i$).

В работах авторов, исследовавших закономерности движения зерна в элеваторе и поступления транспортных средств с зерном на элеватор под погрузку и разгрузку [4, 5], показано, что этот процесс носит стохастический характер.

Исследования [6], проведенные на ряде элеваторов, показали, что поток порций зерна внутри элеватора и поступающих от приемных устройств с автомобильного и железнодорожного транспорта, в общем виде может

быть описан законом Эрланга k -го порядка. Значение " k " зависит от конструктивных особенностей транспортирующего оборудования и приемных устройств, их мощности и организации проведения операций по приему (отпуску зерна) зерна.

График внешней и внутренней работы по перемещению порции зерна составляется исходя из общего количества зерна, подлежащего перемещению; типов, производительности и конструктивных особенностей транспортных средств, поданных под погрузку (разгрузку); время, необходимое на вспомогательные операции, сопутствующие процессу перемещения зерна.

При нормальной и ритмичной работе предприятия, соответствии зерна всем традиционным нормам и небольшом объеме внутренней и внешней работы можно рассчитать численное значение интенсивности моментов подачи или отбора зерна. Однако из-за самосогревания зерновой насыпи, а также охлаждения зерна с целью обеззараживания, моменты начала перемещения порций зерна заранее не могут быть определены.

Таким образом, можно утверждать, что поток требований на обслуживание, поступающий от каждого устройства схемы движения зерна, будет случайным. Этот вывод подтверждается исследованиями [6, 7] и наблюдениями автора данной статьи, проведенными на элеваторах в городах Лида, Новобелица, Лиозно, Житковичи, Толочин. При этом общая интенсивность суммарного потока требований на перемещение зерна равна сумме интенсивностей отдельных потоков.

Зерно, перерабатываемое (перемещаемое) на элеваторе, имеет различные объемный вес и сыпучесть, являющиеся функциями влажности и засоренности. Изменение этих характеристик влияет на величину фактической производительности транспортеров и норий.

В соответствии с правилами организации и ведения технологического процесса на элеваторах и хлебоприемных предприятиях [8], на элеваторах расчетно-эксплуатационную производительность ($q_{p.э}$) оборудования определяют по формуле:

$$q_{p.э} = \alpha \times k \times q_n, \quad (2)$$

где α – коэффициент, характеризующий отношение фактической производительности к паспортной (q_n);

k – поправочный коэффициент, зависящий от условий хранения, культуры зерна, влажности и содержания отдельных примесей.

В настоящее время на элеваторах об условиях хранения и состоянии хранящейся зерновой массы судят по показаниям систем измерения температуры зерна. Как правило, эти системы очень устарели, и имеют невысокую точность $\pm 1,5-2$ °C [1, 2], а в ряде

случаев вообще не функционируют. Такая неполнота информации затрудняет регулирование продолжительности нахождения зерновой массы в силосе и определение момента применения оздоровительных мероприятий (перемещение, активное вентилирование, подработка). Поэтому, чтобы не допустить порчи зерна, частота оздоровительных мероприятий выше необходимой. Это приводит к увеличению количества заявок на перемещение, и снижает качество зерна вследствие его дробления при перемещении.

Такое увеличение количества заявок возникает в период заготовки, что связано с поступлением недосушенного зерна (нехватка зерносушильных мощностей в хозяйствах). До сих пор заявки, возникающие по причине самосогревания зерна, при разработке математической модели не учитывались, из-за высокой стоимости и сложности систем измерения температуры, а также сложности оценки времени возникновения очагов с высокой температурой. Развитие измерительной техники (повышение точности измерения температуры до $0,5 - 0,1^{\circ}\text{C}$) и методов прогнозирования состояния зерновой массы позволило учитывать заявки, возникающие из-за самосогревания зерна при построении обобщенной принципиальной технологической схемы элеватора.

Силос, как объект для размещения зерна, может характеризоваться вектором вида:

$$SIL = (NS, OSE, NPZ, ZS_i, \Delta ZS_i, W_j, \Delta W_j), \quad (3)$$

где NS – номер силоса;

OSE – остаток свободной емкости;

NPZ – номер партии зерна, объединяющий определенную совокупность признаков, которые не могут быть изменены на элеваторе технологически (содержание клейковины, стекловидность, зольность, сорт и тип зерна и т.д.);

ZS_i – верхняя граница показателя засоренности;

ΔZS_i – диапазон изменения засоренности, в котором допускается смешивание зерна (при $i=1$ – чистое; $i=2$ – средней чистоты и сорное до ограничительных кондиций; $i=3$ – сорное свыше ограничительных кондиций);

W_j – верхняя граница показателя влажности;

ΔW_j – диапазон изменения влажности, в котором допускается смешивание зерна (при $j=1$ – до 15,5 %; $j=2$ – от 15,5 до 17%; $j=3$ – от 17 до 19%).

Размещение порции зерна в данном силосе возможно в случае, если размер этой порции меньше компоненты OSE вектора SIL, а значения компонент NPZ, ZS, и W зерна порции и зерна в силосе соответствуют друг другу ($ZS_i - \Delta ZS_i \leq ZS \leq ZS_i$ и $W_j - \Delta W_j \leq W \leq W_j$).

Для проведения операций перемещения зерна на элеваторах необходимо иметь не менее одного свободного силоса на каждый надсилосный транспортер.

На основании вышеизложенного, предполагается: зерно, поступившее на элеватор (или хранящееся

там), характеризовать показателем качества, представляющим собой вектор вида

$$KACH = (NPZ, ZS, W), \quad (4)$$

где ZS – засоренность, %;

W – влажность, %.

Конечные значения засоренности (ZS_k) и влажности (W_k) определяются целевым назначением зерна.

Если технологическая обработка необходима и ведется при помощи оборудования, которое при заданном значении производительности позволяет уменьшить значения ZS и W на ΔZS ΔW соответственно, то количество циклов очистки (KCO) и сушки (KCS) может быть определено по формулам

$$KCO = \text{entire} ((ZS - ZS_k) / \Delta ZS + 1); \quad (5)$$

$$KCS = \text{entire} ((W - W_k) / \Delta W + 1). \quad (6)$$

При определении численных значений KCO и KCS необходимо учитывать, что ΔZS и ΔW определяются начальными величинами ZS и W.

В общем случае вид и последовательность необходимой технологической обработки для партий зерна, обрабатываемых (хранящихся) на элеваторе, могут быть представлены в виде матрицы $\| O_{ij} \|$, где строки соответствуют номерам партий зерна, а столбцы – порядковому номеру технологической операции, проводимой над данной партией зерна.

Элемент матрицы O_{ij} зависит от текущих значений ZS и W и может принимать следующие значения:

$$O_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{при } W - W_k > 0 \\ 2 & \text{при } ZS - ZS_k > 0 \\ 0 & \text{при } W - W_k \leq 0 \wedge ZS - ZS_k \leq 0, \end{cases} \quad (7)$$

где «1», «2» и «0» соответственно означают:

– j-ой технологической операцией является сушка зерна;

– j-ой технологической операцией является очистка зерна;

– число необходимых операций технологической обработки меньше j.

Используя предложенный математический аппарат и проведя анализ функций различных типов элеваторов, была разработана обобщенная принципиальная технологическая схема (рис 1), которая предусматривает все виды операций, выполняемых элеваторами.

Кроме основных видов технологических операций, таких как прием зерна, сушка, очистка, хранение, отпуск на различные виды транспорта, возможно проведение «нетипичных» технологических операций (на схеме они указаны цифрами в кружочках):

1) охлаждение с целью обеззараживания;

2) охлаждение зерна, у которого началось самосогревание;

3) обеззараживание зерна высокой температурой в сушилках;

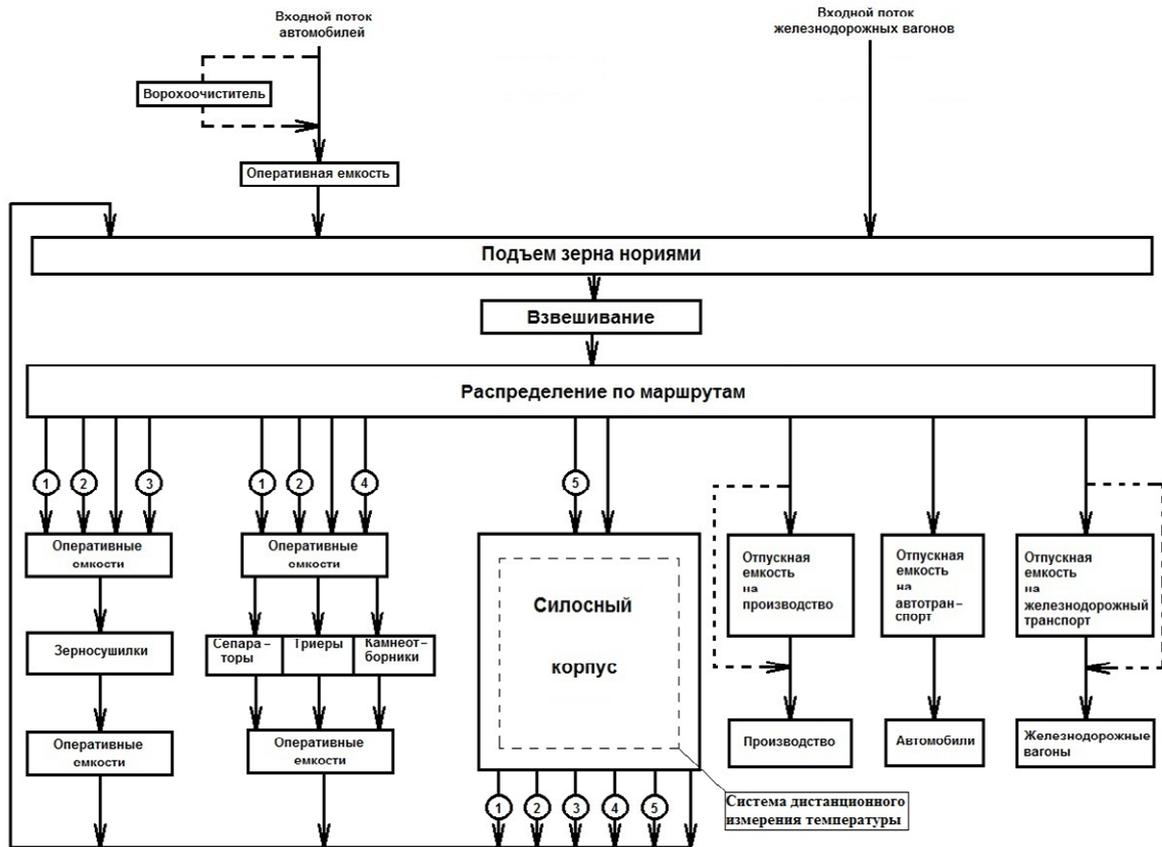


Рисунок 1. Обобщенная принципиальная технологическая схема элеватора

- 4) освежение зерна;
- 5) создание крупных однородных партий.

Следует отметить, что зерно для проведения операций 1-5 и зерно, предназначенное для отпуска, подается только из силосного корпуса.

Технологический процесс любого типа элеватора может быть выделен как часть обобщенной принципиальной технологической схемы – путем исключения отдельных ее элементов. Так, например, схема технологического процесса на Негорельском элеваторе получается путем исключения ветви отпуска на комбикормовый цех.

Заключение

Анализ производственных процессов зерновых элеваторов показал, что характер операций технологического процесса на них является непрерывно-дискретным.

При формализации требований, предъявляемых к технологическому процессу элеватора, учтены операции по оздоровлению зерна в результате самосогревания.

Разработана обобщенная принципиальная технологическая схема элеватора для построения на ее основе имитационно-статистической модели и использования ее в системах АСУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боуманс, Г. Эффективная обработка и хранение зерна/ Г. Боуманс: пер. с англ. В.И. Дашевского. – М.: Агропромиздат, 1991.
2. Соколов, В.А. Автоматизация технологических процессов пищевой промышленности/ В.А. Соколов. – М.: Агропромиздат, 1991. – С. 245.
3. Трисвятский, Л.А. Хранение зерна/ Л.А. Трисвятский. - М.: ВО «Агропромиздат», 1986. – 246 с.
4. Фасман, В.Б. Оперативный расчет работы элеваторов/ В.Б. Фасман. – М.: Заготиздат, 1963. – С. 187.
5. Шумский, Д.В. Элеваторно-складское хозяйство/ Д.В. Шумский. – М.: Заготиздат, 1940, ч.1. – 1941, ч.2.
6. Разработка комплекса технических средств и программного обеспечения по реализации подсистемы нижнего уровня АСУ ТП на уровне исполнительных элементов: отчет о НИР (заключ.)/ ГУ «НИПТИхлебопродукт». – Мн., 1998. – 45 с. – № ГР 19983691.
7. Разработка методики определения производственных мощностей действующих предприятий мукомольно-крупяной и комбикормовой промышленности: отчет о НИР (заключ.)/ Государственное учреждение «НИПТИхлебопродукт», 1998. № ГР 19983938.
8. Правила организации и ведения технологического процесса на элеваторах и хлебоприемных предприятиях: ЦНИИТЭИ Минзага СССР. – М., 1985. – 123 с.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ РАЙОННЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

И.В. Крупа, аспирант, Н.В. Привалов, аспирант, В.П. Мельников, канд. техн. наук (ГНУ «Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси»)

Аннотация

В статье приведены особенности формирования информационного обеспечения интегрированных автоматизированных систем управления (ИАСУ) районными электрическими сетями, с целью поиска и разработки архитектурных, технологических и технических решений, обеспечивающих комплексность автоматизации при эксплуатации РЭС и перспективность функционального развития.

The article cites the information support features of integrated automated control systems by district electric networks to find and work out architectural, technological and technical decisions, providing complexity of automation while using the district electric networks and their prospectivity of functional development.

Введение

В существующих системах транспорта электрической энергии самыми протяженными, сложными и наиболее затратными в эксплуатации являются районные распределительные электрические сети (РЭС) напряжением 0,38 – 10 кВ. Одним из главных путей снижения затрат на обслуживание распределительных электрических сетей является внедрение интегрированных автоматизированных систем управления, обеспечивающих комплексное решение эксплуатационных, оперативных, режимных и других задач [1].

Наиболее перспективным представляется подход в создании самостоятельных автоматизированных систем, специализированных для решения традиционно сложившихся групп технологических задач и интегрированных в единое информационное пространство [2]. Благодаря специализации обеспечивается возможность создания таких систем, которые могут самостоятельно развиваться в процессе эксплуатации с поэтапным внедрением различных технологических задач по мере их проработки. В настоящей работе приведены результаты разработки одной из таких систем, специализированной на создании информационного обеспечения.

Основная часть

При создании информационного обеспечения необходимо учитывать три основные специфические особенности РЭС. Первая связана с обработкой огромного количества объектов, вторая – с определением минимальной достаточности объема и вида информации, третья – с систематическими изменениями конфигурации и состава сетей в процессе их эксплуа-

тации. Все три особенности относятся к паспортным свойствам объектов, поскольку паспорт является обязательным документом, а его содержание должно полностью соответствовать текущему состоянию объекта. В этой связи концерном «Белэнерго» разработан ряд документов, устанавливающих требования к автоматизированному ведению паспортной документации [3-7]. В документах детально определен необходимый состав паспортных баз данных, но не сформулированы требования к технологии автоматизированного ведения паспортной документации и не рассмотрены принципы формирования одной из важнейших составляющих информационного обеспечения – модели электрической сети. Учитывая особенности паспортизации оборудования, в основу механизма формирования информационного обеспечения заложен процесс прорисовки паспортных схем. Реализация такого механизма возможна при условии построения схем на основе специальных графических символов (элементов), наделенных заданными наборами свойств. При этом важно определиться с методиками присвоения уникальной нумерации элементов, задания технических характеристик и формирования электрических связей между элементами.

Уникальная нумерация необходима для идентификации любого элемента в паспортной базе данных. В соответствии с принятой в энергосистеме терминологией самостоятельно паспортизируемыми объектами распределительной электрической сети являются:

- воздушные линии электропередачи (ВЛ) напряжением 10 (6) кВ;
- кабельные линии (КЛ) электропередачи напряжением 10 (6) кВ;

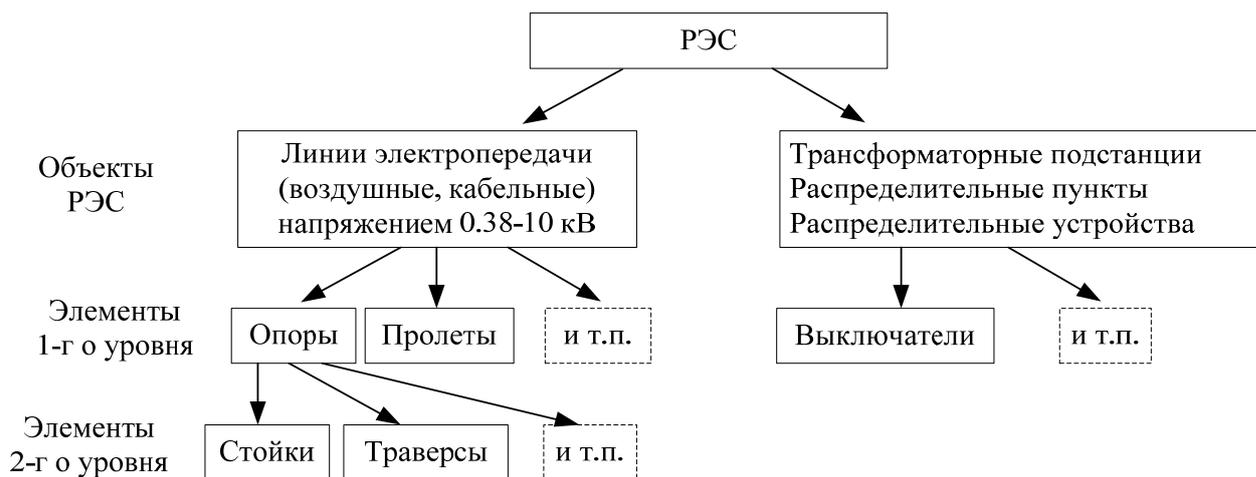


Рисунок 1. Иерархия принадлежности объектов и элементов РЭС

– воздушные и кабельные линии электропередачи (ЛЭП) напряжением 0,38 кВ;

– трансформаторные подстанции (ТП) напряжением 10 (6) /0,4 кВ;

– распределительные пункты (РП) напряжением 10 (6) кВ.

Каждый из объектов состоит из элементов, которые могут быть как не делимыми на составные части, так и иметь сложную иерархическую структуру. Исходя из этих особенностей, для нумерации объектов и элементов выбрана многоуровневая структура принадлежности в пределах одной РЭС (рис. 1). Иерархия принадлежности представляет собой древовидную структуру во главе с РЭС. В состав РЭС входят паспортизируемые объекты, каждый из которых состоит из элементов 1-го уровня, которые в свою очередь делятся на элементы 2-го уровня и т.д. Выбранная архитектура делает достаточно понятной систему присвоения уникальных номеров. Объекты имеют индивидуальную уникальную нумерацию в пределах РЭС. Номер элемента 1-го уровня состоит из уникального номера в пределах конкретного объекта и имеет признаки принадлежности к объекту и РЭС. Номер элемента 2-го уровня состоит из уникального номера в пределах элемента 1-го уровня и имеет признаки принадлежности элементу 1-го уровня, объекту и РЭС. Данная система нумерации обеспечивает уникальность любого элемента в пределах РЭС и не ограничивается определенным набором объектов и элементов. Она может достраиваться как новыми уровнями, так и новыми элементами по мере возникновения необходимости. При этом не требуется изменять ранее присвоенные номера объектов и элементов.

Технические характеристики, также как и уникальные номера, являются необходимыми свойствами элементов. Вместе с тем, если каждый элемент описывать своим полным набором технических характеристик, то это приведет к большому объему дубли-

руемой информации в базе данных из-за наличия повторяющихся свойств. Например, для опор одного типа одинаковыми будут марки и количество стоек, изоляторов, траверс и др. Отличаться друг от друга они могут индивидуальным номером, годом монтажа, заглублением и т.п. Поэтому с целью исключения ввода и хранения дублирующейся информации разработана специальная методика задания общих (базовых) свойств элементам. Суть ее заключается в том, что общие свойства элемента задаются автоматически через графические символы, из которых строятся паспортные схемы. С этой целью для всех элементов разработаны свои символы и к каждому из них прикреплены базовые технические характеристики. При установке такого символа на схему ему автоматически присваивается уникальный номер и приписывается весь набор общих характеристик. Затем для каждого элемента вводятся только индивидуальные свойства. Данный подход потребовал разработки индивидуальных структур технических характеристик для всех элементов, входящих в паспортные схемы.

Описание электрических связей между элементами в информационном обеспечении требуется для автоматического формирования различных моделей сети, которые используются в расчетных и аналитических задачах. В этом случае важно не допустить ошибок, так как работа с недостоверной моделью не представляет никакого практического интереса. Поэтому понадобилась разработка автоматических методов формирования и контроля электрических связей. Все связи формируются непосредственно в процессе построения паспортных схем. Все связи в схемах разделены на два уровня. Первый – связи между элементами внутри паспортных схем, второй – связи между элементами отдельных схем. Такое разделение обусловлено спецификой представления паспортных схем ЛЭП 10 (6) кВ. На этих схемах требуется отображать все элементы, входящие в состав ЛЭП (опоры, пролеты, кабельные муфты, коммутационные

аппараты) и электрически связанные с ними другие самостоятельно паспортизируемые объекты (подстанции, ТП, РП). При этом один и тот же объект обязан присутствовать на всех схемах, с которыми у него есть электрические связи. Поэтому при прорисовке паспортных схем ЛЭП автоматически удается сформировать связи только первого уровня. Установление связей второго уровня осуществляется при прорисовке паспортных схем ТП и РП. В этих схемах в обязательном порядке для каждого ввода напряжением 10 (6) кВ и 0,38 кВ требуется указать номер присоединенной ЛЭП. Важной особенностью такого подхода является то, что описание связей полностью соответствует паспортным схемам объектов.

При создании информационного обеспечения, наряду с выбором методики, важным является оптимизация организационной структуры базы данных, так как от этого зависит быстродействие, гибкость и целый ряд других особенностей в использовании информации. Учитывая необходимость описания огромного количества и многообразия свойств элементов, входящих в распределительную электрическую сеть, для разработки структуры базы данных использовался универсальный язык моделирования (UML) [8]. Этот язык предназначен для разработки канонической структуры базы данных путем описания предметной области через понятия классы, объекты и отношения между ними. Такой подход на начальном этапе проектирования базы данных крайне важен, так как он обеспечил возможность общения на понятном языке разработчикам баз данных и техническим специалистам, занимающимся эксплуатацией сетей. Благодаря этому удалось достаточно рационально создать каноническую структуру базы данных без привязки к конкретной системе управления базами данных (СУБД).

Следующий этап в разработке автоматизированной системы заключался в создании программного обеспечения. С этой целью в качестве СУБД выбрана ORACLE, а для доступа к базе данных – графический редактор MS Visio и атрибутивный редактор MS Excel. Выбор указанных программных продуктов вызван их широким использованием на предприятиях, что должно обеспечить минимум затрат на внедрение систем, разрабатываемых на их основе. Вместе с тем возможности существующих редакторов не позволяют непосредственно формировать базу данных требуемого информационного обеспечения. Поэтому потребовалась их доработка, заключающаяся в разработке специализированных функций для взаимодействия с базой данных. Для реализации функций использовался механизм ADO (ActiveX Data Objects) – интерфейс программирования приложений для доступа к данным, разработанный компанией Microsoft и основанный на технологии компонентов ActiveX. Этот механизм позволяет представлять данные из разнообразных источников в объектно-ориентированном виде.

Для построения паспортных схем в MS Visio дополнительно разработаны библиотеки графических элементов (символов) с прикрепленными наборами базовых свойств. При построении схем с использованием этих символов, автоматически паспортизируются элементы и формируются электрические связи между ними. Причем свойства электрических связей между элементами в различных видах паспортных схем принципиально отличаются друг от друга. Если в ТП (РП) связь является точечным электрическим соединением, сопротивление которого считается равным нулю, то в ЛЭП элементами связи выступают протяженные элементы (воздушные и кабельные участки), обладающие рядом технических характеристик, использующихся в различных задачах автоматизации. Граничными точками для формирования связей в схемах ЛЭП выступают подстанции, ТП, РП, опоры, кабельные муфты, распределительные устройства и потребители. В схемах ТП и РП граничными точками служат все элементы. Соединяться граничные точки могут воздушными пролетами, кабельными участками и ответвлениями к вводу. Многообразие видов соединений потребовало выполнить разработку индивидуальных методов их автоматического формирования, контроля и паспортизации. В результате обеспечено автоматическое формирование базы данных модели сети, полностью соответствующей паспортным схемам.

С целью проверки правильности выбранных решений, создаваемое информационное обеспечение использовалось при создании ряда автоматизированных систем. Первое успешное применение было продемонстрировано при создании автоматизированной системы диспетчерского управления (АСДУ) нового поколения. Отличительной особенностью системы стало использование полной динамической модели сети [9], представляющей собой базу данных с описанием всех элементов и электрических связей. Создание и эксплуатация такой базы данных без применения методов автоматизации практически невозможно, поскольку требуется не только описать несколько десятков тысяч элементов, но и организовать оперативное внесение изменений, обусловленных постоянно выполняемыми реконструкциями и ремонтами. Предложенный подход решает эту проблему путем конвертации информации (рис. 2). Конвертор автоматически выбирает необходимую информацию из паспортной базы данных и преобразует ее в базу данных модели сети АСДУ. Конвертация осуществляется каждый раз, когда происходят изменения в паспортной базе данных. Тем самым в АСДУ оперативно отслеживаются изменения, и обеспечивается однократность ввода информации.

Другой успешный результат использования паспортных баз получен при автоматизации процессов формирования документации по планированию и учету ремонтных работ. При условии интеграции в

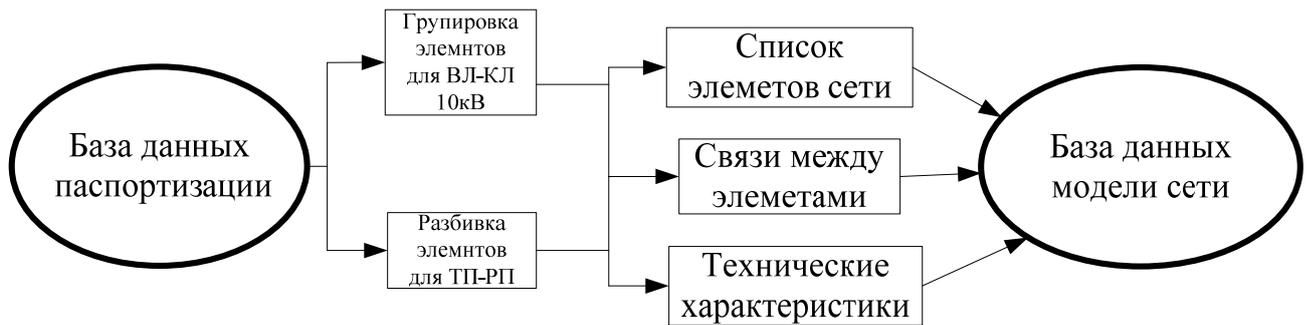


Рисунок 2. Схема конвертации информации из паспортной базы данных в базу данных модели электрической сети

единое информационное пространство с базой данной бухгалтерского учета, обеспечиваются минимальные трудозатраты на формирование всех необходимых документов, исключаются ошибки в номерах и наименованиях объектов, организуется точный и детальный учет всех работ и затрат на их выполнение. Одновременно с этим обеспечивается автоматизация такой важной процедуры как корректировка паспортных баз данных по результатам выполненных работ.

Паспортная база данных может также использоваться в различных системах расчета балансов электрической энергии. Для этого используется расчетная модель сети, запитанной по нормальной схеме. Модель строится автоматически на основании учета точек нормального разрыва, сезонных графиков нагрузок по ЛЭП 10 (6) кВ, типовых графиков нагрузок по ЛЭП 0,38 кВ и технических характеристик оборудования. Кроме этого для организации различных расчетов может использоваться информация о привязках потребителей к точкам питания (опора, ЛЭП 0,38 кВ, силовой трансформатор и т.п.).

Для решения задач, связанных с отображением элементов схем на географических картах, в паспортной базе данных обеспечена возможность ввода их географических координат [10].

Приведенные примеры свидетельствуют о широких возможностях паспортных баз данных при автоматизации различных процессов эксплуатации распределительных электрических сетей.

Заключение

Разработан метод, реализующий формирование информационного обеспечения ИАСУ РЭС в процессе паспортизации оборудования. Создано программное обеспечение автоматизированной системы паспортизации оборудования РЭС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основные положения по автоматизации района электрических сетей (Интегрированная Автоматизированная Система управления РЭС): Руковод. документ/ «Белэнерго», 2002. – 69 с.

2. Крупа, И.В. Комплекс АСУТП распределительных электрических сетей / И.В. Крупа, Н.В. Привалов // Проблемы проектирования и производства радиоэлектронных средств: материалы V Междун. науч.-технич. конф., т. 3: Информатика. – Новополоцк: Полоцкий государственный университет, 2008. – С. 224-227.

3. Инструкция по автоматизированному ведению паспортной документации в распределительных электрических сетях напряжением 0,38 – 10 кВ. – Минск, «Белэнерго», 1999. – 44 с.

4. Руководящие указания по использованию условных обозначений при формировании нормальных (технологических) схем паспортов ВЛ, ВЛП 6-10кВ распределительных сетей. – Минск: Белэнерго, 2002. – 19 с.

5. Методические рекомендации по созданию и ведению информационных баз данных и паспортной документации по воздушным линиям электропередачи напряжением 0,38 кВ (ВЛ, ВЛИ 0,38 кВ). – Минск: «Белэнерго», 2003. – 79 с.

6. Методические рекомендации по созданию и ведению информационных баз данных и паспортной документации по трансформаторным подстанциям 6-10/0,4 кВ (ТП: ЗТП, КТП, МТП и др.) и распределительным пунктам 6-10 кВ (РП). – Минск: «Белэнерго», 2003. – 18 с.

7. Методические рекомендации по созданию и ведению информационных баз данных и паспортной документации по кабельным линиям электропередачи напряжением 0,38-10 кВ (КЛ 0,38-10 кВ). – Минск: «Белэнерго», 2004. – 40 с.

8. Язык UML: руковод-во пользователя /Грейди Буч, Джеймс Рамбо, Айвар Джекобсон. – Москва: Изд-во «ДМК Пресс», 2003. – 429 с.

9. Крупа, И.В. Формирование информационного обеспечения многофункциональных АСДУ электрических сетей/И.В. Крупа, Н.В. Привалов, В.П. Мельников//Агропанорама, 2010. – №4. – С. 26-31.

10. Лысюк, С.С. Опыт использования глобальной навигационной системы при эксплуатации электрических сетей/ С.С. Лысюк. – Энергетик, 2009. – №1. – С.18-20.

ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ СЕЛЕКТИВНОМ УСТАНОВЛЕНИИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ОБКАТКИ ДВИГАТЕЛЕЙ

А.П. Кастрюк, канд. техн. наук, доцент (ПГУ); В.Г. Андруш, канд. техн. наук,
доцент (БГАТУ)

Аннотация

В статье получена формула определения необходимой продолжительности обкатки в зависимости от мощности механических потерь в начале обкатки, средней скорости ее изменения и температуры масла, а также алгоритм селективного установления продолжительности режимов приработки, что позволяет сократить среднее время обкатки не менее чем на 15% с экономией топливно-энергетических ресурсов по сравнению с рациональным режимом.

In the article the formula for determining the necessary duration of running depending on the average speed of changing of mechanical losses capacity, the mechanical losses capacity at the beginning of running in and the oil temperature has been given. The algorithm of selective establishment of the burn-in regime duration has also been given. All this allows reducing the average duration of the running not less than 15% with fuel saving of resources in comparison with the rational mode.

Введение

В сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь эксплуатируется около 95 тысяч дизельных двигателей, в том числе на тракторах – 53, зерноуборочных комбайнах – 12, автомобилях – 20, кормоуборочных комбайнах и другой специальной технике – 10.

Количество отказов и неисправностей двигателей внутреннего сгорания (ДВС) в структуре отказов для отдельных машин достигает 35-55% [1, с.39].

Если учесть, что только РО «Белагросервис» ежегодно ремонтирует 12 тысяч двигателей (из них 8,6 тысяч для тракторов и комбайнов) [2], а удельный вес отремонтированных машин достигает 70-80% при моторесурсе, составляющем до 80% от ресурса новых, то по-прежнему остается актуальной задача повышения качества ремонта двигателей и снижения расхода топливно-энергетических ресурсов [3].

Большинство деталей поступает на восстановление, имея запас остаточной долговечности, использование которой составляет основной источник экономической эффективности ремонта машин.

Капитальный ремонт машины значительно дешевле приобретения новой. Отношение стоимости капитального ремонта машины к цене новой уменьшилось в последнее время с 30-40% до 20-28, а двигателей – с 40-60% до 22-30. Эти изменения вызваны ростом цен на новую технику и снижением стоимости ремонта, что позволяет экономить около 50 млрд. руб. в сравнении с закупкой такого же количества новых двигателей [2].

Доходы от работ по капитальному ремонту и модернизации дизельных двигателей позволили руководству компании «Caterpillar» создать новое отделение,

ежегодная выручка от которого достигла 1 млрд. долларов [4].

Обкатка – важнейшая завершающая технологическая операция ремонта автотракторного двигателя. Цель обкатки заключается не только в подготовке поверхностей трения к восприятию эксплуатационных нагрузок, но и в выявлении и устранении дефектов деталей, сборки и регулировки сопряжений.

За счет проведения высококачественной обкатки на ремонтном предприятии межремонтный срок службы двигателя увеличивается на 8-36%. В то же время проведение обкатки требует значительных трудозатрат и расхода горюче-смазочных материалов, поэтому необходимо проводить исследования по сокращению времени обкатки двигателей без снижения качества приработки трущихся поверхностей [5, 6].

Основная часть

За показатель качества приработки двигателя принимается количественная мера, характеризующая степень близости его технического состояния к состоянию «полностью приработанного двигателя», т.е. двигателя с незначительной наработкой, основные параметры которого (мощность механических потерь, удельный расход топлива, расход масла на угар и др.) стабилизировались, и при эксплуатации не будут изменяться в сторону улучшения.

Для объективной оценки качества приработки важно правильно выбрать базовые значения соответствующих параметров. Наиболее просто и точно этот вопрос решается при наличии достаточного количества экспериментальных данных о значениях соответствующих параметров для полностью приработанных двигателей. В этом случае в качестве базового значения принима-

ются модальные значения параметров в имеющейся выборке, предварительно проверив однородность этих данных с помощью статистических критериев.

Следует отметить, что автотракторные дизели после ремонта имеют значительный разброс параметров, поэтому и время приработки двигателей будет неодинаковым. Существующие режимы обкатки рассчитаны на двигатель после ремонта с усредненными выходными параметрами, без учета индивидуальных показателей. И, как показывает практика, некоторые двигатели достигают состояния обкатанных за более короткое время, а отдельные, с большой мощностью механических потерь в начале обкатки – не успевают приработаться, перегреваются и даже выходят из строя, заклинивают.

Индивидуализация обкатки позволяет определить время окончания приработки двигателей и своевременно перейти на очередную ступень и закончить обкатку.

В качестве информационного параметра приработанности трущихся поверхностей деталей обкатываемого двигателя выбрана мощность механических потерь, которая определяется по показанию весового механизма обкаточного стенда методом прокручивания коленчатого вала от электродвигателя [7]. Для упрощения алгоритма и устройства управления об-

каткой мощность механических потерь можно определять на фиксированной частоте вращения.

Исследования показали, что на мощность механических потерь в процессе обкатки, кроме частоты вращения, наибольшее влияние оказывают мощность механических потерь в начальный момент обкатки, температура масла и средняя скорость изменения мощности механических потерь [6].

Поэтому была поставлена задача получения уравнения, описывающего изменение мощности механических потерь $N_{мн}$ в процессе обкатки в зависимости от времени обкатки τ , мощности механических потерь в начальный момент обкатки $N_{мн0}$, температуры масла T_m и средней скорости изменения мощности механических потерь \bar{v} в процессе обкатки.

В условиях Минского авторемонтного завода на обкаточном стенде исследованы закономерности изменения параметров дизелей ЯМЗ-236М в процессе обкатки по четырем известным режимам продолжительностью 95, 110, 125 и 180 минут. Полученные экспериментальные данные приведены в табл. 1-4.

Проведенные исследования [8, с.144] показали, что для двигателей, прошедших обкатку по различ-

Таблица 1. Параметры двигателя в процессе обкатки по режиму продолжительностью 180 минут ($\bar{v}=17$ Вт/мин)

Наименование показателей	Значение показателей														
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃	A ₁₄	A ₁₅
Вариант опыта A _i															
Время обкатки τ , мин	0	0	0	40	40	40	80	80	80	120	120	120	180	180	180
Температура масла T_m , °С	49	50	52	63	64	66	76	77	79	88	89	92	97	98	99
Мощность механических потерь в начале обкатки $N_{мн0}$, кВт	8,25	8,92	9,92	8,25	8,92	9,92	8,25	8,92	9,92	8,25	8,92	9,92	8,25	8,92	9,92
Мощность механических потерь в конце обкатки $N_{мн}$, кВт	8,25	8,92	9,92	7,84	8,36	9,32	6,73	7,25	8,47	5,95	6,28	7,46	5,48	5,91	6,63

Таблица 2. Параметры двигателя при обкатке по режиму продолжительностью 125 минут ($\bar{v}=21$ Вт/мин)

Наименование показателей	Значение показателей														
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉	B ₁₀	B ₁₁	B ₁₂	B ₁₃	B ₁₄	B ₁₅
Вариант опыта B _i															
Время обкатки τ , мин	0	0	0	40	40	40	80	80	80	120	120	120	125	125	125
Температура масла T_m , °С	49	52	51	58	70	66	73	84	82	94	98	98	99	100	100
Мощность механических потерь в начале обкатки $N_{мн0}$, кВт	8,18	8,90	9,66	8,18	8,90	9,66	8,18	8,90	9,66	8,18	8,90	9,66	8,18	8,90	9,66
Мощность механических потерь в конце обкатки $N_{мн}$, кВт	8,18	8,90	9,66	7,62	7,80	8,47	6,59	6,81	7,44	5,81	6,35	6,95	5,74	6,25	6,84

Таблица 3. Параметры двигателя при обкатке по режиму продолжительностью 110 минут ($\bar{v} = 25$ Вт/мин)

Наименование показателей	Значение показателей											
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂
Вариант опыта C _i												
Время обкатки τ , мин	0	0	0	40	40	40	80	80	80	110	110	110
Температура масла T_m , °С	52	50	49	72	71	71	88	91	95	100	100	101
Мощность механических потерь в начале обкатки N_{mn0} , кВт	8,51	9,32	10,14	8,51	9,32	10,14	8,51	9,32	10,14	8,51	9,32	10,14
Мощность механических потерь в конце обкатки N_{mn} , кВт	8,51	9,32	10,14	7,96	8,29	9,21	6,48	6,99	7,90	6,09	6,62	7,22

Таблица 4. Параметры двигателя в процессе обкатки по режиму продолжительностью 95 минут ($\bar{v} = 28$ Вт/мин)

Наименование показателей	Значение показателей											
	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈	D ₉	D ₁₀	D ₁₁	D ₁₂
Вариант опыта D _i												
Время обкатки τ , мин	0	0	0	40	40	40	80	80	80	95	95	95
Температура масла T_m , °С	54	52	52	73	76	74	94	94	95	100	100	100
Мощность механических потерь в начале обкатки N_{mn0} , кВт	8,47	9,19	9,95	8,47	9,19	9,95	8,47	9,19	9,95	8,47	9,19	9,95
Мощность механических потерь в конце обкатки N_{mn} , кВт	8,47	9,19	9,95	7,34	8,04	8,72	6,23	6,88	7,46	6,00	6,55	7,18

ным технологиям, изменяется скорость изменения параметров, а характер их взаимосвязи в процессе обкатки остается практически постоянным.

Различные режимы обкатки двигателей внутреннего сгорания характеризуются средней скоростью \bar{v} (Вт/мин) изменения мощности механических потерь в процессе обкатки, которую можно определить по формуле

$$\bar{v} = \frac{(N_{mn0} - N_{mnk}) \cdot 10^3}{\tau}, \quad (1)$$

где N_{mn0} – мощность механических потерь в начале обкатки, кВт;

N_{mnk} – мощность механических потерь в конце обкатки, кВт;

τ – время обкатки, мин.

Найдем скорости изменения режимов обкатки v_n^* на каждом из временных интервалов $[\tau_n, \tau_{n+1}]$ ($n = 0, 1, 2, \dots$) по формуле

$$v_n^* = \frac{(N_{mnn} - N_{mnn+1}) \cdot 10^3}{\tau_{n+1} - \tau_n}, \quad (2)$$

где τ_n, τ_{n+1} – границы временных промежутков, мин;

N_{mnn}, N_{mnn+1} – мощность механических потерь в соответствующих точках, кВт.

Так как значение мощности механических потерь через вязкость зависит от температуры масла в процессе обкатки, которая, в свою очередь, зависит от температуры в начале обкатки, введем новую переменную T , равную разности между текущим и начальными значениями температуры масла

$$T = T_m - T_{m0},$$

где T_{m0} – температура масла в начале обкатки, °С.

Среднее значение v^* для исследуемых режимов за весь промежуток обкатки равно $\bar{v} = 17; 21; 25; 28$ (Вт/мин).

Для каждого из четырех режимов построим интерполяционную формулу зависимости мощности механических потерь от начальной мощности N_{mn0} , времени τ , разности температур масла T и средней скорости изменения мощности механических потерь \bar{v} .

Поскольку переменная \bar{v} принимает четыре значения, соответствующие четырем сравниваемым режимам обкатки, то, рассматривая ее как функцию переменных τ, T_m и N_{mn} , построим поверхности уровня этой функции, соответствующие четырем заданным значениям: $\bar{v} = 17, \bar{v} = 21, \bar{v} = 25, \bar{v} = 28$ Вт/мин (табл. 1-4). Линейную интерполяцию функции N_{mn} как функции двух переменных τ и T_m (при

фиксированном \bar{v}) проводим по формуле, аналогичной формуле [9, с.59] для функции вида $z = f(x, y)$:

$$z = \frac{\Delta_0 - \Delta_1 x - \Delta_2 y}{\Delta_3}, \quad (3)$$

где $\Delta_0 = \begin{vmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ x_3 & y_3 & z_3 \end{vmatrix};$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 1 & y_1 & z_1 \\ 1 & y_2 & z_2 \\ 1 & y_3 & z_3 \end{vmatrix};$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} x_1 & 1 & z_1 \\ x_2 & 1 & z_2 \\ x_3 & 1 & z_3 \end{vmatrix};$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & 1 \end{vmatrix}$$

$(x_k, y_k, z_k), k = 1; 2; 3$ – координаты узлов интерполирования.

В результате мы получили четыре цепочки плоскостей [6].

Рассматривая функцию $x_n = f(x_1, x_2, \dots, x_{n-1})$ ($n-1$) переменных, можно аналогично получить интерполяционную формулу:

$$u = \frac{\Delta_0 - x_1 \Delta_1 - x_2 \Delta_2 - \dots - x_{n-1} \Delta_{n-1}}{\Delta_n}, \quad (4)$$

где $\Delta_0 = \begin{vmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nn} \end{vmatrix},$

$(x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kn}), k = 1, \dots, n$ – координаты узлов интерполирования, а определители $\Delta_k (k = 1, \dots, n-1)$ получаются из Δ_0 путем замены k -го столбца столбцом из единиц. При выводе этой формулы используется метод математической индукции.

Выберем в качестве узлов интерполирования следующие точки:

при $\bar{v} = 17$ Вт/мин – точки А₅, А₈, А₁₂, А₁₅;

при $\bar{v} = 21$ Вт/мин – точки В₅, В₈, В₁₁, В₁₃;

при $\bar{v} = 25$ Вт/мин – точки С₆, С₉, С₁₀, С₁₂;

при $\bar{v} = 28$ Вт/мин – точки D₆, D₈, D₉, D₁₂.

Получаем четыре интерполяционные формулы, описывающие мощность механических потерь

$N_{mn}^{(1)}, N_{mn}^{(2)}, N_{mn}^{(3)}, N_{mn}^{(4)}$ для каждого из четырех режимов:

$$\begin{aligned} N_{mn}^{(1)} &= N_{mn0} \cdot (1.07 - 0.0028 \cdot \tau + 0.0027 \cdot T - 0.0041 \cdot v^*), \\ N_{mn}^{(2)} &= N_{mn0} \cdot (1.10 - 0.0058 \cdot \tau + 0.0089 \cdot T - 0.0048 \cdot v^*), \\ N_{mn}^{(3)} &= N_{mn0} \cdot (1.04 - 0.0020 \cdot \tau - 0.0020 \cdot T - 0.0007 \cdot v^*), \\ N_{mn}^{(4)} &= N_{mn0} \cdot (1.03 + 0.0020 \cdot \tau - 0.0100 \cdot T - 0.0009 \cdot v^*). \end{aligned} \quad (5)$$

Поскольку в процессе обкатки скорость изменения режимов является кусочно-постоянной, то формулы (5) можно использовать для определения мощности механических потерь в процессе обкатки в любой момент времени, при этом скорость \bar{v} берем равной средней скорости изменения мощности механических потерь на соответствующем временном промежутке (формула (2)).

Кроме этого, формулы (5) мы можем использовать для выбора наиболее подходящего режима обкатки из данных четырех режимов.

Однако формулы (5) не позволяют непосредственно назначить режимы, в конце которых мощность механических потерь достигает значения, соответствующего области обкатанных N_{mn} об = 6,83 кВт. Двигатель может оказаться как недообкатанным, так и переобкатанным. Поэтому важным является определение необходимого времени обкатки.

Выведем универсальную для всех четырех режимов интерполяционную формулу, описывающую зависимость изменения мощности механических потерь N_{mn} от времени τ , температуры масла $T = T_m - T_{m0}$, средней скорости изменения мощности механических потерь \bar{v} и мощности механических потерь в начале обкатки N_{mn0} . Используем данные табл. 1-4.

Выбирая в качестве узлов интерполирования точки D₁₁, С₁₁, В₁₁, А₁₁, А₁₄ и используя формулу (4), получим интерполяционную формулу:

$$N_{mn} = 0.452 \cdot N_{mn0} - 0.008 \cdot \tau - 0.015 \cdot T - 0.019 \cdot \bar{v} + 4.618. \quad (6)$$

Эта формула является универсальной для всех режимов обкатки при $\tau > 40$ мин.

Проверка точности описания уравнением (6) экспериментальных данных проводилась подстановкой в данное уравнение координат промежуточных точек для получения расчетных значений N_{mn} . Сравнение показало, что рассчитанные значения мощности механических потерь отличались от экспериментальных результатов менее чем на 5%.

Выразим из формулы (6) переменную τ – время обкатки (мин):

$$\tau = 56.5 \cdot N_{мг0} - 1.875 \cdot T - 2.375 \cdot \bar{v} + 577.25 - 125 \cdot N_{мг} \quad (7)$$

Учитывая, что $T = T_m - T_{м0}$, а в конце обкатки двигатели, соответствующие области обкатанных, имеют значение $T_m = 99 \pm 1^\circ\text{C}$ и $N_{мг} = N_{мг\text{ об}} = 6,83 \text{ кВт}$, получим формулу определения необходимой длительности обкатки до достижения требуемого качества приработанности деталей, соответствующим обкатанным, в зависимости от средней скорости изменения мощности механических потерь (выбранного режима обкатки, рационального для данного производства), мощности механических потерь в начале обкатки и температуры масла:

$$\tau = 56.5 \cdot N_{мг0} - 2.375 \cdot \bar{v} + 1.875 \cdot T_{м0} - 462.125 \quad (8)$$

Алгоритм селективного установления продолжительности режимов приработки приведен на рис. 1.

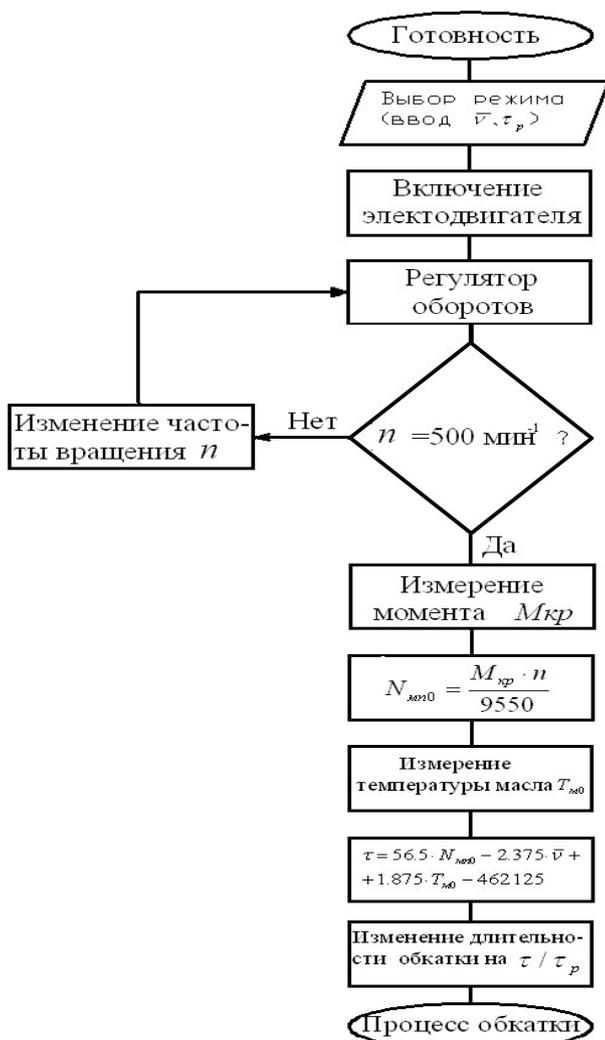


Рисунок 1. Алгоритм селективного установления продолжительности режимов приработки

Для наиболее рационального режима с $\bar{v} = 28$ Вт/мин время приработки составит:

$$\tau = 56.5 \cdot N_{мг0} + 1.875 \cdot T_{м0} - 528.625 \quad (9)$$

Заключение

Используя формулу (9), определим время, необходимое для обкатки двигателей по наиболее рациональному режиму с $\bar{v} = 28$ Вт/мин по данным табл. 4.

Для первого двигателя $N_{мг0} = 8.47$ кВт с температурой масла в начале обкатки $T_{м0} = 54^\circ\text{C}$ вычисленное необходимое время обкатки $\tau = 51,18$ мин, следовательно, все этапы обкатки этого двигателя можно сократить на 46%.

Для второго двигателя $N_{мг0} = 9.19$ кВт с температурой масла в начале обкатки $T_{м0} = 52^\circ\text{C}$ необходимое время обкатки $\tau = 88,11$ мин, следовательно, все этапы обкатки этого двигателя можно сократить на 7%.

Для третьего двигателя $N_{мг0} = 9.95$ кВт с температурой масла в начале обкатки $T_{м0} = 52^\circ\text{C}$ необходимое время обкатки $\tau = 131,06$ мин, следовательно, все этапы обкатки этого двигателя нужно удлинить на 38%, иначе трущиеся поверхности его деталей окажутся недостаточно приработанными. Назначая продолжительность приработки для каждого двигателя по предложенному алгоритму, среднее время обкатки можно сократить не менее чем на 15% по сравнению с рациональным режимом.

Аналогично, используя формулу (5) или (6), можем определить по начальной мощности механических потерь и температуре масла необходимую продолжительность обкатки и для других более длительных режимов с $\bar{v} < 28$ Вт/мин, при этом сокращение длительности будет более чем на 30%.

Чистый дисконтированный доход при программе ремонта 771 двигатель ЯМЗ-236М составляет 3673 тыс. руб., срок возврата капитальных вложений 2,3 года при годовой экономии 2,2 т дизтоплива и 13955 кВт×ч электроэнергии, годовом экологическом эффекте 159 тыс. руб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коваленко, Н.А. Техническая эксплуатация автомобилей / Н.А. Коваленко, В.П. Лобах, Н.В. Веprinцев. – Мн.: Новое знание, 2008. – 352 с.
2. Лабушев, Н.А. В Новый год с надежным партнером / Н.А. Лабушев // Белорусское сельское хозяйство. – 2007. – №12. – С. 22–24.
3. Соловьев, Р.Ю. Современная концепция обслуживания и ремонта машин / Р.Ю. Соловьев, В.М. Михлин, А.В. Колчин // Техника в сельском хозяйстве. – 2008. – № 1. – С. 12 – 15.

4. Модернизация изношенных двигателей фирмы «Caterpillar» // Техника и оборудование для села. – 2007. – №2. – С. 39.

5. Стрельцов, В.В. Ресурсосберегающая ускоренная обкатка отремонтированных двигателей / В.В. Стрельцов, В.Н. Попов, В.Ф. Карпенков. – М.: Колос, 1995. – 175 с.

6. Бурганская, Л.И. Исследование мощности механических потерь в зависимости от времени, температуры масла и скорости изменения режимов обкатки / Л.И. Бурганская, Л.А. Хвоцинская, В.Г. Андруш, А.Н. Смаль // Агропанорама. – 2006. – №1. – С. 27–31.

7. Батхан, Л. З. О динамике холодной обкатки дизелей Д-240 / Л.З. Батхан // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. – Мн.: Ураджай, 1986. – Вып. 28. – С. 108–113.

8. Трубилов, А.К. Безразборная оценка послеремонтного ресурса автотракторных дизелей по комплексному критерию качества в период 60-часовой стендовой обкатки: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / А.К. Трубилов. – Мн., 1999. – 206 л.

9. Турчак, Л.И. Основы численных методов / Л.И. Турчак, П.В. Плотников // Москва: Физматлит, 2002. – 374 с.

УДК 338.432:634.737(476)

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 21.01.2011

МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ ГОЛУБИКИ ВЫСОКОРОСЛОЙ В БЕЛАРУСИ

Н.В. Лягуская, аспирантка (БГАТУ)

Аннотация

В статье освещаются мировые тенденции и современное состояние производства голубики высокорослой в условиях Беларуси. По материалам ОАО «Белорусские журавины» проведен анализ эффективности производства голубики, а также обозначены направления развития промышленного возделывания этой ягодной культуры в нашей стране.

The article highlights global tendencies and a state of manufacture of a tall blueberry in conditions of Belarus. According to the materials of "Belarusian zhuraviny" the analysis of the production efficiency of blueberry production has been carried out. Moreover in our country the directions of development of industrial cultivation of this berry have been designated.

Введение

В настоящее время одним из перспективных направлений плодово-ягодного производства является выращивание ягод семейства брусничных растений, в том числе голубики высокорослой. Плоды этой культуры являются важным источником поступления биологически активных веществ и витаминов в организм человека, используются для лечения желудочных заболеваний и в качестве профилактического средства в ряде вредных производств, связанных с возможностью попадания в организм человека радиоактивных элементов и тяжелых металлов. Плоды голубики также повышают прочность кровеносных капилляров, регулируют работу желез внутренней секреции, в первую очередь – щитовидной, обладают противовоспалительным, противосклеротическим, противовоспалительным и противоопухолевым действием [1, с. 92; 2, с.54].

Основная часть

Голубика высокорослая является одним из наиболее распространенных ягодных растений, введенных человеком в культуру в начале XX века. Первые

промышленные плантации ее были заложены в США в штате Вашингтон, общая площадь которых в 1929г. составляла 80 га [3, с.30].

В настоящее время США являются лидером по производству голубики высокорослой. В 2009г. под этой культурой здесь было занято более 26,5 тыс. га, и произведено ягодной продукции 209611 т, на сумму 607, 9 млн. долларов. Средний урожай составил 61,8 ц /га [4].

Успешные работы по выращиванию голубики в США стимулировали интерес к ней и в Канаде, где исследования по введению голубики в культуру были начаты в 1930г. Сейчас эта культура возделывается на площади более 16 тыс. га, сбор ягод составляет около 100 тыс. тонн.

Экспериментальное выращивание голубики высокорослой в Западной Европе – Нидерландах, Германии, Англии, Польше, Румынии и других странах началось еще в 1923-1929гг., однако более широкие исследования стали проводиться после Второй мировой войны. В настоящее время в этих странах выращивание голубики поставлено на промышленную

основу. Общая площадь в 2009 году составляла 21,8 тыс. га, а валовой сбор ягод достиг 10,5 тыс. т.

С начала 70-х годов XX века голубика высокорослая возделывается в Новой Зеландии, Австралии и Японии. В Австралии ее площади занимают 2000 га, а в Новой Зеландии – 1750 га. В Японии голубика занимает площади в 220 га, ее расширение ограничивается недостатком необходимых для данных целей почв.

Большой интерес к голубике, как весьма перспективной ягодной культуре, около 40 лет назад проявили российские ученые. Работы по ее интродукции были сконцентрированы в двух научных центрах – Главном ботаническом саду (г. Москва) и Центральном сибирском ботаническом саду (г. Новосибирск). Исследования по голубике одновременно осуществлялись и в других регионах России – Санкт-Петербурге, Костроме, Мичуринске.

В 1970-1975гг. интродукционные исследования высокорослой голубики проводились в Литве, Латвии, Украине. В 2009г в Литве и Латвии было собрано 4440 т, в Украине 3000 т ягод [5, с.29].

В последние годы на мировом рынке голубики появились такие страны, как Чили, Парагвай и Южно-Африканская Республика. История культуры этой ягоды в ЮАР насчитывает не более 20 лет, а уже освоена площадь более чем в 1000 га. Поводом для начала и расширения производства голубики в Африке стала возможность получать свежие ягоды круглый год [6, с.57].

В 2009 году сбор ягод голубики высокорослой в мире составил 394,35тыс. т, площади, занятые под нее – 72082 га [4].

Что касается Беларуси, то здесь эта культура возделывается сравнительно недавно. Интродукционные испытания по выращиванию голубики сортовой начаты в 1980 году в Ганцевичской научно-экспериментальной базе Центрального ботанического сада НАН Беларуси. Основанием для начала исследований в данной местности послужило сходство основных климатических параметров (сумма активных температур, вегетационный период, сумма осадков, степень увлажнения и др.) полесского региона Беларуси и регионов промышленного возделывания голубики высокорослой в Северной Америке.

По результатам многолетних исследований, установлено, что в наибольшей степени генетический потенциал сортовой голубики реализуется на малопригодных торфяниках и песчаных почвах в климатических условиях Белорусского Полесья, что и послужило предпосылкой для широкомасштабного ее введения в промышленную культуру. Вместе с тем разви-

тие этой, новой для республики, отрасли ягодоводства предполагает расширение ареала культивирования голубики высокорослой за счет ее продвижения в другие регионы, где достаточно земель, выведенных из сельскохозяйственного оборота, но вполне пригодных для закладки голубичных плантаций [5, с 10].

В настоящее время на территории Беларуси функционирует ряд хозяйств, специализирующихся на возделывании голубики высокорослой. Ее плантации заложены в Витебской, Минской и Гомельской областях. Начато возделывание сортовой голубики и на территории Гродненской области. Но наибольшее распространение эта культура получила в Брестской области, где ее возделыванием занимаются как специализированные организации (ОАО «Белорусские журавины» - 47 га, «Журавінка» (ЦБС НАН Беларуси) – 2 га, ОАО «Березовская МТС» – 18 га), так и фермерские хозяйства («Кукеты» – 14 га, «Яквил» – 5га, «Беркли» – 20га, «Синяя птица» – 35 га) и ряд других. Общая площадь, занятая голубикой высокорослой, в Беларуси составляет около 200 га, в том числе в плодоносящем возрасте – 50 га.

Первая промышленная плантация высокорослой голубики площадью 1,71 га была заложена в 1997г на мелиорированных землях ОАО «Белорусские журавины» (Пинский район). Ныне это крупное предприятие по производству данной ягоды, ежегодно увеличивающее ее посадочные площади.

Экономическая эффективность производства голубики высокорослой характеризуется системой натуральных и стоимостных показателей, представленных в табл. 1.

Как видно из табл. 1, с 2005г. по 2009г. общая площадь насаждений, занятых под голубику, увеличилась на 39,79 га, или в 5,8 раза, в том числе в плодоносящем возрасте на 5,5 га. Валовой сбор ягод увеличился на 11,7 т. Однако за последние три года наблюдается снижение урожайности. Если в 2005г урожайность составила 32 ц/га, то в 2009г этот показатель снизился на 8,7 ц/га. На уровень урожайности определяющее влияние оказывают климатические факторы – весенние заморозки, количество выпавших осадков в летний период (2009г), а также низкие зим-

Таблица 1. Эффективность производства голубики высокорослой в ОАО «Белорусские журавины»

Показатели	2005	2006	2007	2008	2009
Площадь насаждений всего, га	7,21	16,9	20,6	30,8	47,0
В т.ч. в плодоносящем возрасте, га	1,71	1,71	2,61	4,61	7,21
Валовой сбор, всего, т	5,6	5,9	7,3	13,0	17,3
Урожайность, ц/га	32,7	34,5	28,0	28,2	24,0
Прибыль всего, тыс. руб.	4196,0	6889,0	17048,5	40843,0	59611,2
Прибыль на 1 га плодоносящих насаждений, тыс. руб.	2453,8	4028,7	6532,0	8859,6	8267,9
Уровень рентабельности производства, %	20,9	30,9	64,2	70,7	79,4

ние температуры, вызывающие обмерзание кустов. Кроме того, на плантациях осуществлялась обрезка старых, больных и слабых веток, которые, хотя и в малой степени, но увеличивали бы валовой сбор.

На уровне урожайности голубики в ОАО «Белорусские журавины» сказалось также производство здесь посадочного материала (саженцев), в целях которого для черенкования (размножения) голубики используется часть однолетних, хорошо вызревших побегов.

Структура затрат на производство ягод голубики представлена в табл. 2.

Приведенные показатели свидетельствуют, что наибольший удельный вес в затратах на производство ягод голубики занимает оплата труда. В 2005г. удельный вес затрат на оплату труда составлял 23,2%, в 2009г. – 39,8%. Это обстоятельство связано с тем, что в период уборки урожая осуществляется привлечение сезонных и временных работников. Уборка урожая – наиболее трудоемкий процесс в возделывании голубики. Ягоды собирают вручную, и поскольку их созревание неодновременное (в отдельных кистях и в целом на кусте), уборка проводится по мере созревания ягод в течение месяца и более. С ростом затрат на оплату труда увеличиваются и отчисления на социальные нужды.

С наращиванием объема производства значительные изменения произошли по статье «материальные затраты», сумма которых с начала анализируемого периода возросла почти в два раза. Это – стои-

мость агроткани, применяемой при посадке голубики в целях защиты саженцев от сорняков, стоимость приобретаемых у поставщиков древесных опилок, вносимых под кусты голубики (мульчирование), которые используются как дополнительная мера в борьбе с сорняками, а также для сохранения влаги в корнеобитаемом слое, что очень важно для приживаемости молодых растений и формирования урожая у плодоносящих кустов. На замульчированных полосах сорняки уничтожаются с помощью гербицидов.

Значительную часть материальных затрат составляет потребляемая электроэнергия при поливе. Особенно важно поддерживать нормальный режим влажности в жаркое лето, когда растения расходуют большое количество воды, чтобы защитить себя от перегрева. В этом случае хороший эффект дают охладительные поливы, которые проводят во время пика высоких температур. Самые высокие требования к влажности почвы голубика высокорослая предъявляет во время созревания ягод. При недостатке влаги в этот период снижается не только урожай текущего года, но и закладывается меньшее число цветочных почек на следующий год, что приводит к снижению будущего урожая даже при благоприятных условиях.

На себестоимость продукции оказывает влияние и стоимость используемой электроэнергии при хранении ягод. Ягоды голубики хранятся плохо, поэтому после сбора их быстро охлаждают до 4-5°C, но не ниже 0°C. При 0°C ягоды хорошо хранятся две недели, при 4-5°C – одну неделю [6]. Основная масса соб-

Таблица 2. Состав и структура затрат на выращивание голубики высокорослой на плодоносящих плантациях в ОАО «Белорусские журавины»

Показатели	2005		2006		2007		2008		2009	
	млн. руб	удел. вес в общ. затратах, %	млн. руб	удел. вес в общ. затратах, %	млн. руб	удел. вес в общ. затратах, %	млн. руб	удел. вес в общ. затратах, %	млн. руб	удел. вес в общ. затратах, %
Материальные затраты (сырье, удобрения, топливо, энергия и др.)	2,7	13,6	1,8	8,3	5,9	21,7	7,9	14,1	5,2	7,2
Оплата труда	4,6	23,2	8,8	40,6	8,1	29,8	19,1	34,0	28,6	39,8
Отчисления на оплату труда	1,5	7,6	3,0	13,8	2,1	7,7	6,3	11,2	9,9	13,8
Амортизация осн. средств	1,4	7,1	1,5	6,9	1,6	5,9	7,6	13,5	3,6	5,0
Общехозяйственные расходы	1,7	8,6	3,4	15,6	2,4	8,8	6,5	11,6	10,2	14,2
Услуги холодильного комплекса	0,2	1,0	0,3	1,4	3,6	13,2	1,7	3,0	7,0	9,7
Налоги, включаемые в себестоимость	0,1	0,5	0,1	0,5	0,3	1,1	0,4	0,7	0,2	0,3
Услуги автотранспорта	7,4	37,4	2,0	9,2	3,1	11,4	6,6	11,7	6,6	9,2
Прочие расходы	0,2	1,0	0,8	3,7	0,1	0,4	0,1	0,2	0,6	0,8
Всего	19,8	100	21,7	100	27,2	100	56,2	100	71,9	100

ранного урожая реализуется в свежем виде: в 2009г. – 15,9 т или 92%. Часть ягод замораживается при температуре 15-20° С, срок хранения которых составляет 18 месяцев.

Для нормального роста и развития, обильного плодоношения голубика нуждается в подкормках минеральными удобрениями. Основными являются азотные, фосфорные и калийные удобрения, что существенно увеличивает урожайность плантаций голубики.

Важным источником снижения затрат на выращивание голубики является сокращение расходов по оплате труда управленческого персонала.

Заключение

Плантационное выращивание голубики высокорослой в Беларуси пока не получило широкого распространения. Однако республика располагает значительным потенциалом для увеличения производства этой культуры. Наличие пригодных площадей для возделывания голубики по данным специалистов составляет 3 тыс. га. Уже сегодня имеются технологии, которые позволяют получать достаточно высокие урожаи.

Эффективность возделывания голубики высокорослой зависит от строгого соблюдения технологии, природно-климатических условий, качества посадочного материала, наличия специалистов-профессионалов, использования достижений науки и практики с целью повышения урожайности, сокращения потерь на стадиях производства, хранения, переработки, транспортировки и реализации ягод. Немаловажным фактором является и то, что при воз-

делывании голубики высокорослой предоставляется возможность использовать в сельскохозяйственном производстве выработанные торфяники, непригодные или малопригодные для выращивания традиционных сельскохозяйственных культур. Эффективное ведение ягодоводства предполагает необходимость формирования интеграционно-кооперативных структур, создание оптимального экспортного потенциала, развитие внешнеэкономических связей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Курлович, Т. В. Брусника, голубика, клюква, черника / Т. В. Курлович. – Москва : Издат. Дом, 2005. – 128с.
2. Палкин, Г. Г. Голубика – ягода садовая / Г. Г. Палкин // Белорусское сельское хозяйство. – 2009. – № 8. – С. 53-56.
3. Курлович, Т. В. Голубика высокорослая в Беларуси / Т. В. Курлович, В. Н. Босак. – Минск : Бел. наука, 1998. – 176 с.
4. Uprawa borowki wysokiej: Jqolnopolska konferencja nauka praktyce / Komitet nauk jgrodniczych polskiej akademii nauk, instytut sadownictwa I kwiaciarstwa im Szczepana Pienianizka.– Skierniewice. 21 kwietnia, 2010. – 82с.
5. Голубика высокорослая: оценка адаптационного потенциала при интродукции в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.]; под общ. ред. В. И. Парфенова. – Минск: Бел. наука, 2007. – 442 с.
6. Малашевич, З. И. Голубика – ягода XXI века / З. И. Малашевич. – Минск: Красико-Принт, 2006. – 64 с.

“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 техническим (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономическим (АПК) и сельскохозяйственным наукам (зоотехния).

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 первое полугодие 2011 года: для индивидуальных подписчиков - 29010 руб., ведомственная подписка - 56964 руб.

УЛУЧШЕНИЕ УСЛОВИЙ И ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ОПЕРАТОРА МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

В.А. Агейчик, канд. техн. наук, доцент, Ал-р Л. Мисун, Ал-й Л. Мисун, студенты (БГАТУ)

Аннотация

Сделан анализ основных источников опасности в системе "оператор - машина - производственная среда", предложены инженерно-технические решения, способствующие улучшению условий труда оператора мобильной сельскохозяйственной техники.

The analysis of the basic sources of danger in the system " the operator - the machine - the industrial environment ", has been conducted. The technical decisions promoting improvement of working conditions of the operator of mobile agricultural machinery are offered.

Введение

В процессе производственной деятельности при функционировании системы «оператор-машина-среда» (О-М-С) основными источниками опасности (рис. 1) для оператора мобильной сельскохозяйственной техники являются: непосредственно сами технические средства, а также производственная среда (состав воздуха, акустический и вибрационный фон и т. д.).

Для исключения возможности травмирования оператора, повышения его работоспособности, защиты от влияния опасных и вредных факторов производственной среды (шума, вибрации, запыленности, загазованности, теплового воздействия и др.) необходимо постоянно улучшать условия и повышать безопасность труда. При этом важнейшее место отводится совершенствованию конструкции кабины технического средства – своеобразной защитной оболочки вокруг рабочего места оператора (рис. 2), содержащей ряд устройств для нормализации поступающего

воздуха, осуществления обогрева или охлаждения, выполнения других функций для создания необходимых условий труда.

Основная часть

Известно, что при работе агрегатов в запыленной среде в кабине трактора увеличивается концентрация пыли и загрязняемость пола кабины. Дополнительно загрязняет пол кабины и сам механизатор (оператор). При выполнении агротехнических операций он несколько раз за смену выходит из кабины и обслуживает агрегат. И, как следствие, от его обуви и одежды заносится пыль, которая оседает на пол кабины. При включенном вентиляторе, который установлен в потолочной части кабины, воздушный поток поднимает пыль, повышается ее концентрация. Для улучшения ситуации предлагается, как один из примеров, кабина технического средства (рис. 3), которая состоит из каркаса 1, вентилятора-пылеотделителя 2, установленного в потолочной части кабины, передней 3, задней 4, боковых 5 панелей, внутренней панели 6 пола, выполненной с выемками и отверстиями, наружной панели 7, остова трактора 8.

При остановке трактора и вентилятора-пылеотделителя 2 пылевые частицы под действием силы тяжести оседают на полу кабины. С включением двигателя под действием вибрации они выносятся наружу, и, как следствие, снижается концентрация пыли. Для обеспечения достаточного избыточного давления в кабине на полу можно постелить настил из синтетического или тканевого материала, через который проходят пылевые частицы и который одновременно уменьшает сквозной проход воздуха из кабины.



Рисунок 1. Основные источники опасности в системе «О-М-С» для оператора мобильной сельскохозяйственной техники

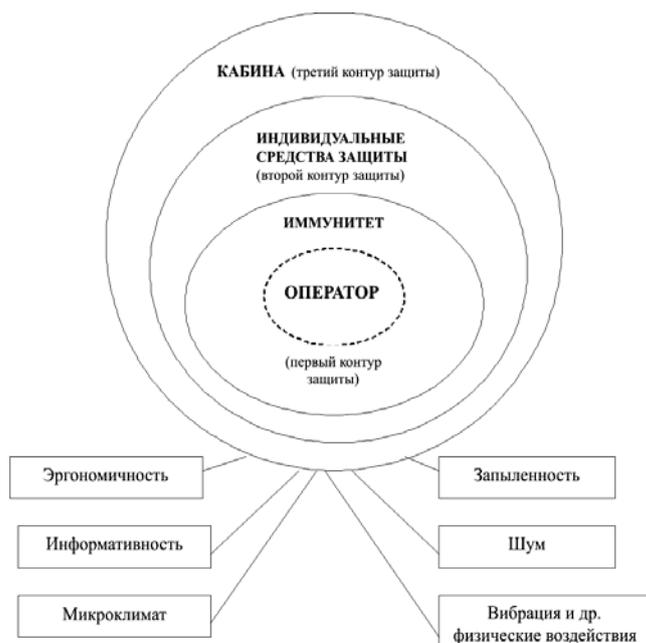


Рисунок 2. Схема защиты оператора мобильной сельскохозяйственной техники от воздействий производственной среды

При низких температурах (в осенне-зимний период) наружная панель 7 пола кабины поворачивается вокруг шарнира, тем самым закрываются сквозные отверстия в наиболее глубоких точках выемок, и устраняется возможность вытекания через них теплого воздуха [1].

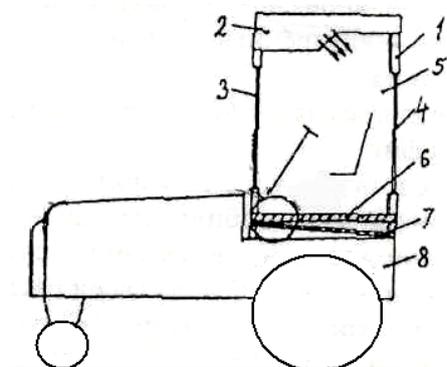


Рисунок 3. Кабина трактора с элементами защиты от запыленности

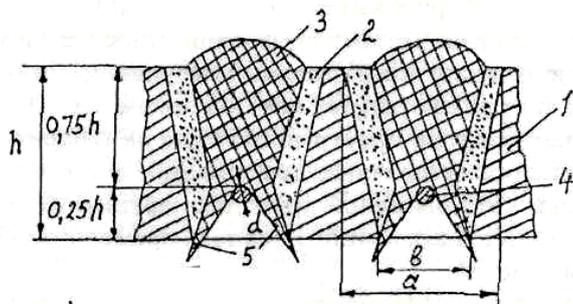


Рисунок 4. Фрагмент самоочищающегося пола кабины технического средства

Для снижения запыленности на рабочем месте оператора рекомендуется рассмотреть вариант оборудования пола 1 кабины технического средства (рис. 4) эластичными пробками 3, например, из резины.

Пыль и мелкие частицы почвы 2 накапливаются в зазорах между наклонными стенками щелей пола 1 и пробками 3. Под действием массы механизатора (рис. 5) верхние части пробок 3 деформируются вниз в направлении стержня 4. При этом упругие боковые

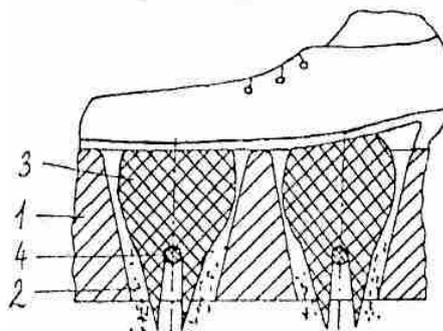


Рисунок 5. Положение дополнительных элементов конструкции пола кабины, при котором происходит его очистка

нижние пластины 5 сближаются друг с другом, открывая щели, через которые высыпается накопившаяся пыль 2 за пределы кабины. Расположение щелей в направлении, перпендикулярном движению технического средства, позволяет при перемещении оператора по кабине воздействовать его обувью на максимальное количество пробок и препятствует перемещению расположенных на полу кабины предметов под действием инерционных нагрузок во время разгона и торможения технического средства [2].

Длительное воздействие вибраций на оператора вызывает головную боль и утомление. В комбинации с шумом отрицательное влияние вибрации на организм значительно усиливается (рис. 6).

Для нормализации шумового режима на рабочих местах оператора самоходной сельскохозяйственной техники предлагается кабина, содержащая (рис. 7) станину 1 из двухслойного остекления: внутреннего 2 и внешнего 3 стёкол, между которыми размещена упорная рама 4. Через нижнюю и верхнюю части рамы проходят тугонатянутые струны 5, на которых жёстко закреплены жалюзи 6, выполненные в виде желобов 7, поверхности которых перфорированы перпендикулярными их плоскостям сквозными отверстиями 8. В углублениях (в лотках) желобов 7 размещен слой синтетического волокна 9, например, из полихлорвинила (ПВХ). Внешние и внутренние стёкла соединены между собой герметичной мастикой 10. Жалюзи 6 размещены с возможностью пересечения мысленно проведённых линий, соединяющих верхние кромки желобов с точкой расположения глаз водителя 11. Это необходимо для сохранения максимальной просматриваемой площади за кабиной технического средства. Перфорационные отверстия 8, занимающие от 20 до 30% площади дна каждого же-

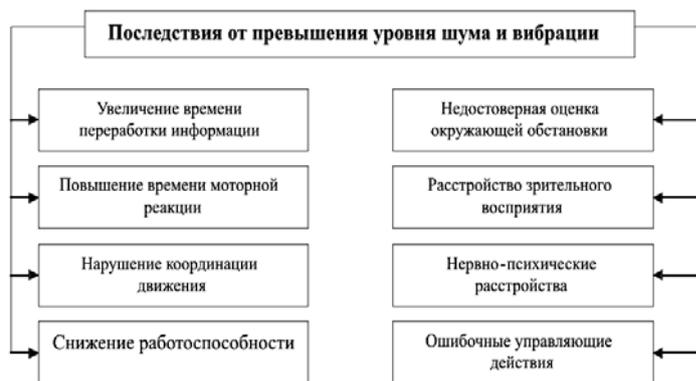


Рисунок 6. Возможные последствия для оператора от превышения уровней шума и вибрации при эксплуатации техники

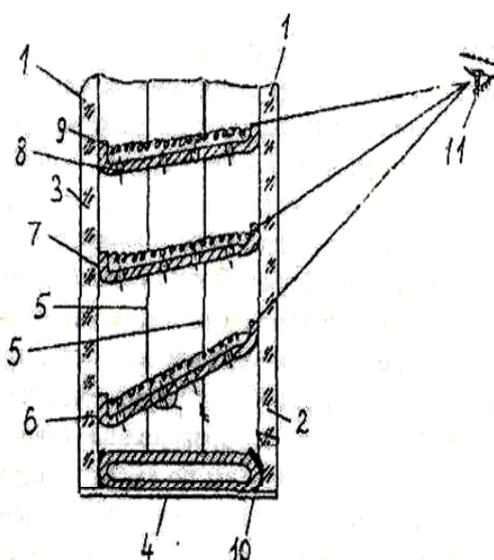


Рисунок 7. Кабина мобильного технического средства с элементами защиты оператора от воздействия шума

лоба, содержат упругие цилиндрические вставки из пористой резины, позволяющие поглощать широкий спектр шумовых частот [3].

Для улучшения условий труда операторов технических средств, повышения герметичности, теплоизоляционных и звукоизоляционных свойств кабины, уменьшения проникновения вибраций во внутреннее ее пространство рекомендуется устройство, приведенное на рис. 8.

Узлы уплотнения устройства посредством чередующихся пластин образуют подвижное соединение, представляющее собой клапанную систему, способствующую снижению проникновения пыли, шума и вибрационных воздействий в кабину технического средства. Гофрированная манжета 16 и нижний диск 12 дополнительно повышают теплоизоляционные и звукоизоляционные свойства кабины, защищают эластичные резиновые части уплотнения

от воздействия брызг, паров машинного масла и других агрессивных сред.

Для повышения эффективности мер по нормализации теплового режима на рабочем месте оператора рекомендуется, в порядке обсуждения, конструкция кабины (рис. 9), состоящая из монолитного корпуса 1, выполненного обтекаемой формы, например, сферической, в виде шара, на наружной поверхности которого предусмотрено покрытие из блоков пористого материала с большой теплоизоляционной способностью.

В кабине имеются: лобовое окно 2, задние окна 3, кресло оператора 4. В верхней части корпуса кабины 1 размещено вентиляционное отверстие в виде люка, снабженного подвижной крышкой 5. Блоки покрытия корпуса (рис. 10) имеют цилиндрические полости (показаны на рис. 10 штриховыми линиями), длина которых не превышает 40-45% ширины блока.

В цилиндрических полостях размещён запаянный в полиэтиленовые мешки лёд 7. Следует отметить, что полиэтиленовые мешки в верхней части полостей имеют равномерно распределённые по их длине отверстия внизу, а в нижней части полостей – вверх. Термос 8 для полиэтиленовых мешков со льдом размещен под креслом 4 оператора. Отверстия боковых торцовых поверхностей блоков закрыты теплоизоляционными пробками 6. Если кабина технического средства находилась на солнце и нагрелась, оператор достаёт из термоса 8 полиэтиленовые мешки со льдом 7 и помещает их в цилиндрические полости блоков, плотно закрывая отверстия боковых торцовых поверхностей блоков теплоизоляционными пробками 6. При этом он располагает полиэтиленовые мешки соответственно из верхней части полостей

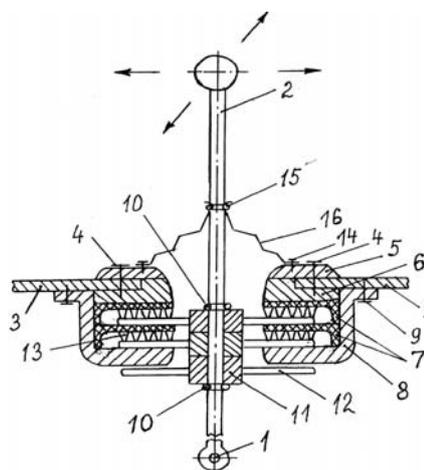


Рисунок 8. Устройство для герметизации кабины [4]: 1 – шаровой шарнир; 2 – рычаг управления; 3 – пол кабины; 4, 9, 14 – винты; 5, 6 – диски; 7 – вставка; 8 – кольцевой диск; 10 – пружинное кольцо; 11 – ступица; 12 – диск; 13 – упругий шип; 15 – кольцевая пружина; 16 – гофрированная манжета

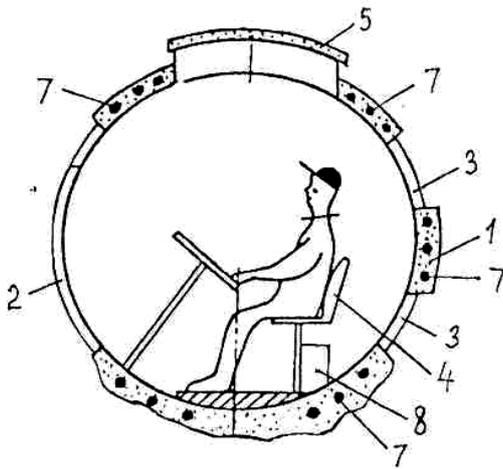


Рисунок 9. Кабина транспортного средства с устройством для нормализации теплового режима на рабочем месте оператора [5]

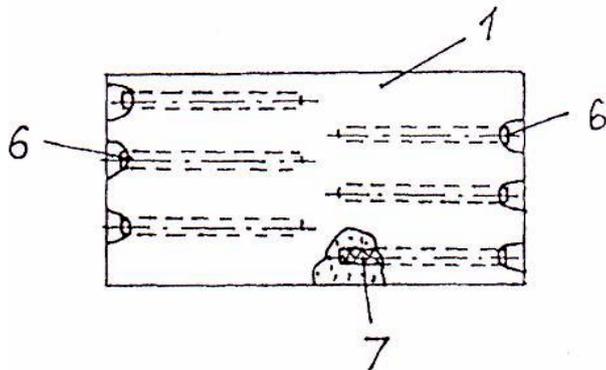


Рисунок 10. Блок покрытия корпуса кабины

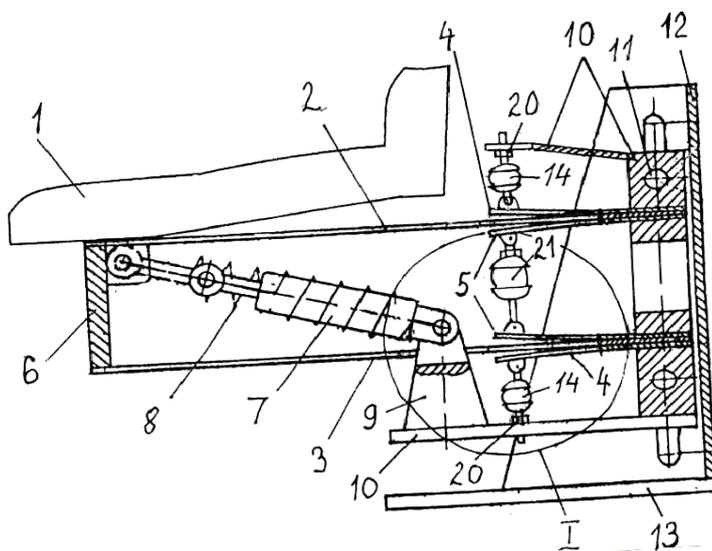


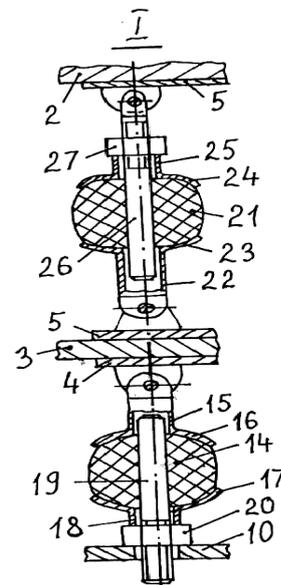
Рисунок 11. Подвеска сиденья технического средства:

1 – подушка; 2, 3 – рессоры; 4, 5 – ограничители; 6 – планка; 7 – гаситель колебаний; 8, 14, 21 – упругий элемент; 9 – серьга; 10 – каретка; 11 – штырь; 12 – каркас; 13 – кронштейн; 15, 18, 22, 25 – труба; 16, 23 – опорная чашка; 17, 24 – нажимная чашка; 19, 26 – стержень; 20, 27 – гайка

отверстиями вниз, а из нижней – отверстиями вверх. Через некоторое время под действием повышенной температуры лёд начинает таять и образующаяся при этом вода, благодаря заявленному порядку расположения отверстий в полиэтиленовых мешках, проникает сначала в верхнюю часть блока, а затем заполняет его основной объём. При испарении воды с поверхности корпуса кабины, покрытого пористым материалом, происходит отбор тепла, в результате чего она дополнительно охлаждается [5].

Степень вибрационного дискомфорта в основном зависит от состояния подвески, ходовой части, конструкции кабины и устройства сиденья. Под действием вибраций проявляются факторы опасности, которые ухудшают восприятие, снижают внимание, замедляют психомоторные реакции, ухудшают точность действий оператора. Для уменьшения передачи вибраций с основания технического средства на сиденье, предлагается конструкция подвески, представленная на рис. 11.

Во время движения технического средства его основание колеблется от толчков, возникающих из-за неровностей грунтового покрытия. Уменьшение передачи вибраций с основания на каркас сиденья достигается за счет упругого элемента в виде листовых рессор 2 и 3, демпфирующих свойств резиновых амортизаторов 14 и 21, а также сил трения стержней нажимных штанг о внутреннюю цилиндрическую поверхность отверстий амортизаторов при их деформации. Демпфирование низкочастотных колебаний осуществляет подпружиненный гаситель колебаний 7, а дополнительная пружина 8 разгружает листовые рессоры и увеличивает скорость демпфирования, чем обеспечивается в целом высокая степень гашения колебаний.



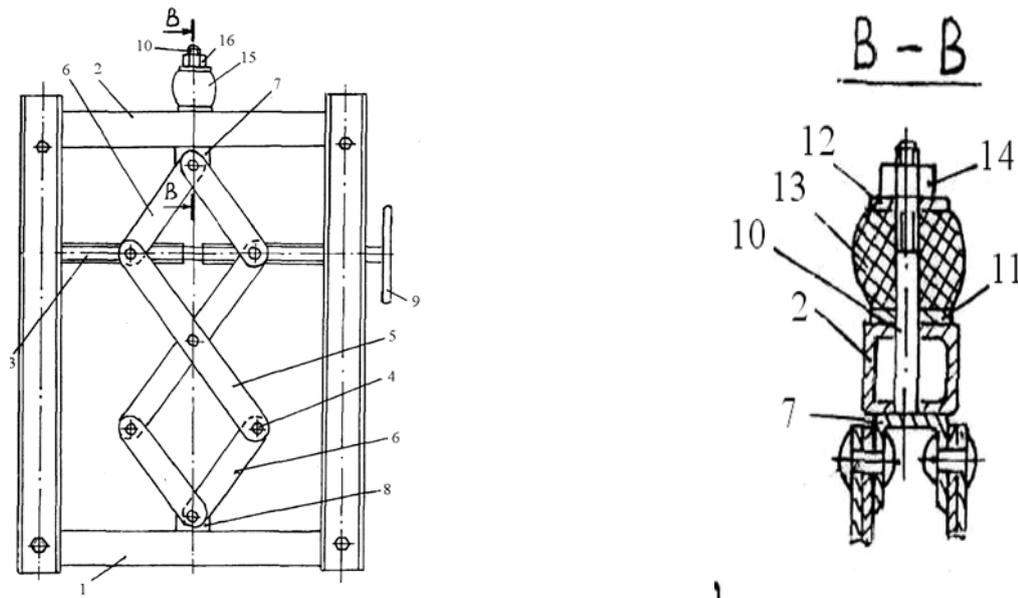


Рисунок 12. Устройство безопасного сиденья мобильного технического средства [6]:
1 – салазки; 2 – основание сиденья; 3 – ходовой винт; 4 – шарнир; 5, 6 – рычаги; 7, 8 – скобы; 9 – маховик;
10 – шток; 11, 12 – прокладки; 13 – резиновый амортизатор; 14 – гайка

С целью повышения безопасности оператора мобильного технического средства в аварийных ситуациях предлагается сиденье (рис. 12). При аварийных ударах мобильного средства (спереди и сбоку) оператора страхуют подушки безопасности. В случае удара сзади передняя скоба 7 вместе со штоком 10 перемещается и сжимает амортизатор 13, обеспечивая за счёт его упругой деформации снижение ударной нагрузки на оператора. Удобное, с точки зрения комфорта, положение оператора на сиденье устанавливается вращением маховика 9.

Заключение

Предлагаемые технические устройства для снижения запыленности на рабочем месте оператора мобильной сельскохозяйственной техники, повышения герметичности и звукоизоляционных свойств кабины, нормализации ее теплового режима, улучшения условий труда при низких температурах в осенне-зимний период, а также для повышения шумовой защиты и уменьшения вибраций на сиденье оператора, могут способствовать исключению возможности травмирования оператора, его защите от опасных и вредных факторов производственной среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кабина транспортного средства: пат. № 6631 Респ. Беларусь, МПК (2009) В 62Д 33/06 В 60S 1/56 / Л.В. Мисун, А.Л. Мисун, А.В. Агейчик, В.А. Агейчик; заявитель Белорус. гос. аграрн. технич. ун-т. – № и 20100219; заявл. 05.03.2010; опубл. 30.10.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 5. – С. 194.

2. Кабина транспортного средства: пат. № 6586 Респ. Беларусь, МПК (2009) В 62Д 33/06 В 60S 1/56 / Л.В. Мисун, А.Л. Мисун, А.В. Агейчик, В.А. Агейчик; заявитель Белорус. гос. аграрн. технич. ун-т. – № и 20100187; заявл. 25.02.2010; опубл. 30.10.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 5. – С. 193-194.

3. Кабина транспортного средства: пат. № 6762 Респ. Беларусь, МПК (2009) В 62Д 33/06/ Л.В. Мисун, А.Л. Мисун, А.В. Агейчик, В.А. Агейчик; заявитель Белорус. гос. аграрн. технич. ун-т. – № и 20100356; заявл. 09.04.2010; опубл. 30.10.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 5. – С. 194-195.

4. Устройство для герметизации кабины: пат. 6834 Респ. Беларусь, МПК (2009) В 60 К 28/10 / Л.В. Мисун, А.Л. Мисун, А.В. Агейчик, В.А. Агейчик; заявитель Белорус. гос. аграрн. тех. ун-т. – № и 20100408; заявл. 23.04.2010; опубл. 30.12.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 6.

5. Кабина транспортного средства: пат. № 6534 Респ. Беларусь, МПК (2009) В 62Д 33/06 В 60Н 1/00 / Л.В. Мисун, А.Л. Мисун, В.А. Агейчик, А.В. Агейчик; заявитель Белорус. гос. аграрн. технич. ун-т. – № и 20100114; заявл. 08.02.2010; опубл. 30.08.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 4. – С. 193-194.

6. Безопасное сиденье транспортного средства: пат. 6785 Респ. Беларусь, МПК (2009) В 60 N 2/06 В 60 N 2/12 / Л.В. Мисун, А.Л. Мисун, А.В. Агейчик, В.А. Агейчик; заявитель Белорус. гос. аграрн. технич. ун-т. – № и 20100355; заявл. 09.04.2010; опубл. 30.12.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 6.

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 ВАК от 4 июля 2005 г. № 101 (в редакции приказа ВАК от 2.02.2011 г. № 26) журнал «Агропанорама» включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим наукам (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономика-сам (АПК), сельскохозяйственным (зоотехния).

2. Объем научной статьи, 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;

4) 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.

3. 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). Рекомендуются 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 глянцевого бумаге размером не менее 9x12 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 на русском и английском языках;
- 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 нерешенные 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.

6. 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.

8. Авторы несут ответственность за направление в редакцию статей, опубликованных ранее или принятых к печати другими изданиями.

9. Плата за опубликование научных статей не взимается.

10. Право первоочередного опубликования статей предоставляется аспирантам, докторантам, соискателям в год завершения обучения.

*Авторские материалы для публикации в журнале «Агропанорама» направляются в редакцию по адресу:
220023 Минск, пр. Независимости, 99, корп. 1, к. 333.
УО БГАТУ.*

Узел отжата шнекового обвалочного пресса

Предназначен для обвалки тушек птицы, дообвалки мяса с костей всех видов животных и птицы после ручной обвалки и для жиловки мяса, конечным продуктом которых является мясная масса со степенью измельчения, соответствующей диаметру отверстий перфорированного сепаратора и скорости вращения шнека.



Основные технические данные

1. Диаметр перфорированного сепаратора, мм	90
2. Ширина перфорированного сепаратора, мм	70
3. Диаметр отверстий, мм	0,5
4. Количество отверстий, мм	1820

В результате использования новой конструкции узла отжата: улучшается качество получаемого продукта (снижение костных включений в получаемой мясной фракции на 10–12%); уменьшается разность начальной и конечной температуры (3–5°C) перерабатываемого сырья; повышается производительность пресса на 15–20% при снижении удельных энергозатрат на 10–15%.