



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

# АГРОПАНОРАМА

**№ 1/2009**

***В номере:***

*К вопросу создания противоэрозионного  
плуга для гладкой пахоты*

*Энергетические и технологические  
проблемы производства  
конкурентоспособной  
говядины*

*Диагностирование гидростатических  
трансмиссий*



НАУЧНО—ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАБОТНИКОВ  
АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

# А Г Р О П А Н О Р А М А

*Приказом председателя ВАК от 4 июля 2005 г. № 101 журнал «Агропанорама» включен в список изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией для опубликования результатов диссертационных исследований по сельскохозяйственным и техническим наукам (сельскохозяйственное машиностроение, транспорт, геоэкология, энергетика).*

*Журнал «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 – 748842.*

*Стоимость подписки на первое полугодие 2009 года: для индивидуальных подписчиков – 26670 руб., для организаций и учреждений – 52599 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` (71) 2009

Издается с апреля 1997 г.

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

Учредитель:

*Учреждение образования  
«Белорусский государственный  
аграрный технический университет»*

Редколлегия:

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

Члены редколлегии:

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

Менеджер:

*Леван В.Г.*

Компьютерная верстка:

*Медведев В.С.*

Адрес редакции:

*Минск, пр-т Независимости, д.99/1, к.333*

*Тел. (017) 267-61-21, 267-22-14*

*Факс (017) 267-34-74*

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

БГАТУ, 2006, Издание университетское.

Формат издания 60 x 84 1/8.

Подписано в печать с готового оригинала-макета 18.02.2009 г.

Печать офсетная. Тираж 500 экз.

Зак. № 183 от 18.02.2009 г.

Статьи рецензируются. Отпечатано в ИПЦ

БГАТУ по адресу: г. Минск,

пр-т Независимости, 99, к.2

Выходит один раз в два месяца.

**Подписной индекс в каталоге «Белпочта» - 74884.**

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

## ЧИТАЙТЕ В НОМЕРЕ

### Сельскохозяйственное машиностроение Металлообработка

- И.Н. Шило, В.А. Агейчик, Н.Н. Романюк, М.В. Агейчик**  
К вопросу создания противэрозионного плуга для  
гладкой пахоты.....4
- И.С. Крук, М.И. Назарова, Ю.В. Чигарев, И.С. Назаров**  
Устройство для поверхностной обработки почвенного  
пласта к плугу для гладкой вспашки.....7
- Л.М. Кожуро, Л.С. Герасимович, А.В. Крутов**  
Исследование устойчивости процесса электромагнитной  
наплавки поверхностей.....11
- В.Ф. Боровиков**  
Основная моторная характеристика тракторного дизеля.....14
- П.В. Заяц**  
Обоснование конструктивных параметров ротора с упруго-  
эластичными элементами и регулятором амплитуды их колебаний.....16

### Технологии производства продукции растениеводства и животноводства

- Н.В. Казаровец, А.Ф. Трофимов, А.А. Скакун**  
Энергетические и технологические проблемы производства  
конкурентоспособной говядины.....20
- М.В. Фурман**  
Новый сорт озимой мягкой пшеницы «Зарица» и технология  
его возделывания.....23

### Энергетика. Транспорт

- Е.В. Лавцевич**  
Определение средневзвешенной стоимости электродвигателя и  
требуемой стоимости защиты.....27
- Е. И. Мажугин, А. Л. Казаков**  
Обоснование геометрических параметров электромагнитного  
аппарата для интенсификации гидроциклонной очистки  
моющих растворов.....30
- Б.М. Астрахан, П.В. Клавсуть, А.А. Вабищевич,  
М.Э. Ельцов, В.В. Бондарь**  
Применение информационных технологий для оптимизации  
поставок сжиженного газа сельским потребителям.....34

### Ресурсосбережение. Экология

- В.Б. Ловкис, Ю.Н. Сапьян**  
О методологии повышения ресурсно-энергетической  
эффективности сельскохозяйственных объектов.....40

### Технический сервис в АПК. Экономика

- В.Я. Тимошенко, А.В. Новиков, Д.А. Жданко,  
Е.С. Некрашевич.**  
Диагностирование гидростатических трансмиссий.....44

# **ФЛАГМАН АГРАРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

## **К 70-летию со дня рождения академика Национальной академии наук Беларуси Л.С. Герасимовича**



7 января 2009 года работники и студенты Белорусского государственного аграрного технического университета, научная общественность республики отметили юбилей Леонида Степановича Герасимовича, в недавнем прошлом ректора БГАТУ, первого и пока единственного академика НАН Беларуси в области аграрной энергетики.

Леонид Степанович Герасимович родился 7 января 1939 года в г. Минске. После завершения учебы в десятилетней школе №15 г. Минска в 1955 году поступил в Минский энергетический техникум. Окончив его в 1958 году, работал сначала монтажником КИП на Смолевичской ГРЭС, затем старшим мастером в институте энергетики АН БССР. В 1959 году Л.С. Герасимович поступил на заочный факультет Белорусского института механизации сельского хозяйства и перешёл работать старшим лаборантом на кафедру электротехники института. С сентября 1959 года по август 1962 года Л.С. Герасимович проходил срочную службу в рядах Советской Армии. После службы в армии продолжал учебу на заочном факультете БИМСХ и одновременно работал конструктором, а затем старшим инженером исследовательской лаборатории в СКБ-3 Минавтопрома.

Имея опыт практической, конструкторской, исследовательской работы, квалификацию инженера-электрика и рекомендацию Государственной экзаменационной комиссии, Леонид Степанович сразу же после окончания института, в 1967 году поступил в очную аспирантуру БИМСХ по специальности «Электрификация сельскохозяйственного производства». В 1970 году под руководством доктора технических наук, профессора И.Ф. Кудрявцева успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук.

С 1970 по 1977 годы Леонид Степанович – ассистент, старший преподаватель, доцент кафедры применения электроэнергии в сельском хозяйстве, декан факультета электрификации сельского хозяйства БИМСХ.

Все эти годы преподавательскую и административную работу он активно совмещал с научной. В 1978 году переведен на должность старшего научного сотрудника на два года для завершения докторской диссертации, а по окончании этого срока – на должность доцента кафедры теплотехники и гидравлики.

В 1982 году Л.С.Герасимович защитил докторскую диссертацию на тему: «Научно-технические основы низкотемпературного поверхностно-распределенного электронагрева в сельском хозяйстве». Спустя три года за успешную научно-педагогическую деятельность ВАК СССР присвоила ему ученое звание профессора.

В 1988 году Леонид Степанович назначен проректором по научной работе и в этом же году избран на должность ректора БИМСХ. В 1992 году одним из первых в Беларуси БИМСХ получил университетский статус и стал называться – «Белорусский государственный аграрный технический университет». Для Леонида Степановича этот год знаменателен еще и тем, что он был избран членом-корреспондентом Академии аграрных наук Беларуси.

В этот сложный период становления независимой республики Беларусь ректор стал инициатором разработки и принятия «Комплексной программы самообеспечения и социальной защиты студентов и сотрудников БГАТУ на 1995–2000 гг. и на перспективу». Принимались различные меры для расширения

уже действующих и создания новых направлений внебюджетной деятельности университета. Были организованы факультеты: общей аграрно-технической подготовки, предпринимательства и управления, гуманитарно-экологический, довузовской подготовки и профориентации молодежи. Заочная подготовка специалистов сельского хозяйства поручена основным учебным факультетам. В университете создаются отдел маркетинга и трудоустройства выпускников вуза, общеуниверситетские кабинеты методической работы и психологической службы. При университете формируется ассоциация «ПТУ-ССУЗ-БАТУ» в составе 20 профессионально-технических училищ, 8 средних специальных учебных заведений, 2 колледжей, ставшая основой непрерывной интегрированной системы аграрно-технического образования. Организуется обучение учащихся в агротехнических классах средних школ и в агротехнических лицеях на базе ПТУ. В содружестве с промышленными предприятиями республики по производству сельскохозяйственной техники совершенствуется практическая подготовка студентов. Совместно с МТЗ и НИИ создаются филиалы кафедр. Вводится в эксплуатацию первая очередь учебно-лабораторного корпуса.

В 1996 году Л.С. Герасимович избран академиком Академии аграрных наук Беларуси, а в 2003 году Национальной академии наук Беларуси. Основные научные исследования связаны с разработкой новой элементной базы низкотемпературного поверхностно-распределенного электронагрева. Важными направлениями научных исследований стали также технологии выращивания овощей в малообъемной культуре, электротехнологические методы обработки влажных кормов, системы автоматизации электротепловых технологических процессов на базе саморегулируемых электронагревателей, системные исследования в аграрной энергетике.

Научные публикации Л.С. Герасимовича посвящены развитию системного анализа и теории электротепловых систем с распределенными параметрами, оптимизации энерготехнологических процессов и установок, теоретическим основам надежности и технологии производства композиционных поверхностно-распределенных электронагревателей. Он подготовил и ввел в учебный процесс университета авторские лекционные курсы: «Системный анализ агроэнергетики», «Основы инженерного творчества», а по материалам многочисленных зарубежных творческих стажировок для факультета переподготовки преподавателей аграрных учебных заведений – авторский курс «Зарубежные системы образования».

В 1996 году Леониду Степановичу присвоено почетное звание Заслуженный работник образования Республики Беларусь. За годы педагогической работы в вузе Леонид Степанович внес существенный вклад в подготовку высококвалифицированных специалистов, работающих в различных отраслях народно-хозяйственного комплекса страны. Он автор более 100 патентов и авторских свидетельств на изобретения, удостоен знака «Изобретатель СССР», четыре раза – медалей ВДНХ СССР и других наград за достижения в науке и образовании. Л.С. Герасимович опубликовал 350 научных и учебно-методических работ, в том числе им издано более 20 книг и учебных пособий.

В течение многих лет Леонид Степанович работал в экспертных советах ВАК СССР и Республики Беларусь, был членом специализированных докторских и кандидатских советов, различных республиканских и международных комитетов, научных, экспертных и редакционных советов, возглавлял общественную организацию «Знание» столичной области.

Под научным руководством и консультированием Л.С. Герасимовича подготовлено 4 доктора наук (Орда А.Н., Заяц Е.М., Дячек П.И., Прищепов М.А.) и 11 кандидатов наук (Степанцов В.П., Коротинский В.А., Голэмбевски Ю.М., Хомич А.Л., Прищепов М.А., Ковалев В.А., Фолитарик А.М., Шипуль В.П., Липницкий Л.А., Крутов А.В., Алекперов А.А.). Среди его учеников – проректора, деканы и заведующие кафедрами в БГАТУ и за рубежом, руководители и бизнесмены.

Уникальность личной творческой судьбы выпускника БИМСХ-БГАТУ, ставшего первым из его выпускников ректором, является ярким примером для подражания последующих поколений выпускников университета. И сегодня, Леонид Степанович, встречая свой 70-летний юбилей, продолжает и далее плодотворно трудиться на ниве образования и науки.

Ректорат, редколлегия журнала «Агропанорама», агроэнергетический факультет, сотрудники и студенты университета сердечно поздравляют Леонида Степановича с юбилеем!

Желаем крепкого здоровья, активного долголетия, благополучия и счастья, новых творческих замыслов и научных открытий на благо нашей родной Беларуси!

**Н.В. Казароец,  
ректор БГАТУ,  
главный редактор  
журнала «Агропанорама»**

## К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ ПРОТИВОЭРОЗИОННОГО ПЛУГА ДЛЯ ГЛАДКОЙ ПАХОТЫ

И.Н. Шило, докт. техн. наук, профессор, В.А. Агейчик, канд. техн. наук, доцент, Н.Н. Романюк, ст. препод. (УО БГАТУ); М.В. Агейчик, студент (УО БГУИР)

### Аннотация

*Рассматривается вопрос создания противоэрозионного плуга для гладкой пахоты. Предлагается оригинальная конструкция навесного симметричного плуга, использование которого позволит предохранить почву от водной и ветровой эрозии, а также повысить качество крошения почвенных глыб и выравненность поверхности поля без образования свальных и развальных борозд.*

### Введение

Интенсификация работ в земледелии требует нового подхода к обработке почв и выбору средств механизации на основе создания и внедрения почвозащитных и энергосберегающих технологий [1]. Анализ почвенно-климатических условий различных районов Беларуси показывает, что перспективными системами обработки почвы и посева, наряду с традиционной отвальной, должны быть – безотвальная, минимальная и нулевая, которые особенно эффективны на эрозийно опасных склонах (более  $5^{\circ}$ ), где водная эрозия почв уносит столько питательных веществ, сколько идёт на формирование урожая [2]. Такие участки составляют около 60% возделываемых почв в Беларуси [3], причем безотвальное рыхление на них плоскорезными лапами на глубину пахотного слоя уменьшает сток осадков в 1,75 и смыв почвы в 3,6 раза [4]. Однако применение безотвальной обработки в условиях Беларуси не может происходить в течение нескольких лет подряд, так как может привести к образованию в верхнем слое почвы значительного количества многолетних сорняков [2]. При этом плоскорезущая лапа подрезает почвенный слой на установленной глубине, но не обеспечивает его качественное крошение, образуя вместе с лемехами плужных корпусов плужную подошву, что приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур [5].

Известно комбинированное почвообрабатывающее орудие [6], содержащее раму с закрепленными на ней плужными корпусами и расположенным под углом атаки на горизонтальном валу ротационным рабочим органом, выполненным в виде многозаходней спирали с четным количеством заходов, витки которой связаны с валом по ширине его захвата посредством систем упругих элементов, причем спираль каждого четного захода снабжена установленными на его рабочей поверхности зубьями, при этом заход спирали с зубьями и заход спирали без зубьев расположены в чередующемся порядке, а система упругих элементов захода спирали с зубьями смещена по фазе относительно системы захода спирали без зубьев на острый угол.

Теоретическими и экспериментальными исследованиями доказана высокая эффективность рабочего органа в виде многозаходней спирали [7] и ротационных орудий с плоскими игольчатыми дисками [8] для крошения комков почвы и выравнивания её поверхности. Особую эффективность этот процесс имеет при воздействии на слой почвы сразу после вспашки [6], когда комки почвы не успевают засохнуть и повысить свою сопротивляемость крошению, причем ротационный рабочий орган обладает низкой металлоемкостью. Однако такое комбинированное почвообрабатывающее устройство осуществляет загонную вспашку с образованием развальных борозд и свальных гребней, что приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур до 12% и снижает производительность труда до 10% по сравнению с гладкой вспашкой [9].

У известного навесного оборотного плуга ПНО-3-35 [10] в работе одновременно находится только один из двух наборов рабочих органов, что увеличивает вдвое удельную металлоемкость конструкции, усложняет ее и повышает стоимость, увеличивает энергозатраты на перемещение агрегата.

### Основная часть

В Белорусском государственном аграрном техническом университете разработан противоэрозионный плуг для гладкой вспашки (рис. 1).

Плуг содержит раму 1 с навесным устройством 2 и опирается на регулируемые по высоте колеса 3. Передние корпуса 4 выполнены с увеличенной шириной захвата на 25% по сравнению с остальными и переставлены так, что левосторонний корпус закреплен справа, а правосторонний – слева. Остальные корпуса установлены с обычным расположением и доукомплектованы по высоте сферическими дисками 5, установленными на местах крепления предплужников. Впереди крайних корпусов 4 в одной плоскости с полевыми обрезами их соседних корпусов на раме 1 установлены дисковые ножи 6. Между полевыми обрезами задних центральных корпусов 7 на раме 1 установлены по центральной оси плуга передняя 8 и сзади ее, по бокам, две задние 9 чизельные

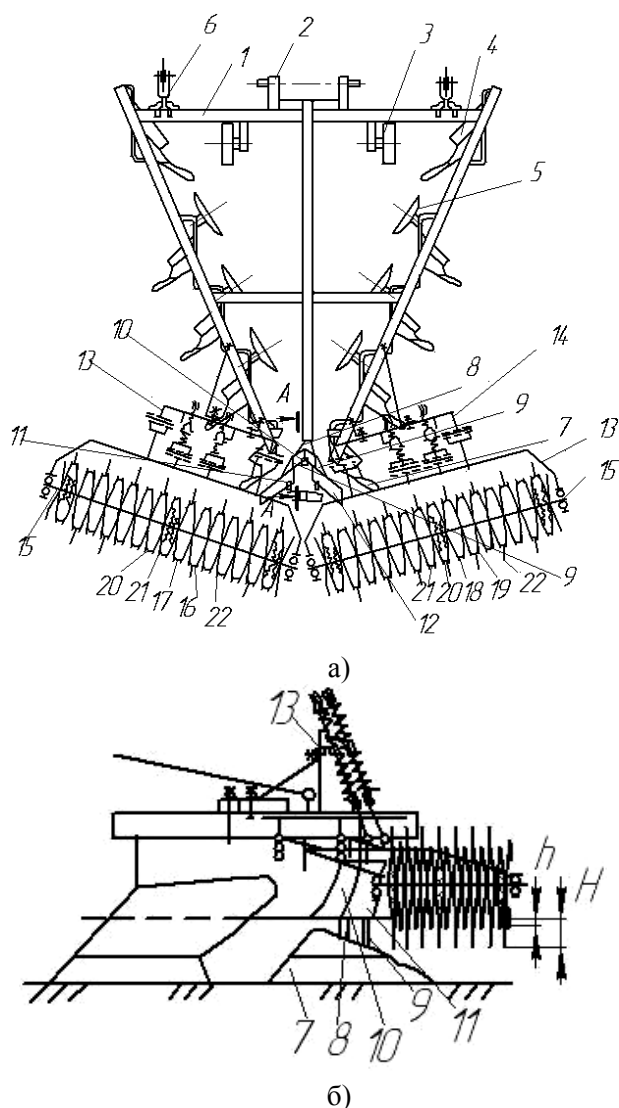


Рисунок 1. Плуг навесной симметричный:  
а – вид сверху; б – вид сбоку

лапы, причем на стойке передней чизельной лапы установлена центральная симметричная центральной оси плуга секция лемешно-отвальных поверхностей 10, а на стойках задних чизельных лап боковые 11 и 12 секции лемешно-отвальных поверхностей, параллельные сзади ближайшим боковым частям передней 10 лемешно-отвальной поверхности с перекрытием их и плоскостей полевых обрезов центральных корпусов 7. Лемешно-отвальные поверхности 10, 11 и 12 установлены на уровне поверхности поля под углами  $40...45^\circ$  относительно поперечной линии большими угла внешнего трения почвы [11], а крепления лемешно-отвальных поверхностей 10, 11 и 12 к стойкам чизельных лап 8 и 9 выполнены с возможностью регулирования их установки по высоте.

На раме 1 посредством левой 13 и правой 14 рамок закреплены на горизонтальных валах 15 под углами атаки, образующими с центральной осью ост-

рые углы, ротационные рабочие органы. Левый выполнен в виде двухзаходной спирали с заходами 16 и 17, а правый – в виде двухзаходной спирали с заходами 18 и 19, витки которых связаны с валами 15 по ширине их захвата с перекрытием плоскостей полевых обрезов крайнего переднего 4 и заднего центрального 7 корпусов каждой стороны плуга посредством систем упругих элементов 20 и 21, состоящих из трёх упругих элементов, расположенных радиально к валам 15 под углами  $120^\circ$  между собой. На рабочей поверхности заходов 16 и 19 спиралей установлены игольчатые зубья 22, а спирали смежных заходов 17 и 18 выполнены без зубьев. Системы 21, крепящие заходы спиралей 16 и 19 с игольчатыми зубьями 22 к валу 15, смещены по фазе на острый угол  $\varphi$  равный  $60^\circ$  относительно системы 20, крепящей заходы спиралей 17 и 18 без зубьев. Спирали 16 и 17 выполнены с левым направлением навивки, т. е. совпадающими с направлениями оборота пласта всех плужных корпусов левой стороны плуга навесного симметричного за исключением первого, а спирали 18 и 19 выполнены соответственно с правым направлением навивки, т. е. совпадающими с направлениями оборота пласта всех плужных корпусов правой стороны плуга навесного симметричного за исключением первого. Валы 15 секций ротационных рабочих органов в виде спиралей образуют с центральной осью симметрии плуга острые углы, причем они устанавливаются с перекрытием плоскостей полевых обрезов крайнего переднего и заднего центрального корпусов, как для левой, так и задней секции.

При работе плуга установленные впереди крайних корпусов 4 в одной плоскости с полевыми обрезами их соседних корпусов на раме 1 дисковые ножи 6 разрезают почвенный пласт вместе с растительными остатками, а крайние плужные корпуса 4 поднимают пласты почвы на поверхность не вспаханного поля и благодаря подрезке дисковыми ножами 6 переворачивают их по направлению к середине прохода агрегата. Их ширина захвата увеличена на 25% по сравнению с остальными корпусами, т. к. выемка почвы из закрытой борозды не может быть полной, а места в ней должно быть достаточно для укладки последующего пласта. Кроме того, увеличенная длина отвала отталкивает пласт дальше к середине рабочего прохода плуга, освобождая поверхность поля перед вторым корпусом для его нормальной работы. Лежащий на поверхности поля пласт отталкивается ещё ближе к середине прохода первым сферическим диском, затем вторым и третьим. Таким образом, вынутая на поверхность поля передним корпусом и временно оказавшаяся лишней почва, сдвигается к самому центру прохода плуга, не мешая нормальной работе остальных корпусов. Эта лишняя почва сдвигается установленными на уровне поверхности поля на стойках передней 8 и сзади ее по бокам двух задних 9 чизельных лап секциями лемешно-отвальных поверхностей центральной симметричной 10, а также боковыми 11 и 12 вправо и влево в открытые бороз-

ды, образованные после прохода задних центральных корпусов 7. Одновременно чизельные лапы 8 и 9 осуществляют интенсивное рыхление и качественное крошение почвенного пласта на глубину до 195...220 мм за счет их горизонтального смещения до 110 мм и отклонениях глубины не более 19 мм при автоколебаниях пружинных стоек [12, 13]. При этом на небольшой ширине образуется почвозащитный мульчированный растительными остатками поверхностный слой почвы и не образуется плужная подошва. Автоколебания чизельных лап также способствуют более эффективной работе закрепленных на них секций лемешно-отвальных поверхностей. Симметричное расположение плужных корпусов позволяет исключить в их конструкциях полевые доски, что уменьшает тяговое сопротивление плуга на 25-30%, применение вместо плоскорежущей лапы чизельных лап снижает сопротивление на этом участке поверхности поля на 9-12% [12]. Крепления лемешно-отвальных поверхностей 10-12 к стойкам чизельных лап 8 и 9 позволяют корректировать их установку по высоте, что способствует достижению более полной выравненности поверхности поля.

Поверхностный слой почвы после прохода выше описанных рабочих органов подвергается дополнительной обработке двухзаходными спиральями. Заходы 16-19 спиралей по ширине захвата производят обработку поверхности, оставшейся от прохода плужных корпусов и чизельных лап с секциями лемешно-отвальных поверхностей, поверхности поля, обработанной во время предыдущего прохода и поверхности поля, которая будет обработана во время следующего прохода. В последнем случае воздействие игольчатых зубьев 22 способствует предварительному нарушению монолитности верхнего слоя почвы с растительными включениями, что облегчает его дальнейший оборот и перемещение к центру плуга во время последующего прохода. Такие перекрытия способствуют слитности обработки всей поверхности поля. Почвенные комки и глыбы, оставшиеся после вспашки, подвергаются комплексному воздействию с одной стороны игольчатых зубьев 22, расположенных на первых заходах 16 и 19 спиралей, и витков вторых заходов 17 и 18 спиралей без зубьев, закрепленных на валах 15 соответственно системами 20 и 21 упругих элементов. При движении спиралей под действием на валы рамок 13 и 14, а также в результате реакции почвы на спирали центры валов 15 (точка  $O_1$  на рис. 2) смещаются вниз относительно геометрических центров заходов 16-19 (точки  $O'$  и  $O''$ ). При вращении заходов 16-19 спиралей и смене упругих элементов систем 20 и 21 (одна или две пружины вверху) и изменении результирующих усилий пружин в системах 20 и 21 создаются вынуж-

денные колебания между валами 15 и заходами 16-19 спиралей. При движении заходов 16-19 спиралей в почве на средней глубине  $h$  смена положений упругих элементов систем 20 и 21 вызывает колебание заходов спиралей, прикрепленных к одному и тому же валу в почве на величину  $\Delta h$ . Смещение по фазе систем 20 и 21 на угол  $60^\circ$  вызывает колебания соседних заходов 16-17 и 18-19 каждой спирали в противофазе относительно друг друга. Амплитуда указанных относительных колебаний равна  $2\Delta h = 5...8$  мм при различных параметрах систем 20 и 21. Сочетание полученной вибрации заходов 16-19 спиралей с деформацией почвы путем накалывания глыб игольчатыми зубьями 22, движущимися на средней глубине  $H$ , и деформацией смятия от витков заходов 17 и 18 спиралей, движущихся на средней глубине  $h$ , позволяет получить эффект улучшения крошения почвенных глыб.

При этом деформация сдвига почвы от воздействия игольчатых зубьев 22 на заходах 16 и 19 спиралей распространяется в верхние слои почвы и пересекается с деформацией смятия почвы от витков заходов 17 и 18 спиралей без зубьев, что сопровождается заземлением глыб почвы и их интенсивным крошением при одновременном выравнивании поверхности почвы.

### Заключение

Предложена новая концепция противозерозионного плуга для гладкой пахоты без образования свальных и развальных борозд.

Обработка почвы плугом для гладкой пахоты исключает произрастание на поверхности поля многолетних сорняков. Наличие рабочих органов, образующих почвозащитные полосы, позволит существенно замедлить смыв или вынос ветром с поверхности поля плодородных частиц, что будет способствовать увеличению урожайности сельскохозяйственных культур.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриев, А.М. Механизация обработки почвы и повышение ее противозерозионной устойчивости

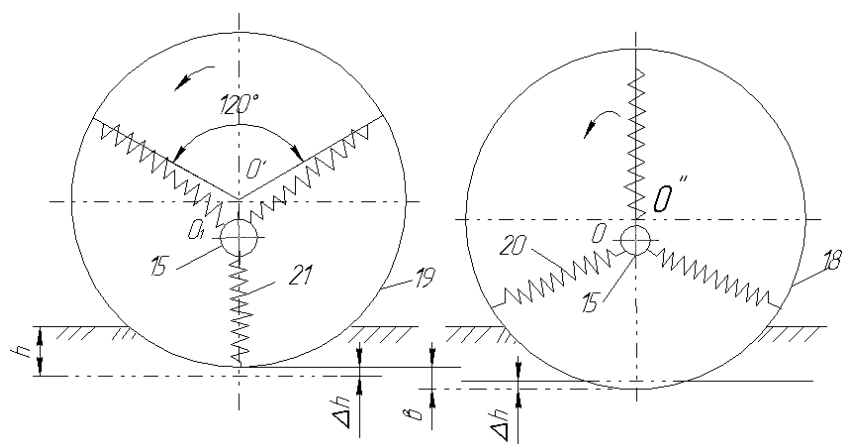


Рисунок 2. Схема относительных вертикальных колебаний соседних заходов спирали



/ А.М. Дмитриев, Р.Л. Турецкий // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – Минск: Ураджай, 1990. – Вып. 33. – С. 8-17.

2. Казакевич, П.П. Проблемы и перспективы механизации процессов обработки почвы и посева в Беларуси / П.П. Казакевич, А.А. Тоцицкий // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – Минск: Ураджай, 1996. – Вып. 35. – С. 18-33.

3. Жилко, В.В. Водная эрозия почв в БССР / В.В. Жилко, А.И. Паярская // Эрозия почв и борьба с ней. – Минск: Ураджай, 1968. – С. 32-37.

4. Бондаренко, А.Г. Определение противозерозионной устойчивости почв методом искусственного дождевания / А.Г. Бондаренко, В.П. Мармалюков // Механизация и электрификация сельского хозяйства: сб. науч. работ аспирантов ЦНИИМЭСХ. – Минск, 1980. – С. 3-6.

5. Михневич, Н.А. Некоторые вопросы механизации обработки почвы / Н.А. Михневич, Л.В. Ларченков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – Минск: Ураджай, 1990. – Вып. 33. – С. 26-34.

6. Комбинированное почвообрабатывающее орудие: а.с. 1276272 СССР, А1, МПК А 01 В 49/02 / В.П. Мармалюков, А.З. Пилецкий, В.М. Доманьков, В.А. Агейчик, Ф.П. Цыганов, Ч.А. Холяев // Открытия, изобретения, промышленные и товарные знаки СССР. – 1986. – № 46.

7. Мармалюков, В.П. Исследование спирального катка выравнивателя для предпосевной обработки почвы в составе комбинированного агрегата / В.П.

Мармалюков // Вопросы сельскохозяйственной механики. – Минск: ЦНИИМЭСХ, 1983. – С. 56-81.

8. Клетченко, В.Т. Обоснование параметров игольчатых дисков для поверхностных противозерозионных обработок почвы в условиях Нечерноземной зоны / В.Т. Клетченко // Совершенствование процессов и средств механизации для обработки почвы и посева. Вопросы сельскохозяйственной механики. – Минск: ЦНИИМЭСХ, 1983. – С. 103-126.

9. Казакевич, П.П. Основное направление совершенствования отвальной вспашки, технологических и конструктивных схем перспективных плугов в Беларуси / П.П. Казакевич, А.З. Пилецкий // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – Минск: Ураджай, 1996. – Вып. 35. – С. 34-44.

10. Клочков, В.А. Сельскохозяйственные машины / В.А. Клочков, Н.В. Чайчиц, В.П. Буяшов. – Минск: Ураджай, 1997. – 494 с.

11. Сабликов, М.В. Сельскохозяйственные машины. Основы теории и технологического расчета / М.В. Сабликов. – М.: Колос, 1968. – С. 259-261.

12. Ларченков, Л.В. Исследование пружинных стоек чизельного культиватора / Л.В. Ларченков, А.А. Завражнов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – Минск: Ураджай, 1988. – Вып. 31. – С. 3-10.

13. Совершенствование процессов обработки почвы при возделывании ячменя путем применения чизельных культиваторов и комбинированного агрегата АКШ-7,2 / П.П. Костюков [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – Минск: Ураджай, 1996. – Вып. 35. – С. 56-67.

УДК 631.312

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 2.02. 2009

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЕННОГО ПЛАСТА К ПЛУГУ ДЛЯ ГЛАДКОЙ ВСПАШКИ

**И.С. Крук, канд. техн. наук, доцент, М.И. Назарова, магистрантка (УО БГАТУ); Ю.В. Чигарев, докт. физ.-мат. наук, профессор (УО БГАТУ; Западнопоморский технологический университет, Польша); И.С. Назаров, гл. конструктор (РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»)**

### Аннотация

*Предложены конструкции рабочих органов и механизма крепления к раме оборотного плуга устройства для разделки и поверхностной обработки почвенных пластов. Предложенные рабочие формы и механизмы крепления использованы при создании комбинированного пахотного агрегата на базе плуга для гладкой вспашки ПО-4+1-40К, выпускаемого ОАО «Калинковичский ремонтно-механический завод».*

### Введение

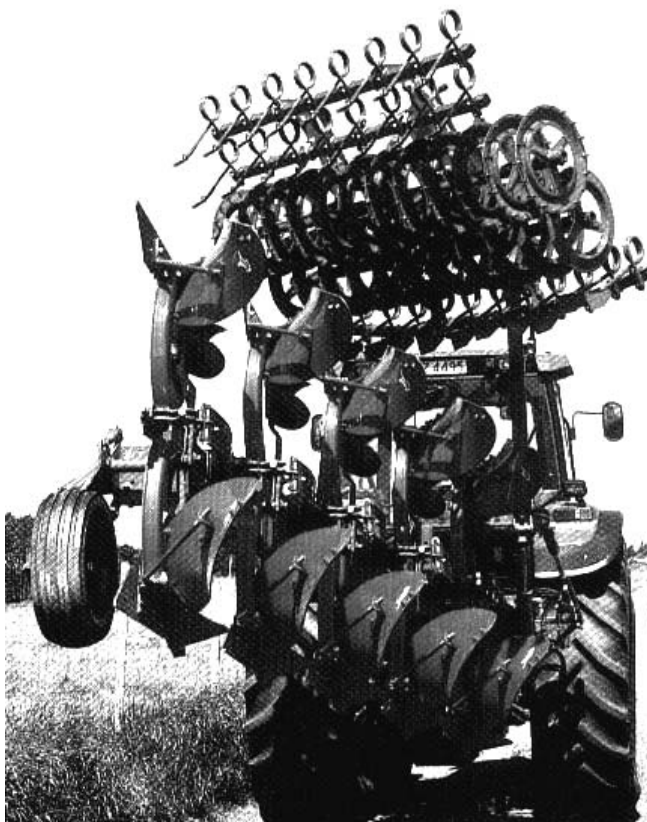
Несмотря на преимущества безотвальной и нулевой обработки почв их внедрение в практическое земледелие идёт очень медленно. Это связано с сильной засоренностью полей сорными растениями, борьба с которыми осуществляется химическим методом защиты, повышающим нагрузку на экологию окружающей среды. Поэтому применение современных технологий возделывания сельскохозяйственных

культур не представляется возможным без основной обработки почвы пахотными агрегатами. При этом необходимо искать пути совершенствования конструкций машин и орудий, предназначенных для основной и предпосевной обработки почвы.

Наиболее энергоёмким процессом в технологии возделывания и уборки сельскохозяйственных культур является обработка почвы, на которую расходуется около 40% энергетических затрат [1], наибольшая доля которых приходится на основную и предпосев-

ную обработку. Качественная и своевременная обработка позволяет не только сохранить накопленную почвой влагу, заложить основу будущего урожая, но и снизить затраты на проведение последующих почвообрабатывающих операций. В технологиях возделывания зерновых культур после основной обработки почвы предусмотрены две последующие культивации, несвоевременность и некачественность проведения которых оказывает существенное влияние на сроки сева и величину будущего урожая.

Для тяжелых почв характерен узкий интервал времени, в течение которого возможна их качественная обработка. Вспашка сухой почвы данного типа недопустима, так как пашня получается глыбистой, а при более высокой влажности – практически не крошится. С наступлением сухой погоды такие почвы быстро пересыхают, формируются комки больших размеров, которые не разрушаются рабочими органами почвообрабатывающих машин и орудий. В результате ухудшается крошение, пашня становится глыбистой, что приводит к некачественной подготовке почвы к севу и работе посевных агрегатов, неравномерной заделке семян, снижению их полевой всхожести, и в итоге – к значительному недобору урожая. Поэтому поверхностный слой поля после вспашки тяжелых почв должен быть сразу разрыхлен и выровнен.



*Рисунок 1. Пахотный агрегат Kverneland в транспортном положении*

Основная и предпосевная обработка почв легкого механического состава должны проводиться в сжатые сроки, так как опоздание и частые обработки приводят к большой потере влаги, а, следовательно, и урожая.

С целью улучшения процесса основной обработки почвы и снижения энергетических затрат на последующие технологические операции в конструкциях плугов предусмотрено использование различных типов приставок и устройств, которые крошат, рыхлят и уплотняют верхний слой обороченного пласта за один проход агрегата. При этом обеспечивается разрушение и предотвращение образования глыб, более тесное размещение почвенных агрегатов, увеличение капиллярной пористости, создается более однородное состояние обрабатываемого слоя и частичное выравнивание поверхности поля. Уплотненная почва быстро прогревается, позволяет провести последующие технологические операции в более сжатые сроки и обеспечивает сохранение влаги в нижних слоях. При этом качественная обработка верхнего слоя рабочими органами дополнительных устройств позволяет уменьшить количество последующих обработок и сократить сроки подготовки к посеву, а значит сохранить влагу в почве и провести ранний сев.

#### **Основная часть**

Анализируя конструкции приставок и устройств, предназначенных для поверхностной обработки почвенных пластов, к оборотным плугам отечественного и зарубежного производства, были установлены следующие недостатки: большая масса секций, приводящая к увеличению энергозатрат на оборот плуга; отсутствие механизмов регулировки глубины хода рабочих органов, влекущее к неодинаковой степени уплотнения на почвах различного механического состава; повышенная нагрузка на механизмы крепления секции в транспортном положении агрегата (рис. 1). Кроме того, рабочие органы приставок в большинстве случаев не пригодны к работе на переувлажненных и засоренных камнями почвах. При этом нарушается качество выполнения технологического процесса и возможны изменения геометрических размеров и формы рабочих органов.

В результате проведенных исследований была предложена конструкция навесного устройства для поверхностной обработки почвенных пластов к оборотному плугу, основанная на использовании секции небольшой массы и механизма ее крепления с догрузителем.

С целью снижения массы устройства и возможности его эффективной работы в различных почвенных условиях была разработана секция со специальными дисковыми рабочими органами (рис. 2).

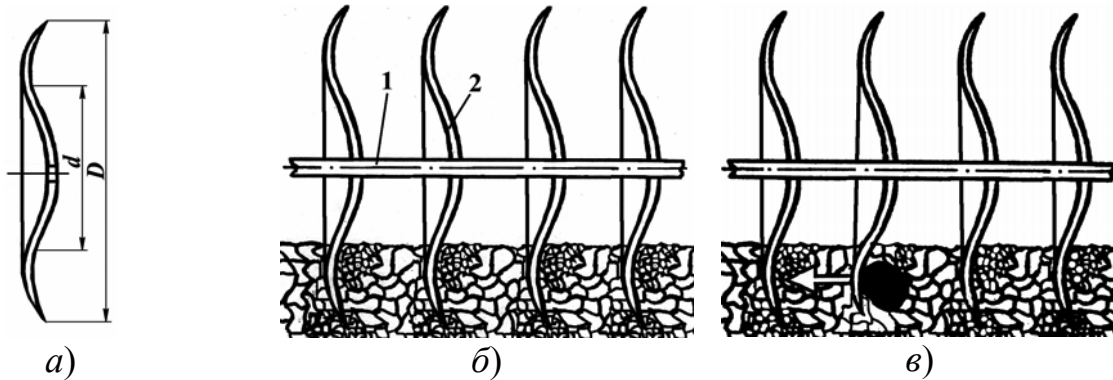


Рисунок 2. Секция устройства для поверхностной обработки почвенного пласта: а – сферический диск; б – рабочий процесс в идеальных условиях; в – на засоренном камнями поле; 1 – ось; 2 – диск

Поверхность предложенных рабочих органов состоит из двух разнонаправленных переходящих друг в друга сфер меньшего ( $d$ ) и большего ( $D$ ) диаметров (рис. 2а). Данное техническое решение позволило снизить металлоемкость конструкции дисковой секции, обеспечить плавный переход от наружной сферической поверхности к внутренней, сохранить гигроскопичность и избежать уплотнения слоя почвы при движении по поверхности диска, а, следовательно, исключить забивание междискового пространства, обеспечивая крошение почвенного слоя независимо от его влажности на всей поверхности рабочего органа, улучшая качество обработки почвы. Кроме всего прочего, конструкция диска обладает упругостью, что позволяет ему отгибаться, не изменяя глубины хода всей секции при встрече с препятствием (камнем), и возвращаться в первоначальное положение при его преодолении (рис. 2б, в). Эти свойства позволяют увеличить надежность рабочих органов и обеспечить заданную глубину обработки.

Недостатком, ограничивающим область примене-

ния большинства приставок и устройств, является невозможность регулировки нагрузки на их рабочие органы в процессе работы агрегата. Это связано с независимым креплением орудий и выполнением технологического процесса за счет их собственного веса. Поэтому для эффективного и широкого использования предложенной секции, имеющей меньшую в сравнении с серийными массу, необходимо было разработать механизм ее крепления к раме плуга, предусмотрев возможность догруживания рабочих органов (увеличения вертикальной нагрузки на секцию). Исходя из заданных условий, механизм крепления должен обеспечивать не только параметры движения секции в процессе работы, но и плавность ее оборачивания и перевода из транспортного положения в рабочее и наоборот. Была предложена конструкция (рис. 3), состоящая из следующих элементов: рамы 2, крепящейся шарнирно к раме плуга 1, кронштейнов 3 и 4, рамки 5 с закрепленной на ней секцией дисковых рабочих органов 6. Для изменения глубины хода дисков и догруживания секции была использована гидравлическая система трактора. Для этого между рамой 2 и кронштейном 3 устройства был установлен гидроцилиндр 8.

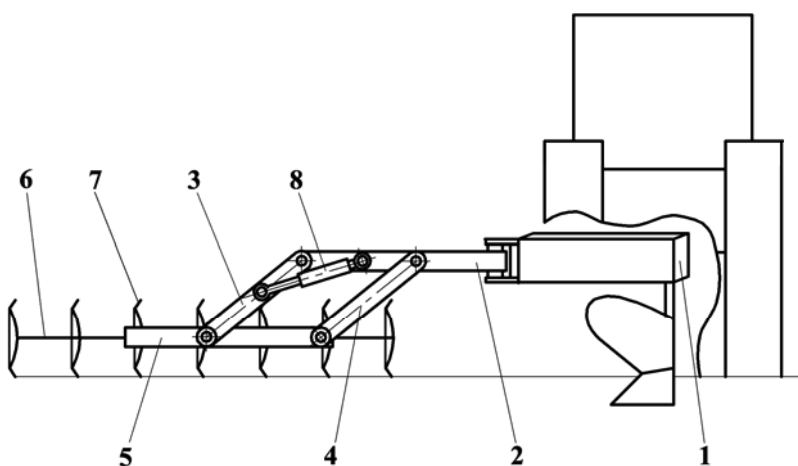


Рисунок 3. Схема устройства для поверхностной обработки почвенного пласта: 1 – плуг; 2 – рама; 3, 4 – кронштейны; 5 – рамка; 6 – секция; 7 – диск сферический; 8 – гидроцилиндр догрузителя

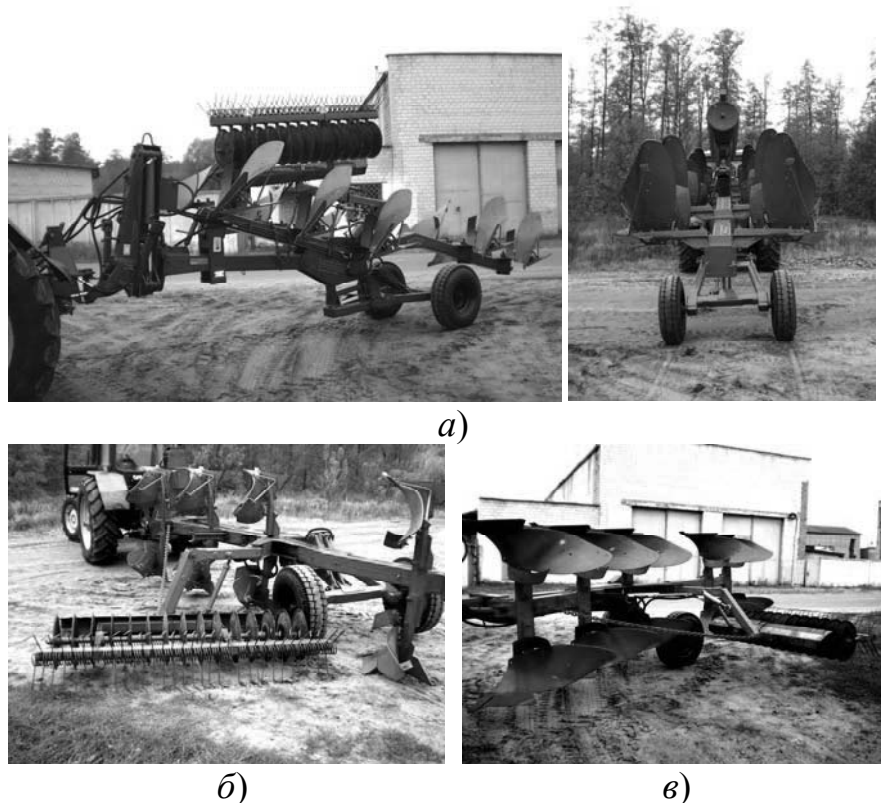
Соединив раму устройства с рамкой батареи через шарнирно соединенные с ними кронштейны и установив между ними гидроцилиндр, образуется жесткая конструкция, обеспечивающая при изменении длины рабочей части штока гидроцилиндра смещение в горизонтальной плоскости нижнего шарнира кронштейна 3, а, следовательно, и изменение величины действия силы тяжести агрегата на рамку с рабочими органами.

При работе пахотного агрегата рабочие органы плуга 1 заглубляются в почву на заданную глубину. Так как с рамой плуга соединена

рама 2 устройства, то жесткая конструкция, образованная кронштейном 3, гидроцилиндром 8 и кронштейном 4, воздействуя на рамку 5 с секцией 6 и рабочими органами 7, заглубляет их на заданную глубину. На тяжелых почвах, где сопротивление движению рабочих органов возрастает, давление на них необходимо увеличить. Для этого штоком гидроцилиндра 8 нижний шарнир кронштейна 3 перемещается в горизонтальной плоскости в сторону плуга. Так как при этом угол между шарниром 3 и рамой 2 уменьшается, то действие силы тяжести агрегата на рамку 5 с секцией 6 и рабочими органами 7 возрастает. На легких почвах давление на рамку 5 необходимо уменьшить. Для чего шток гидроцилиндра 8 перемещает нижнюю опору кронштейна 3 в сторону, противоположную от плуга 1. В данном случае нагрузка на рамку с секцией 6 и рабочими органами снижается, а, следовательно, глубина их хода при работе на легких почвах уменьшается, что также обеспечивает качество обработки почвы при минимальных энергозатратах.

Данные технические решения были реализованы при разработке устройства для поверхностной обработки почвенного пласта УП-2,0 к плугу для гладкой вспашки ПО-4+1-40К, выпускаемому ОАО «Калинковичский ремонтно-механический завод». Работа выполнялась в соответствии с утвержденным Планом научного сопровождения внедряемых в АПК важнейших результатов НИОКР по вузам Минсельхозпрода на 2007 год и договором №07.106 от 01.04.2007: «Обосновать основные параметры, разработать и внедрить устройство для разделки и поверхностной обработки почвенного пласта к плугу для гладкой вспашки».

В результате проделанной работы были обоснованы геометрические размеры и параметры установки устройства и его рабочих органов, изготовлен опытный образец комбинированного пахотного агрегата (рис. 4) и проведены исследования в заводских условиях. В 2008 году агрегат успешно прошел испытания в условиях сельскохозяйственного филиала ОАО «Калинковичский РМЗ» (д. Якимовичи) и рекомендован для прохождения дальнейших стадий испытаний с целью внедрения в производство.



*Рисунок 4. Комбинированный пахотный агрегат в составе оборотного плуга ПО-4+1-40К и устройства УП-2,0: а – в транспортном положении; б – рабочем положении; в – при оборачивании плуга*

#### **Заключение**

Предложена конструкция устройства для поверхностной обработки почвенного пласта к плугу ПО-4+1-40К.

Разработаны новые дисковые рабочие органы, позволяющие произвести качественную обработку влажных почв и полей, засоренных камнями. Предложен механизм крепления с догружателем секции, позволяющий регулировать усилие на секции рабочих органов, изменять глубину хода последних и обеспечивающий оптимальное расположение устройства в транспортном положении плуга.

Испытание данного агрегата в условиях хозяйства Калинковичского района позволило сократить сроки и повысить качество подготовки почвы под посев зерновых культур.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Технология производства продукции растениеводства/ Фирсов И.П. [и др.]; под ред. И.П. Фирсова. – Москва: Агропромиздат, 1989. – 432 с.
2. Секция почвообрабатывающей дисковой бороны: пат. 4124 Респ. Беларусь, МПК А 01 В 21/00/М.И. Назарова; заявитель Белорус. гос. агр. техн. ун-т. – № u20070058; заявл. 30.01.07; опубл. 30.12.07// Бюл. «Изобретения. Полезные модели».

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАПЛАВКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

**Л.М. Кожуро**, докт. техн. наук, профессор, Л.С. Герасимович, докт. техн. наук, профессор, академик НАН Беларуси, А.В. Крутов, канд. техн. наук, доцент (УО БГАТУ)

### Аннотация

*В работе приводятся результаты исследования устойчивости процесса электромагнитной наплавки (ЭМН) при восстановлении и упрочнении деталей машин. Рассмотрены электрические схемы замещения установки ЭМН, проанализированы различные значения их динамического сопротивления.*

### Введение

Для восстановления и упрочнения деталей машин весьма перспективными являются электрофизические методы, основанные на использовании концентрированных потоков энергии, таких как электронные и лазерные лучи, низкотемпературная плазма, импульсные разряды тока и другие. Электромагнитная наплавка является одним из этих методов. Она формирует тонкие слои покрытий до 0,5 мм. К достоинствам её следует отнести высокую прочность соединения наплавленного покрытия с основой, повышенную износостойкость, минимальное теплотребление и расплавление материала основы, что исключает термическое деформирование обрабатываемых поверхностей деталей. ЭМН эффективна при восстановлении и упрочнении посадочных поверхностей под подшипники качения, зубчатые колеса, шкивы, муфты и другие детали. Электромагнитная наплавка является ресурсо- и энергосберегающим методом нанесения износостойких покрытий из композиционных материалов на основе железа. Но переменные во времени параметры нагрузки (сопротивление, индуктивность, емкость и др.) существенно влияют на качество наплавки. Задача статьи – определить факторы, которые могут быть выбраны для автоматического управления процессом наплавки.

### Основная часть

Установлено [1], что сила разрядного тока при ЭМН оказывает большое влияние на производительность процесса наплавки и износостойкость покрытия, так как величина тока определяет количество теплоты, подводимой в зону наплавки, фазовые и структурные превращения в покрытии и основе, а также глубину диффузии элементов ферропорошка в материал основы. Например, для деталей диаметром 20...40 мм, при значениях тока менее 60А процесс неустойчив, формируется покрытие недостаточной толщины и качества. С увеличением разрядного тока повышается мощность разряда, что приводит к росту толщины покрытия, износостойкости, уменьшению шероховатости поверхности. Но при токах более 140А наблюдается перегрев поверхности вплоть до оплавления отдельных участков, процесс превращается в электродугу

наплавку. Для устойчивого процесса ЭМН требуется величина тока от 120 до 140А при напряжении 24В. Величина тока зависит от зазора между электромагнитным наконечником и деталью, скорости подачи ферропорошка в зону наплавки.

Необходимо отметить, что производительность процесса ЭМН и качество формируемого покрытия зависят не только от количества энергии, поступающей от источника питания в рабочую зону наплавки, но и от характера изменения этой энергии во времени [2]. Изменение проводимости разрядного промежутка приводит к тому, что электрическая цепь наплавки все время находится в нестационарном режиме, что обуславливает колебания величины рабочего тока.

Для аналитического исследования в данной работе были проанализированы экспериментальные результаты неустойчивости тока и напряжения в процессе электромагнитной наплавки, полученные на установке ЭУ-25 с источником питания ВД-401. Электрические измерения проводились с использованием осциллографа цифрового запоминающего СЗ-40. Форма осциллограмм (рис.1) показывает, что ток наплавки и напряжение, несмотря на источник питания постоянного тока, изменяются с некоторой амплитудой колебаний, близким к синусоидальным. При этом отмечаются участки, как со стабильным, так и неустойчивым процессами наплавки. Процесс

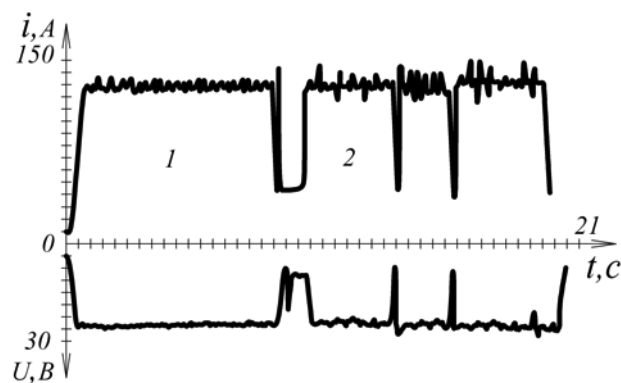


Рисунок 1. Осциллограммы тока наплавки и напряжения: 1 – стабильный процесс наплавки; 2 – неустойчивый процесс наплавки

устойчивого горения дуги (наплавки) имеет быстро-текущий колебательный характер. Прекращение наплавки или ее затухание обусловлены изменением напряжения источника питания, уменьшением скорости подачи ферропорошка, увеличением расстояния между наконечником магнитопровода и деталью. И с другой стороны, уменьшение зазора наплавки, увеличение скорости подачи ферропорошка приводит к короткому замыканию и прожогам детали. Поэтому важно все эти взаимосвязанные факторы учитывать при разработке системы управления процессом наплавки.

Представим установку и процесс электромагнитной наплавки схемой замещения (рис.2). Пусть  $U$  – напряжение источника питания;  $i$  – ток наплавки;  $R, L$  – активное сопротивление и индуктивность, характеризующие создание магнитного потока в зоне наплавки;  $u_d$  – напряжение электрической дуги. Известно, что электрическая дуга обладает нелинейной падающей вольтамперной характеристикой, а источник питания – падающей линейной вольтамперной характеристикой (зависимости 1 и 2 на рис.3).

Согласно второму закону Кирхгофа для электрической цепи схемы замещения установки ЭУ-25 (рис.2) запишем дифференциальное уравнение

$$iR + L \frac{di}{dt} + u_d = U \quad \text{или} \quad i(R + R_d) + L \frac{di}{dt} = U, \quad (1)$$

где  $R_d$  - нелинейное сопротивление дуги.

Уравнение (1) – неоднородное дифференциальное. Его решение имеет вид:

$$i(t) = i_y + i_{ce} = i_y + Ce^{pt},$$

где  $i_y$  - установившаяся составляющая тока;  $i_{ce}$  - свободная составляющая тока;  $C$  – постоянная интегрирования.

При установившемся режиме наплавки ток в цепи не должен изменяться, т.е.  $\frac{di}{dt} = 0$ . Рабочие точки

процесса наплавки будут А и В, когда вольтамперные характеристики 1 и 2 (рис.3) пересекаются. Рассмотрим, в какой из этих точек процесс наплавки будет устойчив. Для этого решим дифференциальное уравнение (1). Корень характеристического уравнения

будет  $p = -\frac{R + R_d}{L}$ , а установившийся ток

$$i_y = \frac{U}{R + R_d}.$$

Для определения постоянной интегрирования  $C$  используем независимые начальные условия при  $t=0$ . Тогда

$$i(0) = i_y + Ce^{p0}. \quad (2)$$

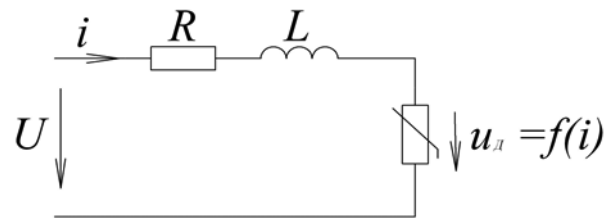


Рисунок 2. Электрическая схема замещения установки ЭМН

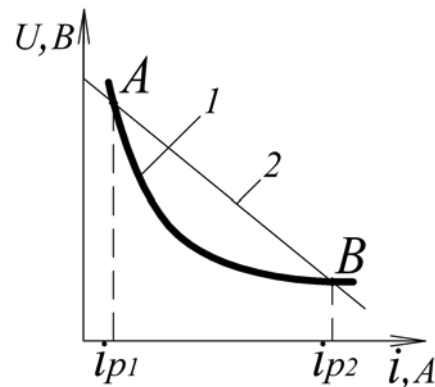


Рисунок 3. Вольтамперные характеристики дуги (1) и источника питания (2)

Согласно первому закону коммутации  $i(0) = i(0_-) = i(0_+) = 0$ , так как до начала электромагнитной наплавки ток в цепи отсутствует. Поэтому выражение (2) можно записать в виде

$$0 = \frac{U}{R + R_d} + C, \quad \text{из которого постоянная интегрирования}$$

$C = -\frac{U}{R + R_d}$ . Следовательно, ток, изменяющийся во времени при ЭМН будет определяться зависимостью:

$$i(t) = \frac{U}{R + R_d} (1 - e^{pt}). \quad (3)$$

Из уравнения (3) видно, что если корень характеристического уравнения

$$p = -\frac{R + R_d}{L} < 0, \quad \text{т.е. когда} \quad \frac{R + R_d}{L} > 0, \quad \text{то}$$

при  $t \rightarrow \infty$  ток  $i(t)$  будет равен  $i_y = \frac{U}{R + R_d} = i_{p2}$ ,

а при  $p > 0$ , т.е. когда  $\frac{R + R_d}{L} < 0$ , то ток изменится от равновесного состояния  $i_{p1}$  до тока короткого замыкания. В последнем случае  $p > 0$  будет иметь место при динамическом сопротивлении

$R_D = \frac{du}{di} < 0$ , т.е. когда наклон прямой 2 меньше наклона кривой 1 (рис.3), что имеет место в точке А. Эта точка является точкой неустойчивого равновесия. Неустойчивое состояние образуется и при резком снижении напряжения источника питания. В этом случае ток дуги стремится к нулю. Устойчивому состоянию ЭМН соответствует точка В, при которой корень характеристического уравнения отрицателен, сопротивление  $R + R_D$  всей цепи положительно.

Из рис.1 видно, что в цепи не устанавливается постоянный ток, а возникают практически синусоидальные автоколебания с частотой, близкой к  $\omega_{ce}$  - резонансной частоте. Можно полагать, что при анализе процесса устойчивости ЭМН следует учитывать наличие паразитной емкости, которая обусловлена наличием зазора между деталью и наконечником электромагнита, токоведущих изолированных проводов и деталей установки, по которым протекает ток. Поэтому в схему замещения (рис. 2) включим конденсатор емкостью  $C$ , тогда получим новую схему замещения (рис. 4). С учетом того, что токи утечки по изоляции значительно меньше тока наплавки, можно считать проводимость изоляции равной нулю и в новой схеме замещения соответствующее сопротивление не показывать.

Далее запишем систему уравнений по законам Кирхгофа для новой схемы:

$$\begin{cases} i_1 - i_2 - i = 0, & (4) \\ i_1 R + L \frac{di}{dt} + u_D = U, & (5) \\ L \frac{di}{dt} + u_D = u_C. & (6) \end{cases}$$

В уравнении (6)  $u_C$  – напряжение на емкости. Осуществив соответствующие подстановки, с учетом того, что ток  $i_2 = C \frac{du_C}{dt}$  получим неоднородное дифференциальное уравнение второго порядка:

$$RLC \frac{d^2 i}{dt^2} + L \frac{di}{dt} + RC \frac{du_D}{dt} + iR + u_D = U. \quad (7)$$

Для схемы на рис.4 резонансная частота может быть определена из выражения  $\omega_{ce}^2 = \frac{R + R_D}{RLC}$ .

$$\text{Введем обозначение } \delta = \frac{1}{2RC} + \frac{R_D}{2L}.$$

Тогда корни характеристического уравнения (7) будут равны

$$\alpha_{1,2} = -\delta \pm \sqrt{\delta^2 + \omega_{ce}^2}.$$

Анализ решения уравнения (7) показывает, что если  $\omega_{ce}^2 > 0$ , то устойчивость характеризуется точкой В (рис.3) и процесс наплавки устойчив. При этом корни  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  могут быть вещественными или комплексными, а  $\delta > 0$ . При положительном значении  $\delta$  мы можем утверждать, что энергия магнитного поля преобладает над энергией электрического поля и образуется электрическая дуга, расплавляющая ферропорошок в зазоре между восстанавливаемой поверхностью детали и наконечником магнитопровода [3]. Вопросы управления процессом ЭМН были рассмотрены в [2, 4].

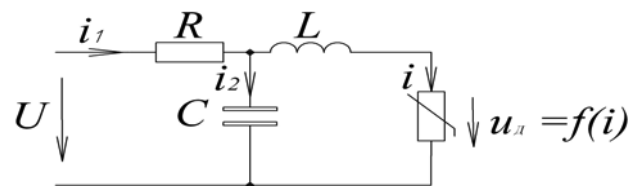


Рисунок 4. Электрическая схема замещения установки ЭМН с учетом паразитной емкости

#### Выводы

Проведенные результаты аналитических исследований позволяют разработать алгоритм управления устойчивостью работы установки ЭМН для поддержания оптимального режима наплавки покрытия с учетом, как динамики процесса, так и взаимосвязанных параметров нагрузки и источника питания. В качестве фактора управления выбрана величина динамического сопротивления электрической цепи. Значение динамического сопротивления должно поддерживаться положительным.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Технологические основы обработки изделий в магнитном поле/ П.И. Ящерицын, Л.М. Кожуро, А.П. Ракомсин [и др.]. – Мн.: ФТИ НАНБ, 1997. – 416 с.
2. Кожуро, Л.М. Ресурсо- и энергосберегающие технологии в сельскохозяйственном машиностроении и ремонтном производстве/ Л.М. Кожуро, А.В. Крутов, П.С. Чистосердов//Монография. – Мн.: БелНИИ внедрения новых форм хозяйствования в АПК, 2003. – С. 177-181.
3. Теоретические основы электротехники: в 3 т. /К. С. Демирчян [и др.].– Спб.: Питер, 2004. – Т.2: Теория нелинейных электрических и магнитных цепей.– 576 с.
4. Кожуро, Л.М. Управление комбинированным методом электромагнитной наплавки с поверхностным пластическим деформированием/ Л.С. Герасимович, Л.М. Кожуро, А.В. Крутов //Агропанорама, №6, 2000. – С. 8-10.

## ОСНОВНАЯ МОТОРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ

В.Ф. Боровиков, канд. техн. наук, доцент (УО БГАТУ)

### Аннотация

*В настоящее время в нормативной технической литературе существует неопределенность в трактовке понятий регуляторной и скоростной характеристик автотракторных двигателей. Подобная неясность имеется и в учебной литературе для технических вузов, поскольку многие научные школы традиционно придерживаются отличающихся взглядов на эти формулировки и определения. Предлагается начать техническую дискуссию по этой проблеме в преддверии модернизации действующих стандартов. В статье даны оригинальные предложения по упорядочению научно-технической ситуации.*

### Введение

В научно-технической и учебной литературе в области поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС) существует некоторая неопределенность в терминологии, касающейся применяемых сегодня основных моторных характеристик: скоростной и регуляторной. Эти разночтения вполне допустимы в периодической научно-технической литературе, но создают некоторые методические трудности в учебном процессе и нежелательны в нормативной документации.

Авторитетный в среде специалистов справочник по тракторным дизелям [1] утверждает, что моторными характеристиками являются те, которые получают при стендовых испытаниях. При этом основными характеристиками называются: скоростные, регуляторные и нагрузочные.

Специальными характеристиками называют те, которые «...снимаются при различных исследовательских работах и включают различного рода регуляторные характеристики...».

Действующий ГОСТ 18509-88 «Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний» при периодических (кратковременных и длительных) испытаниях требует снятия регуляторной характеристики.

При типовых испытаниях тот же стандарт рекомендует проводить испытания по программе периодических испытаний, т. е. также рекомендуется снятие регуляторной характеристики. Таким образом, указанный стандарт отдаёт приоритет регуляторной характеристике.

В то же время действующий ГОСТ 14846-81 «Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний» вообще не содержит упоминание о регуляторной характеристике и к основным характеристикам относит скоростную характеристику. Во всех зарубежных рекламных материалах приводится единственная моторная характеристика тракторных двигателей – внешняя скоростная.

Следует обсудить имеющуюся ситуацию и прийти к общим правилам употребления технических терминов, относящихся к основным моторным характеристикам. На следующем этапе дискуссии необходи-

мо выполнить сравнительную оценку методов испытаний тракторных дизелей, применяемых в отечественной практике и в дальнем зарубежье.

### Основная часть

Определения основных моторных характеристик в ГОСТ 18509-88 не даются, но приводятся их графические примеры в приложении 4 (черт. 2, 3). Из них следует, что регуляторной характеристикой является зависимость основных показателей дизеля от эффективной мощности  $N_e$  (рис. 1). В качестве основных показателей дизеля приводятся:

$n$  – частота вращения коленчатого вала;

$M_k$  – крутящий момент на коленчатом валу;

$G_T$  – часовой расход топлива;

$g_e$  – удельный эффективный расход топлива.

Скоростной характеристикой является зависимость основных показателей дизеля от частоты вра-

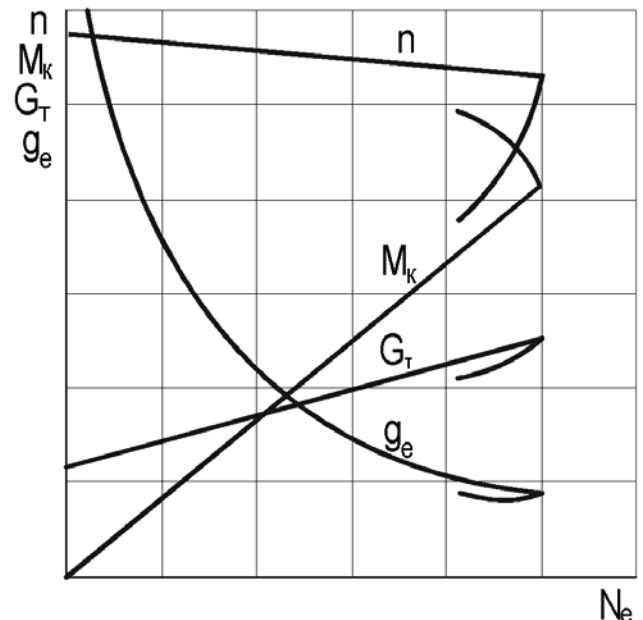


Рисунок 1. Пример внешней регуляторной характеристики тракторного дизеля



щения коленчатого вала дизеля. Причём, снимаются обе характеристики по одной и той же методике.

Наиболее полное обоснование такого предпочтения регуляторной характеристики в качестве основной моторной характеристики дано в уже упомянутом справочнике [1], где на с. 54 утверждается: «В связи с тем, что основная зона внешней скоростной характеристики (корректорный участок) находится в зоне лишь кратковременной работы дизеля, в тракторной промышленности скоростная характеристика не нашла практического применения... Обычно, в тракторостроении применяются регуляторные характеристики, снимаемые совершенно аналогично, но в основной рабочей зоне – на регуляторном участке и рабочей части корректорного участка до режима максимального крутящего момента..., при её построении за аргумент принимают не частоту вращения, а эффективную мощность».

Некоторую обоснованность этого утверждения можно признать – в части обозначения преимущественных режимов тракторных дизелей, работающих по классической схеме характеристики, с чётким разделением на регуляторную и корректорную ветви [2].

Тем не менее, можно предположить, что регуляторная характеристика в её трактовке ГОСТ 18509-88 была выбрана по не вполне техническим причинам, и в настоящее время её применение в качестве основной моторной характеристики неоправданно.

В первую очередь, потому что основная моторная характеристика предполагает общий анализ работы ДВС и обязана иметь легко представимый физический показатель в качестве аргумента. Мощность, как показатель расчётный и являющийся произведением силового и скоростного факторов – не вполне подходит для этой цели.

Недаром во всех рекламных материалах зарубежных тракторостроительных компаний приводится только одна моторная характеристика, которая у нас называется внешней скоростной.

Действительно, частота вращения коленчатого вала является значительно более удобным аргументом для общего анализа работы двигателя, поскольку этот показатель однозначен и легко представим.

Кроме того, при обсуждении этой проблемы необходимо обратить внимание на действующий ГОСТ 14846-81 «Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний», в котором в качестве основных моторных характеристик упоминаются скоростная и нагрузочная характеристики.

Пример скоростной характеристики для автомобильного дизеля приведён в приложении 3 (черт. 2) этого стандарта, характеристика называется «скоростной характеристикой с регуляторной ветвью двигателя».

Приведённых примеров достаточно, чтобы усомниться в правильности утверждения ГОСТ 18509-88, что основной моторной характеристикой тракторного дизеля необходимо считать регуляторную характеристику в понимании её как зависимости

основных показателей двигателя от эффективной мощности двигателя.

Предлагается принять за основную характеристику – скоростную характеристику с регуляторной ветвью по аналогии с ГОСТ 14846-81. При этом можно было бы дополнительно уточнить название такой характеристики.

Однако этим неопределённость при современном представлении скоростных характеристик в различных учебных пособиях не исчерпывается.

По требованиям ГОСТ 18509-88 скоростная характеристика тракторного дизеля должна быть отображением показателей последовательной совокупности установившихся режимов, т. е. являться статической характеристикой, что детально описано в учебном пособии [3].

Для этого в соответствии с ГОСТ 18509-88 указанная характеристика снимается «...путём последовательного увеличения нагрузки от нулевой до полной при частоте вращения при максимальном крутящем моменте и путём дальнейшего снижения нагрузки до достижения частоты вращения, составляющей не более 85% частоты вращения при максимальном крутящем моменте».

При формировании внешней скоростной характеристики из показателей установившихся режимов получить точки характеристики на частотах ниже частоты вращения при максимальном крутящем моменте – невозможно. Поскольку в этой зоне работы двигателя любой установившийся режим работы имеет неустойчивое равновесие, и при малейшем изменении момента сопротивления двигателю на этом участке характеристики, двигатель или заглохнет или разгонится до соответствующего момента, крутящего, но уже на участке корректорной ветви правее максимального крутящего момента, т. е. в зоне устойчивой работы двигателя.

Другое дело, что часть корректорной ветви левее режима максимального крутящего момента можно снять, используя установившиеся режимы частичных характеристик и их максимальные значения. Или применяя иные технические методы.

Но тогда необходимо нарушить требования ГОСТ 18509-88 о постоянном положении «органов управления регулятором частоты вращения, соответствующем полной подаче топлива» и последовательном увеличении нагрузки при снятии внешней характеристики (как скоростной, так и регуляторной).

В отечественных учебных пособиях графики и регуляторной и скоростной характеристик изображаются сплошными линиями. Таким образом, графически не различаются устойчивые и неустойчивые зоны работы двигателя.

Поскольку ГОСТ 18509-88 ещё действует, автор данной статьи предлагает те части кривых корректорного участка скоростной характеристики левее режима максимального крутящего момента, которые невозможно снять, строго используя требования

ГОСТ 18509-88, но можно снять иными способами – обозначать штриховыми линиями (рис. 2).

Таким образом, будет показано отличие зоны неустойчивой работы двигателя от зоны устойчивой работы, рабочей зоны. И то, что участки кривых скоростной характеристики в зоне неустойчивой работы двигателя сняты с помощью методов, отличающихся от метода, установленного ГОСТ 18509-88.

**Заключение**

На основании изложенного выше предлагается:

1. Считать основной моторной характеристикой тракторного дизеля – скоростную характеристику, а не регуляторную, как это и принято в материалах тракторостроительных компаний дальнего зарубежья.

2. Исключить регуляторную характеристику из ГОСТ 18509-88, по крайней мере, из перечня и описания основных моторных характеристик.

3. Обозначать штриховыми линиями части кривых скоростной характеристики тракторного дизеля, характеризующие неустойчивую работу двигателя, которые соответствуют частотам вращения коленчатого вала дизеля, ниже частоты вращения при максимальном крутящем моменте. Такое обозначение будет указывать на то, что эти части графиков получены методами, отличающимися от метода, который регламентируется действующим ГОСТ 18509-88.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Взорв, Б.А. Тракторные дизели: справочник / Б.А. Взорв. – М.: Машиностроение, 1981. – 535 с.

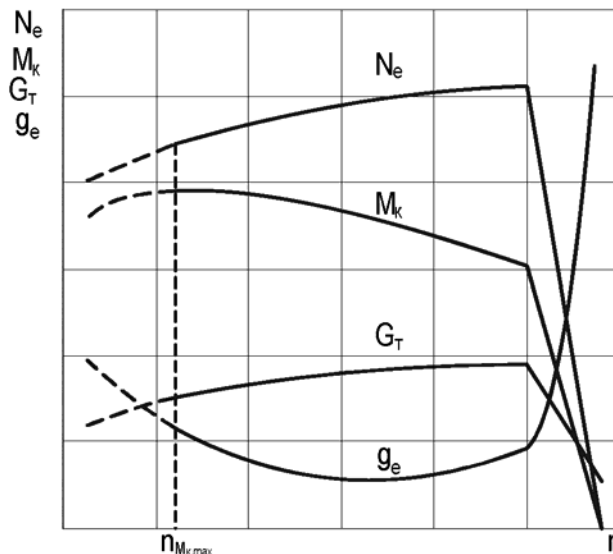


Рисунок 2. Пример внешней скоростной характеристики тракторного дизеля с предлагаемым штриховым выполнением участков неустойчивой работы двигателя

2. Луканин, В.Н. Двигатели внутреннего сгорания: справочник для вузов: в 3 кн./ В.Н. Луканин. – М.: Высшая школа, 2005. – Кн. 1: Теория рабочих процессов. – 479 с.

3. Костин, А.К. Влияние режимов работы на показатели двигателей внутреннего сгорания: учеб. пособие/ А.К. Костин. – Л.: ЛПИ, 1984. – 76 с.

УДК 635.21:632.768.12

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 20.02.2008

**ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РОТОРА С УПРУГО-ЭЛАСТИЧНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ И РЕГУЛЯТОРОМ АМПЛИТУДЫ ИХ КОЛЕБАНИЙ**

П.В. Заяц, преподаватель (УО «Барановичский государственный университет»)

**Аннотация**

*Обоснованы длина и количество упруго-эластичных лопастей, расположение относительно кустов картофеля и диаметр рабочего органа с упруго-эластичными элементами и регулятором их колебаний, предназначенного для стряхивания с ботвы колорадского жука.*

**Введение**

Механический сбор колорадского жука позволяет получить экологически чистый картофель. Качественный сбор колорадского жука с ботвы картофеля могут обеспечить рабочие органы, выполненные в виде роторов с упруго-эластичными элементами и регулятором их колебаний [1]. С целью ускорения

внедрения таких рабочих органов в производство следует обосновать его конструктивные параметры.

**Основная часть**

Обоснованием конструктивных параметров сельскохозяйственных машин занимались многие авторы [2-5], однако вопросы обоснования параметров роторов с упруго-эластичными элементами, взаимодейст-

вующими с регулятором амплитуды колебаний, в литературе отражены не достаточно полно.

При применении активных рабочих органов с упруго-эластичными элементами и регулятором амплитуды их колебаний необходимо обеспечить качественный сбор с ботвы картофеля всех особей колорадского жука при минимальном травмировании ботвы.

Технологический процесс протекает следующим образом. При вращении ротора упруго-эластичные элементы, выполненные в виде лопастей, встречаясь с регулятором амплитуды колебаний, изгибаются, при этом накапливается энергия, которая обеспечивает колебание упруго-эластичных элементов. При сходе упруго-эластичных лопастей с регулятора амплитуды колебаний они ударяют по ботве и стряхивают с ботвы особей колорадского жука в желобчатые емкости, движущиеся в бороздках междурядий. При этом агрегат движется вдоль рядков, а оси вращения роторов параллельны направлению движения агрегата и соответственно параллельны осям рядков.

Усилие повреждения стеблей картофеля лопастями ротора уменьшается при движении от основания к верху картофельного куста и зависит от диаметра стебля у основания, величины силы, точки и направления ее приложения, влажности ботвы и других факторов [6-8]. С целью уменьшения травмирования ботвы картофеля вращающимся ротором, упруго-эластичные лопасти должны двигаться от нижней к верхней зоне картофельного куста.

При установке на машине не менее двух роторов, например четырех, и расположении желобчатых емкостей для сбора колорадского жука через одно междурядье, роторы должны вращаться попарно навстречу друг другу (рис. 1) для того чтобы обеспечить сброс колорадского жука из двух смежных рядков картофеля в одну емкость.

Для того чтобы при движении агрегата не наклонять растения вдоль рядков и с целью предотвращения сброса особей колорадского жука за пределы желобчатых емкостей, и исключения травмирования растений лопастями при отклонении их по ходу движения агрегата, оси вращающихся роторов устанавливаются со смещением относительно осей рядков на величину  $\Delta$ . В то же время при вращении рабочих органов упруго-эластичные элементы одного ротора не должны задевать за упруго-эластичные элементы второго, рядом расположенного в этом же междурядье ротора, максимальный диаметр ротора взаимосвязан с шириной междурядья зависимостью:

$$e \geq 2\Delta + 2R_o = 2\Delta + D_o,$$

$$\text{или } R_o \leq \frac{e - 2\Delta}{2},$$

где  $R_o$  – радиус наружной окружности ротора, м;  $D_o$  – наружный диаметр ротора, м;  $\Delta$  – смещение осей роторов относительно осей рядов картофеля по горизонтали, м.

$$\text{Тогда } D_o \leq e - 2\Delta. \quad (1)$$

Согласно анализу цифровой видеосъемки можно принять  $\Delta = (0,05 \dots 0,10)$  м. Тогда при горизонтальном смещении осей роторов относительно осей рядов картофеля  $\Delta = (0,05 \dots 0,10)$  м и ширине междурядий 0,7 м наружный диаметр ротора будет равным  $D_o \leq (0,5 \dots 0,6)$  м.

Ротор при вращении должен обеспечивать стряхивание особей колорадского жука с ботвы, не допускать травмирования растений и не задевать за поверхность гребней.

При ударе упруго-эластичных лопастей ротора в нижнюю часть стебля эффективность стряхивания минимальная, так как стебель работает как балка с заземленным концом. В то же время взаимодействие упруго-эластичных лопастей ротора только с верхней частью стебля не обеспечивает качественный сбор особей колорадского жука в его нижней части. Т.е. при работе ротора упруго-эластичные элементы должны взаимодействовать с большей верхней частью листы растений.

Превышение оси ротора над вершиной гребня  $H$  можно выразить зависимостью:

$$H = \Delta_1 + R_o, \quad (2)$$

где  $\Delta_1$  – расстояние по вертикали от нижней части ротора до вершины гребня, м;  $R_o$  – радиус наружной окружности ротора, м.

С учетом того, что центр тяжести растения должен располагаться ниже зоны удара лопасти по ботве, а также с учетом жесткости нижней части стебля, расстояние  $\Delta_1$  можно определить по формуле:

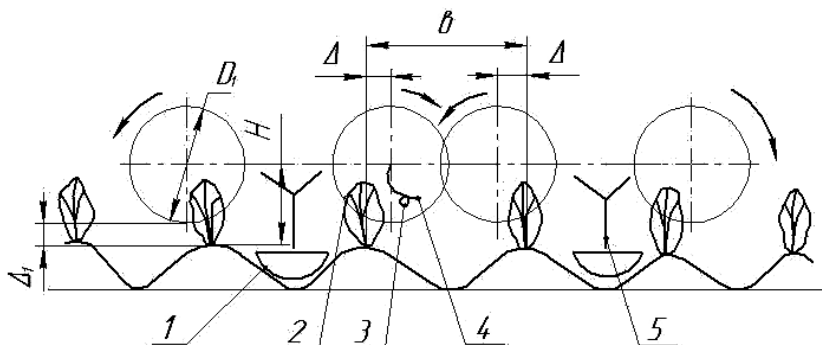


Рисунок 1. Схема к определению наружного диаметра роторов: 1 – желобчатая емкость; 2 – ротор; 3 – регулятор амплитуды колебания; 4 – упруго-эластичная лопасть; 5 – экран;  $e$  – ширина междурядья;  $\Delta$  – расстояние от оси вращения ротора до оси ряда по горизонтали;  $H$  – расстояние от вершины гребня до оси вращения ротора по вертикали;  $\Delta_1$  – расстояние от вершины гребня до нижней точки ротора по вертикали

$$\Delta_1 = k \cdot h_6,$$

где  $k$  – коэффициент пропорциональности;  $h_6$  – высота ботвы во время сбора колорадского жука, м.

При предварительных расчетах коэффициент пропорциональности можно принять равным  $k = 0,3 \dots 0,45$ , причем меньшее значение коэффициента соответствует меньшей высоте ботвы.

В то же время ось вращения ротора должна располагаться на уровне верхушечной части растений, или несколько выше, для того чтобы с растениями взаимодействовали только упруго-эластичные лопасти, т. е.:

$$h_6 \leq \Delta_1 + R_6,$$

$$\text{откуда } R_6 \geq h_6 - \Delta_1,$$

$$\text{или } D_6 \geq 2(h_6 - 2\Delta_1). \quad (3)$$

При высоте ботвы во время личиночной стадии жука  $h_6 = 0,30 \dots 0,45$  м –  $\Delta_1 = (0,1 \dots 0,2)$  м, тогда радиус барабана должен быть больше или равным  $R_6 \geq (0,2 \dots 0,25)$  м.

Т.е., чтобы обеспечить работу ротора при высоте ботвы до 0,45 м и при ширине междурядий  $v = 0,7$  м, наружный диаметр ротора целесообразно принять  $D_6 \geq 0,5$  м.

Максимальная высота ботвы для районированных в Республике Беларусь сортов картофеля составляет  $h_{6\max} = (0,5 \dots 0,6)$  м. При работе в таких условиях наружный диаметр роторов нужно было бы принять равным  $0,55 \dots 0,6$  м, но так как личинки на такой развитой ботве, как правило, располагаются в верхушечной части, качественного сбора при таких условиях можно достичь не путем увеличения наружного диаметра роторов, а путем увеличения расстояния по вертикали от оси вращения ротора до вершины гребня.

На основании полученных зависимостей (1) и (3) и выполненных расчетов можно сделать вывод, что наружный диаметр ротора должен быть в пределах  $(0,5 \dots 0,6)$  м. С учетом расположения особой колорадского жука на развитой ботве в верхушечной части наружный диаметр ротора в конечном итоге целесообразно принять равным  $0,5 \dots 0,55$  м.

При вращении ротора упруго-эластичные лопасти, встречаясь с регулятором амплитуды колебаний, изгибаются. Соответственно регулятор амплитуды колебаний должен располагаться так, чтобы под изогнутой лопастью проходила ботва, т. е., чтобы при поступательном движении агрегата вдоль рядков, лопасти ротора не отклоняли ботву по ходу движения машины (рис. 2).

Для того чтобы при продольном движении агрегата куст располагался в пространстве между лопастями вращающегося ротора и упруго-эластичная лопасть взаимодействовала с кустом только при выполнении рабочего процесса стряхивания с него особей колорадского жука, нужно регулятор амплитуды колебания сместить относительно оси куста в ту же сторону, что и ось ротора на величину

$$a = \frac{v_k}{2} + a_1, \quad (4)$$

где  $v_k$  – ширина куста, м;  $a_1$  – расстояние от регулятора до куста по горизонтали, необходимое для разгона лопасти после схода ее с регулятора.

По закону Гука в пределах упругой деформации величина силы упругости прямо пропорциональна абсолютной деформации, которая в нашем случае зависит от расположения оси регулятора относительно оси ротора, то есть расстояния  $R_p$  (рис. 2). При уменьшении расстояния  $R_p$  увеличивается величина деформации и соответственно величина силы упругости лопасти, с которой она в дальнейшем будет взаимодействовать с ботвой картофеля. В конечном итоге данное усилие должно обеспечить сброс с ботвы картофеля особей колорадского жука без травмирования ботвы. Величину  $R_p$  следует уточнить экспериментальным путем.

Кроме того, от величины деформации упруго-эластичной лопасти зависит количество лопастей на роторе. Расстояние между лопастями должно быть больше чем деформация и амплитуда их колебания, т.е. соседние лопасти не должны гасить колебания работающей лопасти.

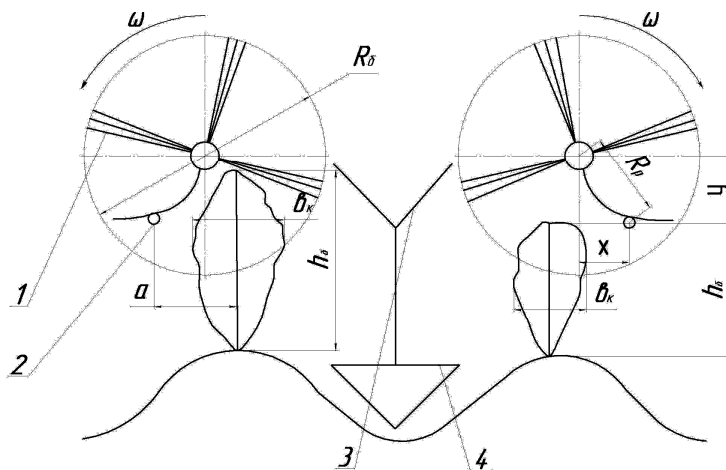


Рисунок 2. Схема к определению положения регулятора колебаний: 1 – упруго-эластичные лопасти ротора; 2 – регулятор амплитуды колебаний упруго-эластичных лопастей; 3 – экран; 4 – желобчатая емкость;  $a$  – расстояние по горизонтали от регулятора до оси ряда;  $R_p$  – расстояние от регулятора до оси ротора по радиусу;  $v_k$  – ширина куста растений;  $h_6$  – высота ботвы во время сбора особей колорадского жука;  $x, y$  – расстояние от оси ротора до оси регулятора по горизонтали и вертикали

В то же время при рабочем движении машины лопасти ротора не должны наклонять ботву вдоль рядков картофеля, т.е. ботва должна располагаться в пространстве между лопастями вращающегося ротора, а при взаимодействии упруго-эластичных лопастей с кустом во время рабочего процесса стряхивания ботва должна наклоняться в направлении перпендикулярном оси рядка, что зависит не только от расположения регулятора, но и от количества лопастей. Тогда с учетом данного условия и размеров ботвы картофеля во время сбора особой колорадского жука и того, что ось вращения роторов по возможности должна располагаться на уровне верхушечной части растения, целесообразно использовать роторы с числом лопастей не более четырех (рис. 3). Однако уменьшать количество лопастей также нецелесооб-

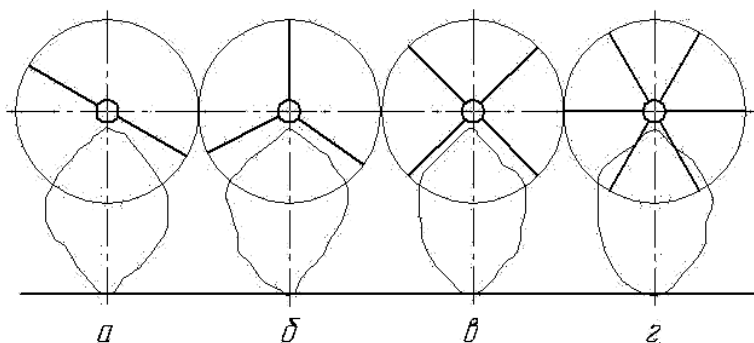


Рисунок 3. Схема расположения относительно куста растения роторов с различным числом лопастей: а, б, в, г – двух-, трех-, четырех- и шестилопастные роторы

разно, так как при этом одновременно нужно увеличить частоту вращения ротора или уменьшить скорость движения машины, что приведет к травмированию ботвы и к снижению производительности.

Ротор совершает не только вращательное движение вокруг своей оси, но и поступательное вместе с машиной вдоль осей рядков.

Как показали поисковые опыты, для стряхивания особой колорадского жука с ботвы картофеля, как правило, достаточно однократного удара упруго-эластичной лопасти по ботве. При увеличении количества ударов эффективность сбора жука практически не увеличивается, однако возрастает вероятность травмирования ботвы.

В конечном итоге длина упруго-эластичных лопастей ротора должна быть согласована с частотой вращения ротора и скоростью передвижения машинно-тракторного агрегата.

При повороте ротора с  $K_l$  лопастями за  $n_0$  оборотов агрегат может пройти путь  $S$  равный

$$S = K_l \cdot n_0 \cdot l_l \cdot K_{пер}, \quad (5)$$

где  $l_l$  – длина лопасти, м;  $K_{пер}$  – коэффициент перекрытия,  $K_{пер} \approx 0,75$ ;  $n_0$  – количество оборотов рото-

ра;  $K_l$  – количество лопастей на роторе.

Разделив обе части уравнения (5) на время  $t$  получим

$$V_M = K_{пер} \cdot K_l \cdot l_l \cdot n, \quad (6)$$

где  $V_M$  – линейная скорость движения машины или агрегата, м/с;  $n$  – частота вращения ротора,  $c^{-1}$ .

Из формулы (6) определим необходимую длину лопасти

$$l_l = \frac{V_M}{K_{пер} \cdot K_l \cdot n}. \quad (7)$$

### Заключение

В результате теоретического анализа получены зависимости, учитывающие особенности процесса сбора колорадского жука и позволяющие определить конструктивные параметры рабочего органа, выполненного в виде ротора с упруго-эластичными элементами и применяемого для сбора колорадского жука при возделывании экологически чистого картофеля.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Заяц, П.В. Комбинированный агрегат для сбора колорадского жука / П.В. Заяц, Э.В. Заяц // Агропанорама, 2006. – №5. – С. 32-34.
2. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин: учебник для вузов сельскохозяйственного машиностроения / Е.В. Босой, О.В. Верняев, И.И. Смирнов, Е.Г. Султаншах; под ред. Е.С. Босого. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1977. – 568 с.
3. Кленин, Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: Элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы / Н.И. Кленин, В.А. Сагун. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1980. – 671 с.
4. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Г.С. Листопад [и др.]; под общ. ред. Г.Е. Листопада. – М.: Агропромиздат, 1986. – 688 с.
5. Горячкин, В.П. Собрание сочинений: в 2 т. / В.П. Горячкин. – М.: Сельхозиздат, 1937. – Т. 2. – 714 с.
6. Физико-механические свойства растений, почв и удобрений. – Труды ВИСХОМ, 1970. – 423 с.
7. Сонкина, Е.В. Мероприятия по ограничению вредоносности колорадского жука в посадках картофеля: аналитический обзор / Е.В. Сонкина, С.Л. Быховец; Белорусский научный институт внедрения новых форм хозяйствования в АПК. – Минск, 2003. – 36 с.
8. Иванюк, В.Г. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / В.Г. Иванюк, С.А. Банадысев, Г.К. Журомский. – Мн.: Белпринт, 2005. – 696 с.

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОЙ ГОВЯДИНЫ

Н.В. Казаровец, докт. с.-х. наук, профессор, член-кор. НАН Беларуси (УО БГАТУ); А.Ф. Трофимов, докт. ветеринар. наук, профессор, член-кор. НАН Беларуси, А.А. Скакун, аспирант (РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству»)

### Аннотация

*Разработан комплекс технологических решений по модернизации производственных процессов и технологии выращивания и откорма крупного рогатого скота, направленных на снижение энергетических и материальных затрат для повышения рентабельности и конкурентоспособности производства говядины.*

### Введение

Программой социально-экономического развития Республики Беларусь предусмотрено довести уровень рентабельности производства мяса крупного рогатого скота до 15% путем модернизации и оснащения современным технологическим оборудованием животноводческих ферм и комплексов.

Для увеличения производства продовольствия агропромышленный комплекс должен развиваться интенсивно, используя индустриальные технологии. Этот процесс неразрывно связан с возрастанием потребления энергии: прирост сельскохозяйственной продукции на 1% влечет за собой увеличение расхода энергоресурсов на 2-3%. В странах Северной Америки с высоким уровнем развития сельскохозяйственного производства потребление энергии на душу населения в среднем составляет – 333 ГДж, а в расчете на одного работающего в сельском хозяйстве – 555 ГДж. В странах Африки соответственно 5 и 0,8, Латинской Америки – 28 и 8,6, Азии – 54 и 1,7, Западной Европы – 119 и 82,4 ГДж [1]. Следовательно, серьезным препятствием для дальнейшей индустриализации агропромышленного комплекса нашей республики могут стать, в первую очередь, ограниченные энергетические ресурсы. Отсюда – необходимость ориентации всего хозяйственного механизма на разработку и внедрение ресурсосберегающих технологий производства продуктов животноводства [2, 3].

Важнейшим показателем эффективности производства сельскохозяйственной продукции является ее энергоемкость. Определение этого показателя позволяет обосновать потребность сельского хозяйства в энергоресурсах, выявить энергосберегающие направления при разработке новых технологий [4, 5].

Особенно актуальной представляется проблема энергосбережения для Беларуси, испытывающей громадный дефицит энергетических ресурсов. Энергозатраты на производство сельскохозяйственной продукции в республике удовлетворяются за счет собственных источников только на 8%. Естественно, что

выход из создавшейся ситуации необходимо искать не только в экономии энергоресурсов путем ограничения их использования, но и в разработке эффективных малоэнергоемких технологий.

При современном уровне экономических отношений высокое качество продукции является определяющим фактором ее успешной реализации. О качестве производимой в стране говядины позволяет судить то, что удельный показатель закупок крупного рогатого скота высшей упитанности составляет около 70%. Средняя масса туши реализованного на мясо скота в 2006 году составляла 184-203 кг, тогда как в странах с развитым животноводством (Германия, Великобритания, Италия) – 250-311 кг. Масса туши бычков молочных пород и их помесей с мясными колеблется от 310 до 420 кг [6].

Интенсивная система производства говядины позволяет полнее использовать генетический потенциал мясной продуктивности крупного рогатого скота, повысить качество продукции, эффективнее использовать кормовые ресурсы, капиталовложения путем сокращения сроков дорастивания и откорма. Систему выращивания и откорма молодняка крупного рогатого скота определяют физиологически целесообразный и экономически выгодный возраст и живая масса при реализации животных на мясо [7].

При определении максимального возраста откармливаемого скота принимают во внимание количество и питательность мяса, получаемого от животных при реализации в различном возрасте. Установлено, что в теленке живой массой 40 кг содержится около 8 кг сухого вещества, из них съедобная часть составляет лишь 4 кг. У годовалых животных в теле содержится 83 кг органических веществ, из которых 54 кг съедобны. В теле быка, весящего 550 кг, содержится 215 кг органических веществ, из которых около 160 кг съедобны. Как известно, костяк и мышечная ткань у животных интенсивно формируются до 18-месячного возраста, причем до 15-месячного возраста жира откладывается очень мало, а затем этот процесс усиливается.

Многочисленные научные исследования, практика передовых хозяйств республики и зарубежный опыт свидетельствуют о том, что при выращивании бычков молочных и комбинированных пород до высокой живой массы 550-650 кг основной закономерностью является улучшение параметров мясной продуктивности – массы и выхода туш, мякоти, коэффициента мясности. Улучшение мясной продуктивности при этом происходит быстрее, чем увеличение живой массы.

Целью настоящей работы являлась разработка комплекса технологических решений по модернизации производственных процессов и технологии выращивания и откорма крупного рогатого скота, направленных на снижение энергетических и материальных затрат для повышения рентабельности и конкурентоспособности производства говядины.

### Основная часть

Энергоемкость технологических процессов, затраты энергоресурсов на продукцию изучали на комплексе по производству говядины СПК «Остромечев» Брестского района. Использовали технико-экономические показатели работы комплекса с 2001 по 2007 год, показатели прямого использования горюче-смазочных материалов, показатели затрат электроэнергии, изучали виды применяемых машин и оборудования, режим их работы, расход топлива и электроэнергии, мощности потребителей электроэнергии.

Изучение и анализ затрат энергоносителей на комплексе показали, что для процессов приготовления и раздачи кормов следует вместо кормосмесительных цехов, пневмоскребковых линий раздачи корма использовать координатные кормораздатчики, оборудованные на базе КР-Ф-10. Приготовление кормосмеси осуществляется в миникормоцехе. Суммарная мощность электродвигателей двух миникормоцехов и двух координатных кормораздатчиков составляет 140 кВт, а при пневмопадаче – 1054 кВт, т.е. в 7,5 раз больше.

Приготовление кормовой смеси для молодняка первого периода осуществляется с помощью мобильной установки «Триолет», а раздача – кормораздатчиком РММ-5.

97% комбикормов на комплексе готовят из зерна собственного производства с добавлением шрота, премиксов, минерально-витаминных добавок на мобильных установках «Мерседес» и «Ман». Это позволяет экономить энергоресурсы и снизить стоимость комбикормов в 1,5-2,2 раза.

Применяемое на комплексе круглогодное однотипичное сбалансированное кормление скота высококачественными полнорационными кормосмесями обеспечивает стабильное получение среднесуточных приростов на уровне 900-1300 г, своевременное поступление кормов независимо от погодных условий.

Важное значение имеет кормление животных «вволю», при котором животные подходят к кормовой линии 10-15 раз в сутки, тогда как при нормированном кормлении – 3-4 раза. При этом создаются

лучшие условия энергообеспеченности животных в течение суток, более эффективно загружаются ферментные системы организма, лучше используются синтетические азотистые вещества.

Реконструкция помещений, модернизация технологического оборудования, высокий уровень и полноценность кормления молодняка позволили с 2001 по 2007 годы увеличить валовое производство говядины на 43%, среднесуточный прирост живой массы на 38,6%, снизить затраты кормов на 1 ц прироста на 23%, затраты электроэнергии – в 4 раза, ГСМ – в 2 раза, природного газа – в 1,9 раза.

Решение проблемы конкурентоспособности говядины требует существенного повышения ее качественных показателей, в первую очередь выращивания и поставки на рынок скота высшей упитанности при экономически допустимой себестоимости.

Наши исследования и практика передовых хозяйств республики свидетельствуют о том, что качественную продукцию невозможно получить без реализации генетического потенциала мясной продуктивности крупного рогатого скота путем организации интенсивного выращивания, улучшения кормления и содержания. Срок выращивания и откорма должен составлять 18-24 мес. вместо фактических 40-42.

Производство говядины по интенсивной технологии имеет большое преимущество. Наши исследования показали, что с повышением уровня кормления в 1,6 раза суточные приросты живой массы увеличиваются в 2,5 раза, затраты кормов на единицу продукции снижаются на 36%, продолжительность выращивания и откорма сокращается в 2-2,5 раза.

С интенсификацией производства говядины технология промышленного откорма характеризуется двумя основными особенностями: использование для откорма молодых животных с высокой энергией роста, дающих высокие приросты живой массы и высококачественное мясо; применение высокоэнергетических биологически полноценных и экологически чистых кормов, обеспечивающих быстрый откорм животных и высокое качество туш. Это позволяет при интенсивном откорме получать в 16-19-месячном возрасте скот живой массой 500-550 кг.

Для научно-хозяйственного опыта по изучению эффективности откорма бычков до различной живой массы и их мясной продуктивности подобрали 26 животных черно-пестрой породы, средней живой массой 259 кг. Животные находились в условиях стойлового содержания в станках на целевых полах. Групповое кормление бычков осуществлялось по рационам, обеспечивающим получение среднесуточного прироста на уровне 1000-1100 г. Первая группа находилась на интенсивном откорме 190 дней, вторая группа – 262 дня.

Оценку убойных качеств животных проводили согласно методическим рекомендациям ВНИИМС. Учитывали живую массу после голодной выдержки, массу туш и сала, категорию туш. Выход съедобной

части туши и костей определяли при обвалке 5 левых полутуш из каждой группы.

Для определения уровня рентабельности производства говядины в качестве составляющих взяты закупочная цена 1 кг живой массы телят, себестоимость 1 кг прироста живой массы, стоимость реализованного бычка, цена реализации 1 кг живой массы животных.

Откорм бычков до высокой живой массы (табл. 1) показал, что масса туш была в среднем 298,7 кг, убойный выход составил 61,3%.

**Таблица 1. Результаты контрольного убоя подопытных бычков**

Показатели	Группы животных	
	1(п=11)	П(п=15)
Предубойная масса, кг	457	513
Масса туши, кг	256,4	298,7
Выход туши, %	56,1	58,2
Масса жира-сырца, кг	7,9	15,9
Выход жира-сырца, %	1,7	3,1
Убойная масса, кг	264,3	314,6
Убойный выход, %	57,8	61,3

Содержание костей в туше составило 15,3%, выход мякоти на 1 кг костей – 5,52 кг (табл. 2).

**Таблица 2. Морфологический состав туш подопытных бычков**

Показатели	Группы животных	
	1(п=11)	П(п=15)
Масса туши, кг	240,0	310,2
Содержание мякоти в туше, кг	201,2	262,6
Содержание мякоти в туше, %	83,8	84,7
Содержание костей в туше, кг	38,8	47,6
Содержание костей в туше, %	16,2	15,3
Выход мякоти на 1 кг костей, кг	5,19	5,52

В настоящее время оценку животных, реализуемых на мясо, проводят по их живой массе, массе туши и убойному выходу. Однако более полную характеристику мясной продуктивности животного можно дать путем определения и оценки съедобного продукта, получаемого из туши.

Исследования показали, что с повышением массы туши с 240 до 310 кг масса мякоти увеличилась на 61,4 кг, а костей – на 8,8 кг.

Экономическая оценка эффективности откорма бычков до высокой весовой кондиции показала, что с увеличением съемной живой массы на 56 кг, выручка от реализации одного животного повысилась на 256 тыс. рублей, а прибыль – на 64,3 тыс. рублей.

Таким образом, цена реализации одного бычка на мясо составила 1 млн. 808 тыс. рублей при уровне рентабельности производства говядины 27,64%.

При откорме крупного рогатого скота качественная ценность определяется массой и выходом туш, как суммой всех определяющих факторов. Поэтому скот после откорма должен быть реализован исключительно по весу туш. При такой реализации значительно

объективнее, чем при реализации животных по живой массе, определяется их качество: выход туши, выход субпродуктов и отложение поверхностного жира.

Наши исследования показали, что выход туши в зависимости от конечной живой массы, уровня и типа кормления бычков черно-пестрой породы может колебаться от 51,6 до 59,7%. При реализации на мясо бычков живой массой 320 кг выход туши составил 51,6%, живой массой 405-426 кг – 54,0-54,3%, 467-492 кг – 54,9-57,6%, 524-630 кг – 57,6-59,7%.

При изучении выхода мяса у бычков, выращенных до одинаковой живой массы, установлено, что у молодняка, откармливаемого на рационах с бардой, масса туши тяжелее на 18-20 кг, в том числе доля костей в тушах на 10-20% ниже и на 20-24 кг больше мякоти, соответственно и индекс мясности на 19-30% выше, чем у животных, откармливаемых на растительных кормах с содержанием в рационе 40% и более грубых и сочных кормов.

Исследованиями установлено, что с увеличением живой массы бычков с 400 до 550-600 кг и возраста с 16 до 24 мес. улучшается аминокислотный состав и биологическая полноценность белков говядины, увеличивается сумма аминокислот, обеспечивающих улучшение вкусовых свойств мяса.

Установлено, что если затраты кормов на 1 ГДж энергии в белке и жире мякоти туши при выращивании бычков до 450 кг принять за 100%, то при 500 кг они составили 88%, 650 кг – 82,3%, 700 кг – 77%. Соответственно снизились затраты на единицу мясной продукции и других ресурсов, а также энергии, более эффективно используется кормовая площадь. Если отложение энергии в мякоти туши в расчете на 100 га кормовой площади при выращивании молодняка до 450 кг принять за 100%, то до 550 кг оно составило 113,4 до 650 кг – 120,4, до 700 кг – 128,5%, а прибыль по энергии на 100 га кормовой площади соответственно 100%, 152,9, 184,0 и 214,8%. Затраты энергии на 1 ГДж мякоти туши оказались минимальными при выращивании бычков до 700 кг и составили 42,5 ГДж (100%), до 650 кг – 45,91 (107,9%), до 550 кг – 50,37 (118,4%), до 450 кг – 58,60 (137,8%), а энергетическая рентабельность была 92,9% (до 700кг), 78,7% (650 кг), 62,9% (550 кг), 40,0% (450 кг).

### **Выводы**

1. Реконструкция и техническое перевооружение технологических процессов на комплексе по выращиванию и откорму молодняка крупного рогатого скота приводит к снижению энергозатрат при производстве говядины, увеличению валового производства мяса и среднесуточных приростов живой массы, повышению рентабельности отрасли.

2. Увеличение съемной живой массы бычков на откорме до 550-600 кг позволяет повысить выход съедобной части туши, увеличить выручку от реализации одного животного и уровень рентабельности до 27%, производить конкурентоспособную говядину.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Мысик, А.Т. Развитие животноводства в странах мира / А.Т. Мысик // Животноводство, 2003. – №1. – С. 2-9.

2. Кива, А.А. Биоэнергетическая оценка и снижение энергоемкости технологических процессов в животноводстве / А.А. Кива, В.М. Рабштына, В.И. Сотников. – М.: Агропромиздат, 1990. – 170 с.

3. Кудрявцев, И.Ф. Вопросы снижения энергоемкости сельскохозяйственной продукции / И.Ф. Кудрявцев // Агропанорама. – 2002. – №6. – С. 4-6.

4. Энергоресурсосбережение в животноводстве / Н.С. Яковчик и др. – Барановичи, 1998. – 345 с.

5. Шляхтунов, В.И. Выращивание молодняка крупного рогатого скота / В.И. Шляхтунов, А.Ф. Трофимов, В.И. Смунев, М.М. Карпеня, М.В. Крассук. – Витебск: УО «ВГАВМ», 2005. – 184 с.

6. Сидоренко, Р.П. Оценка мясных и убойных качеств молодняка крупного рогатого скота / Р.П. Сидоренко, С.В. Короткевич, А.И. Иваненко // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сб. науч. трудов. – Вып. 8, ч. 2. – Горки, 2005. – С. 136-138.

7. Ижболдина, С.И. Использование кормов молодняка крупного рогатого скота / С.И. Ижболдина // Зоотехника. – 1998. – №4. – С.15.

УДК 631.11.:631.527 + 631.5

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 25.10.2007

## НОВЫЙ СОРТ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ «ЗАРИЦА» И ТЕХНОЛОГИЯ ЕГО ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

М.В. Фурман, ст. науч. сотр. (РУП «Брестская областная сельскохозяйственная опытная станция НАН Беларуси»)

### Аннотация

*Приказом Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь № 323 от 12 сентября 2006 г. сорт озимой мягкой пшеницы «Зарица» внесен в Государственный реестр сортов РБ. Сорт хлебопекарного назначения, создан в УО «Гродненский государственный аграрный университет» методом индивидуального отбора из гибридной комбинации. Авторы сорта: К.В. Коледа, М.В. Фурман, В.Г. Тимощенко. По данным госсортоиспытания, средняя урожайность зерна этого сорта на сортоиспытательных станциях и участках республики в 2004...2006 гг. составила 67,2 ц/га. В ходе испытаний подтверждены хорошие физические и технологические качества зерна сорта «Зарица». Сорт зимостойкий, отличается высокой устойчивостью к основным грибковым заболеваниям, пригоден для возделывания на всей территории Республики Беларусь.*

### Введение

Пшеница является наиболее ценной продовольственной культурой. Ежегодная потребность Республики Беларусь в зерне пшеницы составляет примерно 1,6...1,8 млн. тонн, в том числе продовольственным – 600...700 тыс. тонн [1]. До настоящего времени эти потребности не удовлетворены. Так, в 2006 году из 380 тыс. тонн заготовленного зерна пшеницы, продовольственное составило лишь 75 тыс. тонн. Основными причинами нестабильности производства продовольственного зерна пшеницы являются нарушения технологии возделывания и селекционные недостатки районированных сортов.

Сорт, как средство производства, с экономической и экологической точек зрения, является наиболее доступным и дешевым способом увеличения производства зерна, качества продукции. Он выступает как биологический фундамент, который позволяет использовать все факторы интенсификации для накопления максимально возможного урожая. Сорт, как биологическую систему нельзя ничем заменить [2].

Посевы озимой пшеницы в Беларуси составляют 200...240 тыс. га. Особое внимание этой культуре уделяется в Гродненской и Брестской областях. Под урожай 2007 года в Гродненской области пшеница была высеяна на площади 39709га, Брестской – 40460 га. Наиболее распространенными сортами в Гродненской области являются: «Кобра», «Легенда», «Премьера». В последние годы в государственный реестр занесены новые короткостебельные сорта: «Саква», «Веда», «Кубус», «Фантазия», «Зарица» [3].

В Брестской области посевы озимой пшеницы заняты сортами «Кобра», «Былина», «Легенда», «Премьера». Высокий потенциал продуктивности обеспечивают новые интенсивные сорта: «Сорая», «Спектр», «Сюита», «Веда», «Кубус», «Зарица» и др.

В последние годы в решении задач самообеспечения Республики Беларусь пшеничным зерном возрастает роль Западных регионов. Гродненская область является лидером по валовым сборам зерна пшеницы и урожайности. В таких хозяйствах, как «Прогресс», «Октябрь», «им. Деньщикова» озимая пшеница обеспечивает урожайность 90...110 ц с га.

Получение такого потенциала возможно только при внедрении короткостебельных сортов на основе прогрессивной технологии. К таким сортам относится новый сорт озимой мягкой пшеницы «Зарица».

Сорт в современных условиях является важнейшим фактором интенсификации зернового хозяйства. Для реализации заложенного в нем потенциала урожайности необходимо знать его биологические особенности, дифференцированно, творчески подходить к кооперационной технологии его возделывания в конкретных условиях каждого хозяйства [4].

### Основная часть

#### Материал и методика исследований

Исследования проводились на опытном поле ГСУ колхоза «Принеманский» сотрудниками кафедры растениеводства УО «Гродненский государственный аграрный университет». Была развернута полная схема селекционного процесса по озимой пшенице с учетом почвенно-климатических условий Западного региона республики.

В качестве исходного материала использовались сорта и образцы озимой пшеницы из стран СНГ, Западной Европы, собственной селекции и селекции БелНИИЗиС.

Основным методом создания исходного материала являлась внутривидовая гибридизация с использованием, как простых парных, так и сложных скрещиваний.

Для повышения адаптивности нового исходного материала в гибридизацию включали селекционный материал, созданный в Республике Беларусь, гибриды F1 и F2, сортообразцы в данной экологической зоне и более приспособленные к местным условиям, исходный материал зарубежной селекции, в особенности низкорослые генотипы, с потенциалом продуктивности 100...120 ц с га и высоким качеством зерна.

#### Результаты исследований и обсуждение

С 2006 г. в Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород, допущенных к использованию в Брестской и Гродненской областях, включен новый сорт озимой мягкой пшеницы «Зарица», обладающий высоким потенциалом продуктивности и качества зерна [3].

Сорт создан в Гродненском государственном аграрном университете. В госсортоиспытании находился с 2003 по 2006 годы. Разновидность лютеценс, высокозимостойкий, среднепоздний с высотой растений 90-102 см, устойчив к полеганию (5 баллов), высокоурожайный. В конкурсном сортоиспытании в 2001...2003 гг. обеспечил урожайность зерна на уровне 76,3 ц/га, что на 3,2 ц/га выше стандартного сорта «Центос». Отличается устойчивостью к основным грибковым заболеваниям, формирует зерно с высокими физическими и тех-

нологическими свойствами. Упругие свойства клейковины обеспечивают сохранность по годам на уровне II группы качества. Имеет хорошие хлебопекарные качества. Общая оценка хлеба составляет 4,3 балла. Более подробные данные конкурсному сортоиспытания приведены в табл. 1.

Анализируя данные, приведенные в табл. 1, можно видеть, что сорт по большинству показателей превосходил стандартные сорта, поэтому на основании полученных результатов он был передан на государственное сортоиспытание.

**Таблица 1. Хозяйственно-биологическая характеристика нового сорта озимой пшеницы «Зарица» (по данным КСИ, в среднем за 2001-2003 гг.)**

Показатель	Ед. изм.	«Зарица»	«Копылянка»(st)	«Центос» (st)
Урожайность зерна	ц/га	76,3	72,4	71,5
Зимостойкость	%	95,6	95,0	90,3
Длина вегетационного периода	дней	309	305	312
Высота растений	см	102	115	98,3
Поражение болезнями:				
Мучнистой росой	%	9,0	12,0	5,5
Бурой ржавчиной	%	0,3	3,3	0,6
Септориозом	%	7,3	9,0	8,3
Технологические свойства зерна:				
Масса 1000 зерен	г	56,2	50,4	48,8
Содержание клейковины	%	27,3	26,5	27,4
Сырого протеина	%	13,8	12,6	12,6
Объем хлеба	мл	893	825	890
Общая оценка хлеба	балл	4,3	3,8	3,9

По данным госсортоиспытания, средняя урожайность зерна сорта «Зарица» на сортоиспытательных станциях и участках республики за 2004...2006 гг. составила 67,2 ц/га. Самая высокая урожайность зерна этого сорта была получена в 2005 г. на Гродненском сортоиспытательном участке – 104,0 ц/га, Мозырьской сортоиспытательной станции в 2004 г. – 95,7 ц/га, Молодечненской сортоиспытательной станции в 2005 г. – 94,2 ц/га. По результатам фитопатологической оценки, сорт «Зарица» в меньшей или в равной степени, в сравнении со стандартным сортом, повреждался такими грибковыми болезнями, как снежная плесень, бурая ржавчина, септориоз, корневые гнили. Проведенными испытаниями были также подтверждены хорошие физические и технологические качества зерна этого сорта.

Результаты испытаний сорта «Зарица» по урожаю зерна на сортоучастках и сортоиспытательных станциях Республики Беларусь приведены в табл. 2.

**Таблица 2. Результаты испытаний сорта озимой пшеницы «Зарица» на сортоучастках и сортоиспытательных станциях Республики Беларусь в 2004...2006 гг.**

Сортоучасток, станция	Урожайность, ц/га				
	«Зарица»	«Копылянка» (st)	«Центос» (st)	+ к сортам	
				«Копылянка»	«Центос»
Гродненский ГСУ	83,3	76,0	82,3	+7,3	+1,0
Молодеческая СС:	86,7	70,5	73,6	+16,2	+13,1
Лепельская СС	55,9	52,0	52,5	+3,9	+3,4
Кобринская СС	54,5	53,5	49,6	+1,0	+4,9
Мозырская СС	72,3	67,0	70,0	+5,3	+2,3
Волковысский ГСУ	67,0	58,0	50,1	+9,0	+16,9
Вилейская СС	55,6	56,5	49,3	-0,9	+6,3
Горецкая СС	81,9	79,9	81,9	+2,0	0,0

Пшеница – культура плодородных и высококультурных почв, связанных по гранулометрическому составу, подстилаемых моренным суглинком [5]. В качестве предшественников должны использоваться парозанимающие и очищенные от сорной растительности поля (люпин, пелюшка, клевер, рапс и др.) с внесением органических (30 – 40 т/га) и минеральных ( $P_2O_5$  – 80 – 90,  $K_2O$  – 100 – 120 кг/га д. в.) удобрений. Посев по стерневым предшественникам и многолетним злаковым травам не допустим, так как ведет к уменьшению урожайности зерна на 15 – 25 %, резко снижает содержание клейковины в зерне и ухудшает ее качество.

Для посева необходима своевременная и качественная подготовка почвы. Выравнивание и прикатывание – обязательные агроприемы, обеспечивающие равномерную заделку семян. При посеве в рядки комбинированными агрегатами вносится суперфосфат в дозе 20 кг/га д.в., что способствует формированию на начальном этапе развития полноценных растений, обладающих высоким потенциалом кущения. Для защиты посевов от головни, корневых гнилей, снежной плесени перед севом семена обрабатывают протравителем с прилипателем. Современный ассортимент протравителей позволяет дифференцированно подходить к выбору оптимального препарата с учетом фитопатологического состояния семян озимой пшеницы и необходимости защиты от снежной плесени. Поскольку все рекомендованные протравители эффективны против головневых болезней, при выборе конкретного препарата целесообразно руководствоваться необходимостью защиты посевов в ходе зимовки от снежной плесени.

На плодородных почвах норма высева составляет 4,0...4,5 млн. всхожих семян на 1 га. Для ускоренного размножения сорта, особенно в семеноводческих хозяйствах, норму высева можно снизить до 2...3 млн. всхожих семян. Глубина заделки на тяжелых почвах – 3...4, средних – 4...5 см. Оптимальные

сроки сева озимой пшеницы для западных районов Беларуси – 10-20 сентября.

В основе интегрированной защиты озимой пшеницы от комплекса вредных организмов при интенсивном ее выращивании лежит устойчивость сорта и оптимальная агротехника. Однако даже на фоне оптимальной сортовой агротехники может складываться неблагоприятная фитосанитарная обстановка в посевах и возникать необходимость в проведении специальных мероприятий по защите растений от сорняков, болезней и вредителей.

Очень важно после уборки предшественника при наличии пырея ползучего, осота полевого, видов одуванчика, дремы провести их опрыскивание гербицидами производными глифосата (раундап, глифоган, ураган, глиалка, свип, сангли, белфосат и др. в норме 3 – 5 л/га). Это мероприятие через 15...21 день обеспечивает гибель многолетних сорняков до 100 %, сокращает затраты при разделке пласта многолетних трав и вспашке на 25...30 %. Важно отметить, что препараты, производные глифосата, применяются по вегетирующим сорнякам, поэтому после сильной засухи необходимо дожидаться дождей и применять гербициды после отрастания сорняков.

После сева до появления всходов озимой пшеницы проводят химическую прополку посевов против сорняков (метлица обыкновенная, ромашка пахучая, подмаренник цепкий и др.) одним из препаратов. К ним относятся: рейсер, 25% к.э. – 1,0 – 2,0 л/га; стомп, 33% к.э. – 5 л/га; марафон – 375 г/л, в.к. – 3,5 – 4,0 л/га; кугар, к.с. – 0,75 – 1,0 л/га; легато плюс, 600 к.с. – 0,75 – 1,0 л/га.

Если не проводилась допосевная химическая прополка посевов, то осенью с фазы 1-3 листьев до кущения пшеницы против комплекса указанных ранее сорняков рекомендуются гербициды: кугар, к.с. – 0,75 – 1,0 л/га; легато плюс, 600 к.с. – 0,75 – 1,0 л/га; гусар, в.д.г. – 150 – 200 г/га; боксер, к.э. – 1,0 л/га; зенкор, в.д.г. – 200 – 300 г/га; лазурит, с.п. – 200 – 300 г/га.

Осенью в фазе 1-2 листьев озимой пшеницы при массовом лете шведской мухи и цикад проводится опрыскивание посевов одним из рекомендуемых инсектицидов: БИ-58 новый (фосфамид), 40% к.э. – 1,5 л/га; фастак, 10% к.э. – 0,1 л/га; суми-альфа, 5% к.э. – 0,2 – 0,25 л/га; бульдок, 2,5% к.э. – 0,3 л/га; каратэ, 5% к.э. – 0,2 л/га и др.

Если при протравливании семян не была обеспечена необходимая защита посевов от снежной плесени одним из протравителей, в фазе кущения (2-3 декада октября) до окончания осенней вегетации проводят опрыскивание озимой пшеницы одним из препаратов: бенлат (фундазол), 50% с.п. – 0,3 – 0,6 кг/га; дерозал, 50% к.с. – 0,3 – 0,6 кг/га; колфуго супер, 20%, в.с. – 1,5 л/т. Двойная целенаправленная обработка (протравливание семян + опрыскивание посевов) против снежной плесени препаратами одной химической группы нежелательна.

Все обработки посевов после всходов проводятся по технологической колее.

Весной в фазе ранневесеннего кушения, при необходимости защиты посевов от однолетних злаковых и двудольных, в том числе устойчивых к 2,4-Д и 2М-4Х сорняков (если не проведена осенняя обработка), озимую пшеницу опрыскивают одним из гербицидов. К ним относятся: кугар, к.с. – 0,75 – 1,0 л/га; легато плюс, 600 к.с. – 0,5 – 1,0 л/га; гусар, в.д.г. – 150 – 200 г/га; гусар турбо, м.д. – 0,05 – 0,1 л/га.

При сильной засоренности посевов метлицей обыкновенной в фазе ранневесеннего кушения озимую пшеницу пропалывают арелоном или препаратом пума супер, 7,5% э.м.в. – 0,8 – 1 л/га.

Современный ассортимент рекомендованных гербицидов для химической прополки посевов озимой пшеницы позволяет дифференцированно подходить к каждому полю с учетом видового состава сорняков и фазы защищаемой культуры.

Решающая роль при возделывании пшеницы сорта «Веда» принадлежит азотным удобрениям. Они должны вноситься мелкими партиями (трехразовая подкормка) весной. Первую азотную подкормку проводят весной в начале возобновления вегетации КАС без разбавления водой в средней дозе 70 кг/га д.в. азота. Вторую проводят в стадии первого узла в дозе 30 – 40 кг/га д.в. азота медленно действующей формой мочевины (карбамид с гуматами) или аммиачной селитрой. Третью, некорневую подкормку азотом в дозе 15 – 20 кг/га д.в. проводят КАС при разбавлении водой в соотношении 1:4.

Несмотря на то, что сорт обладает полевой устойчивостью к грибковым болезням, целесообразно проводить однократную обработку фунгицидами на стадии флаг лист – колошение.

### **Заключение**

Таким образом, по нашим данным и данным государственного испытания, сорт озимой мягкой пшеницы «Зарица» обладает высоким потенциалом урожайности, зимостойкостью, устойчив к основным грибковым заболеваниям, отличается высокими хлебопекарными качествами. Так как сорт был создан в западном регионе Республики Беларусь, он наиболее адаптирован к условиям этого региона. Соблюдение технологии возделывания озимой пшеницы сорта «Зарица» позволит получить высокий урожай зерна хорошего качества.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Коледа, К.В. Генофонд и результаты селекции озимой мягкой пшеницы в западном регионе Беларуси: учеб.-метод. пособие/ К.В. Коледа. – Гродно: Гродненский филиал ИСЗ, 1999. – 144с.
2. Коптик, И.К. Итоги научно-исследовательской работы по селекции озимой пшеницы в Республике Беларусь/ И.К. Коптик // Земляробства і ахова раслін. – 2006. – №1. – С. 19-21.
3. Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород / ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений». – Мн., 2006. – 140 с.
4. Гриб, С.И. О соответствии селекционных технологий уровню систем земледелия и роли сорта в интенсификации растениеводства/ С.И. Гриб // Земляробства і ахова раслін. – 2006. – №4. – С. 9-14.
5. Коптик, И.К. Озимая мягкая пшеница «Фантазія»/ И.К. Коптик // Белорусское сельское хозяйство. – 2006. – №7. – С. 22-24.

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

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

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕВЗВЕШЕННОЙ СТОИМОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ И ТРЕБУЕМОЙ СТОИМОСТИ ЗАЩИТЫ

Е.В. Лавцевич, аспирантка (УО БГАТУ)

### Аннотация

*Определены средневзвешенная стоимость электродвигателя в сельском хозяйстве и требуемые стоимости устройств защиты.*

### Введение

Применение комплексных и универсальных защитных устройств ограничивается экономическими факторами. Более простое защитное устройство стоит дешевле, но обладает меньшей эффективностью. Более эффективные устройства, как правило, стоят дороже. Для выбора оптимального решения необходимо проводить технико-экономический расчет, учитывая затраты на приобретение устройства, его монтаж и эксплуатацию, а также ущерб от отказа электродвигателя. На стадии проектирования комплексного универсального устройства защиты надо иметь представление о средневзвешенной стоимости электродвигателя в сельском хозяйстве и зависимости стоимости устройства защиты от средней аварийности электродвигателей на рабочих машинах, учитывая мощность электродвигателя. Ответы на эти вопросы приведены ниже в рассматриваемой статье.

### Основная часть

В сельскохозяйственном производстве работают электродвигатели в основном малых мощностей, поэтому стоимость устройств защиты асинхронных двигателей должна быть небольшой, соизмеримой со стоимостью электродвигателя и обоснованной.

Определим предполагаемую стоимость устройства защиты из условия выбора устройств защиты [1, с.94] и [2, с.72] по экономическому критерию:

$$\frac{K_{защ}}{K_{эд}} \leq \frac{(\lambda_1 - \lambda_2) \cdot (1 + V^*)}{E}, \quad (1)$$

$$\lambda_1 - \lambda_2 = v_c \cdot (\varepsilon_n - \varepsilon_0), \quad (2)$$

где  $K_{защ}$ ,  $K_{эд}$  – стоимость устройств защиты и электродвигателя, руб.;

$\lambda_1, \lambda_2$  – интенсивность отказов сравниваемых устройств защиты, год<sup>-1</sup>;

$E$  – коэффициент эффективности (ставка долгосрочного депозита),  $E=0,125$  год<sup>-1</sup>;

$V^*=U/K_p$  – относительный технологический ущерб, приходящийся на один отказ электродвигателя;

$U$  – стоимостная оценка технологического ущерба при отказе, руб.;

$K_p$  – стоимость капитального ремонта электродвигателя, вызвавшего простой, руб.;

$v_c$  – среднестатистическая интенсивность отказа или аварийность электродвигателя в год в сельском хозяйстве или на рассматриваемой рабочей машине, год<sup>-1</sup>;

$\varepsilon_n, \varepsilon_0$  – эффективность работы нового и базового устройства защиты [1, с.17].

Из формул (1) и (2) видно, что стоимость устройств защиты прямопропорциональна стоимости электродвигателя, аварийности электродвигателя на рассматриваемой рабочей машине, разности между эффективностью работы нового и базового устройств защиты.

Аварийность электродвигателей в сельском хозяйстве колеблется от 0,40 год<sup>-1</sup> (насосы жидкого навоза) до 0,14 год<sup>-1</sup> (электрокалорифер) [1, с.13].

Эффективность работы  $\varepsilon_{kj}$   $k$ -го устройства защиты [1, с.16] при защите электродвигателя  $j$ -го механизма находится по формуле:

$$\varepsilon_{kj} = \sum_1^i p_{ij} \cdot q_{ik}, \quad (3)$$

где  $p_{ij}$  – вероятность отказа электродвигателя на  $j$ -том механизме по основным аварийным причинам;

$q_{ik}$  – вероятность срабатывания  $k$ -го устройства защиты при основных аварийных причинах.

Из всех устройств защиты в сельском хозяйстве наиболее широко используется электротепловое токовое реле (базовый вариант). Для настроенного в лаборатории электротеплового токового реле эффективность работы на насосе составляет 0,58, на электрокалорифере – 0,69 [1, с.17].

В качестве предполагаемого нового устройства защиты примем комплексное универсальное устройство, для которого  $\varepsilon_j = 0,93$  (по аналогии с устройст-

вом ФУЗ-И [1, с.92]). В этом случае для насосов (наибольшая аварийность):

$$K_{защ} \leq K_{эл.двиг.} \cdot \frac{0,40 \cdot (0,93 - 0,58) \cdot (1 + y^*)}{0,125} = 1,12(1 + y^*) \cdot K_{эл.двиг.} \quad (4)$$

Для электрокалорифера (наименьшая аварийность):

$$K_{защ} \leq K_{эл.двиг.} \cdot \frac{0,14 \cdot (0,93 - 0,69) \cdot (1 + y^*)}{0,125} = 0,269(1 + y^*) \cdot K_{эл.двиг.} \quad (5)$$

Аварии электродвигателей приводят к прямому и технологическим ущербам. Прямой ущерб определяется стоимостью ремонта электродвигателя и расходами на его замену. В этом случае технологический ущерб  $y^*=0$ .

Технологический ущерб вызван нарушением технологического процесса, простоем оборудования и рабочих, недоотпуском продукции. В этом случае технологический ущерб  $y^*>0$ . Для неотвественных приводов рабочих машин можно применять  $y^*=0,5$  [2, с.72].

С учетом вышесказанного, только при прямом ущербе (при  $y^*=0$ ) предполагаемая стоимость устройств защиты должна составлять:

$$\begin{aligned} \text{для электрокалорифера } K_{защ.} &\leq 0,269 K_{эл.двиг.}; \\ \text{для насоса } K_{защ.} &\leq 1,12 K_{эл.двиг.} \end{aligned} \quad (6)$$

При технологическом ущербе  $y^*=0,5$  предполагаемая стоимость устройств защиты составляет:

$$\begin{aligned} \text{для электрокалорифера } K_{защ.} &\leq 0,4 K_{эл.двиг.}; \\ \text{для насоса } K_{защ.} &\leq 1,68 K_{эл.двиг.} \end{aligned} \quad (7)$$

Стоимость асинхронного электродвигателя существенно зависит от его мощности. Кроме того, стоимость электродвигателя одной и той же мощности зависит от числа полюсов, от монтажного исполнения, от серии, от назначения. Подставляя значения  $K_{эл.дв.}$  в (6) и (7), получим стоимость устройств защиты электродвигателей в зависимости от номинальной мощности защищаемого электродвигателя (рис.1). Стоимость электродвигателей взята по данным официального дилера заводов-изготовителей электродвигателей, ООО «Промэлектрокомлект» (г. Минск) на 10.01.2009 г.

Для получения средневзвешенной стоимости устройств защиты в сельском хозяйстве применим следующую методику.

С помощью программы «Excel» аппроксимируем зависимости стоимости асинхронных электродвигателей от номинальной мощности. Для двухполюсных асинхронных электродвигателей серии АИР, на лапах, общего назначения, номинальной мощности  $P_n$  до 18,5 кВт, в белорусских рублях, зависимость стоимости от номинальной мощности электродвигателей имеет вид:

$$K_{эл.двиг.2} = 113\,151 + 67\,051 P_n \quad (8)$$

Для аналогичных, но четырехполюсных электродвигателей:

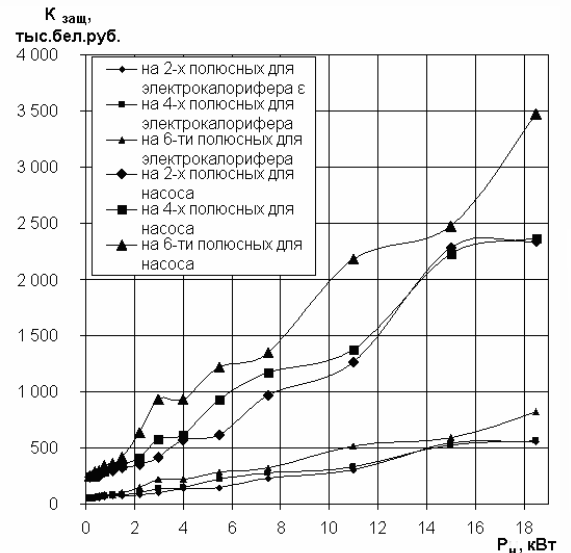
$$K_{эл.двиг.4} = 120\,570 + 72\,424 P_n \quad (9)$$

Для аналогичных, но шестиполюсных электродвигателей:

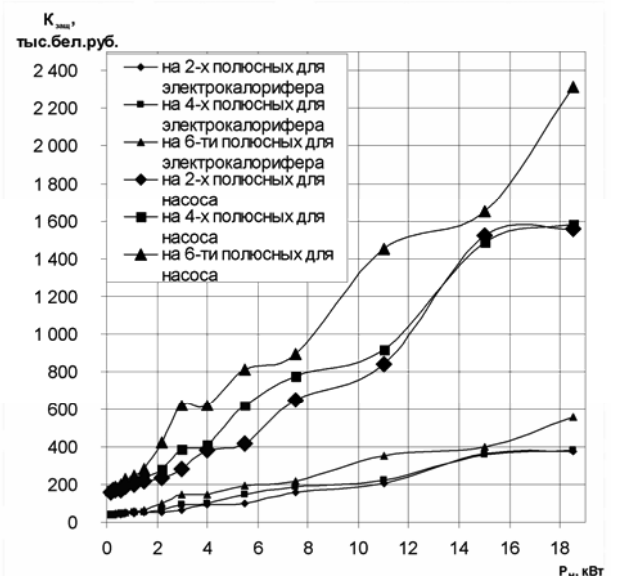
$$K_{эл.двиг.6} = 163\,309 + 93\,262 P_n \quad (10)$$

Таким же образом аппроксимированы зависимости стоимости асинхронных электродвигателей серии АИР мощностью 22 кВт и более, а также зависимости стоимости новой серии российских электродвигателей марки АИМ от их номинальной мощности.

Заменим линейно возрастающую функцию стои-



а)



б)

Рисунок 1. Требуемая стоимость устройств защиты электродвигателя в зависимости от номинальной мощности электродвигателя при прямом ущербе:  $y=0$  (а) и при  $y=0,5$  (б)

мости асинхронных электродвигателей от номинальной мощности ступенчатой линией (рис.2), причем ступени мощности выберем в соответствии со структурой парка электродвигателей в сельском хозяйстве (табл. 1) по средней мощности интервала [2, с.20]. Обозначим ступени стоимости  $K_{ni}$ , где  $n$  – ступень синхронной скорости;  $n=2$  при  $3000 \text{ мин}^{-1}$ ;  $n=4$  при  $1500 \text{ мин}^{-1}$ ;  $n=6$  при  $1000 \text{ мин}^{-1}$ ;  $i$  – ступень мощности (от 1 до 6).

По (8)...(10) определено, что  $K_{21}=146\ 676$ ;  $K_{22}=247\ 253$ ;  $K_{23}=381\ 355$ ;  $K_{24}=616\ 033,5$ ;  $K_{25}=1\ 118\ 916$ ;  $K_{26}=2\ 594\ 038$ ;  $K_{41}=156\ 782$ ;  $K_{42}=265\ 418$ ;  $K_{43}=410\ 266$ ;  $K_{44}=663\ 750$ ;  $K_{45}=1\ 206\ 930$ ;  $K_{46}=2\ 800\ 258$ ;  $K_{61}=209\ 940$ ;  $K_{62}=349\ 833$ ;  $K_{63}=536\ 357$ ;  $K_{64}=862\ 774$ ;  $K_{65}=1\ 562\ 239$ ;  $K_{66}=3\ 614\ 003$ .

**Таблица 1. Структура парка асинхронных электродвигателей в сельском хозяйстве**

Синхронная частота вращения, $\text{мин}^{-1}$	Распределение парка электродвигателей, % от общего числа, при номинальной мощности (кВт)						Всего
	До 1	1,1..3	3,1...5	5,1...10	10...20	Более 20	
3000	1,0	6,0	2,0	1,8	1,0	1,2	13,0
1500	5,0	35,0	13,0	11,0	2,0	2,0	68,0
1000	1,0	7,0	5,0	4,2	1,0	0,8	19,0
Всего	7,0	48,0	20,0	17,0	4,0	4,0	100

Структура парка асинхронных электродвигателей в сельском хозяйстве имеет 6 ступеней мощности и 3 уровня частоты вращения. Распределение электродвигателей (%) в табл. 1 обозначим  $C_{ni}$ , где  $n$  – ступень синхронной скорости;  $i$  – ступень мощности:  $n=2$  при  $3000 \text{ мин}^{-1}$ ,  $n=4$  при  $1500 \text{ мин}^{-1}$ ,  $n=6$  при  $1000 \text{ мин}^{-1}$ .

Следовательно,  $C_{21}=1\%$ ;  $C_{22}=6\%$ ;  $C_{23}=2\%$ ;  $C_{24}=1,8\%$ ;  $C_{25}=1\%$ ;  $C_{26}=1,2\%$ ;

$C_{41}=5\%$ ;  $C_{42}=35\%$ ;  $C_{43}=13\%$ ;  $C_{44}=11\%$ ;  $C_{45}=2\%$ ;  $C_{46}=2\%$ ;

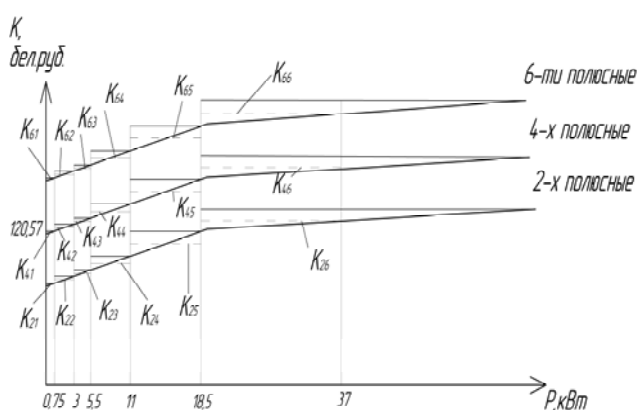
$C_{61}=1\%$ ;  $C_{62}=7\%$ ;  $C_{63}=5\%$ ;  $C_{64}=4,2\%$ ;  $C_{65}=1\%$ ;  $C_{66}=0,8\%$ .

Средневзвешенная стоимость электродвигателя в сельском хозяйстве на январь 2009 года определена по формуле:

$$K_{\text{ср.взв.эл.дв.}} = \frac{\sum K_{ni} \cdot C_{ni}}{100} \quad (11)$$

Для асинхронных электродвигателей серии АИР в сельском хозяйстве по (11)  $K_{\text{ср.взв.эл.дв.}}=518\ 738$  бел.руб. Аналогично определена средневзвешенная стоимость электродвигателя серии АИМ в сельском хозяйстве.  $K_{\text{ср.взв.эл.дв.}} = 1\ 067\ 992$  бел.руб.

Предполагаемые средневзвешенные стоимости устройств комплексной универсальной защиты асинхронных электродвигателей вычислены по формуле (6) и (7) и представлены в табл. 2.



**Рисунок 2. Ступенчатая аппроксимация зависимостей (8)...(10)**

**Таблица 2. Предполагаемые наибольшие стоимости устройств комплексной универсальной защиты асинхронных электродвигателей**

Для электродвигателей серии	Стоимость устройств защиты (бел.руб.) при различных технологических ущербах $y$ и различной аварийности электродвигателей $\gamma_c$ (1/год).			
	$y=0$		$y=0,5$	
	$\gamma_c=0,14$ (электрокалорифера)	$\gamma_c=0,40$ (насоса)	$\gamma_c=0,14$ (электрокалорифера)	$\gamma_c=0,41$ (насоса)
АИР	139 540	580 986	207 495	871 480
АИМ	287 290	1 196 151	427 197	1 794 226

#### Заключение

1. Средневзвешенная стоимость электродвигателя серии АИР в сельском хозяйстве на январь 2009 года составила 518 738 бел.руб., а перспективной серии АИМ – 1 067 992 бел.руб.

2. При нулевом технологическом ущербе средневзвешенная стоимость устройства защиты асинхронного электродвигателя серии АИР для сельского хозяйства должна составлять от 139 540 до 580 986 бел.руб., а при относительном технологическом ущербе  $y=0,5$  (не ответственные электроустановки) от 207 495 до 871 480 бел.руб., где меньшие цифры соответствуют низкой аварийности электродвигателя (электрокалорифера), а большие цифры – высокой аварийности электродвигателя (насоса).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Грундулис, А.О. Защита электродвигателей в сельском хозяйстве/ А.О. Грундулис. – 2-е изд. – Москва: Агропромиздат, 1988. – 111с.
- Пястало, А.А. Эксплуатация электрооборудования: учебник/ А.А. Пястало, Г.П. Ерошенко. – Москва: Агропромиздат, 1990. – 287с.

## ОБОСНОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО АППАРАТА ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ГИДРОЦИКЛОННОЙ ОЧИСТКИ МОЮЩИХ РАСТВОРОВ

Е. И. Мажугин, канд. техн. наук, доцент, А. Л. Казаков, ст. преподаватель (УО БГСХА)

### Аннотация

*В статье дано теоретическое обоснование геометрических параметров электромагнитного аппарата, применяемого для интенсификации гидроциклонной очистки моющих растворов, используемых в ремонтном производстве.*

### Введение

Известно, что магнитное поле приводит к нарушению агрегативной устойчивости загрязнений в жидких дисперсных системах [1, 2]. Существуют работы, в которых показана возможность применения магнитной обработки дисперсных систем совместно с их очисткой в циклоне [3, 4, 5], а также ряд работ по интенсификации работы гидроциклонов [6, 7, 8, 9, 10].

Магнитную обработку можно использовать для интенсификации гидроциклонной очистки моющих растворов, используемых в ремонтном производстве. Известно, что частицы загрязнений проходя через силовые линии магнитного поля, образованного магнитным аппаратом, поляризуются и притягиваются одна к другой, образуя агрегаты. Такое преобразование мелкодисперсных загрязнений в крупнодисперсные может существенно повысить эффективность очистки моющего раствора в гидроциклонах, для которых масса и размер загрязнений имеют решающее значение.

Проведенные нами лабораторные эксперименты [11, 12] подтвердили влияние магнитного поля на агрегативную устойчивость. Предложено [12] устанавливать электромагнитный аппарат на входе в гидроциклон, что позволит интенсифицировать гидроциклонную очистку моющих растворов.

Основываясь на необходимости простоты конструкции электромагнитного аппарата и обеспечении достаточной эффективности его работы, авторами предложена и запатентована конструкция электромагнитного аппарата соленоидного типа, в котором обрабатываемая жидкость меняет направление движения, при этом неоднократно пересекая силовые линии магнитного поля [13].

### Основная часть

Для обоснования геометрических параметров электромагнитного аппарата необходимо знать время, в течение которого загрязнения скоагулируют под воздействием создаваемого им магнитного поля. Для этого необходимо решить задачу по определению времени магнитной коагуляции частиц загрязнений, находящихся в магнитном поле электромагнитного аппарата.

Для того чтобы представить характер изменения магнитного поля в электромагнитном аппарате, необходимо отнести его конструкцию к одной из магнитных систем, для которой известно изменение градиента напряженности магнитного поля. Так как нами используется электромагнитный аппарат соленоидного типа, имеющий внутреннюю вставку [13], его магнитную систему можно упрощенно представить в виде кольцевого зазора (рис. 1).

Кольцевой зазор создает поле с напряженностью  $H_x$ , изменяющейся по закону [5]:

$$H_x = \frac{\bar{H}_0 r_0}{r_0 + X}, \quad (1)$$

где  $\bar{H}_0$  – напряженность на поверхности внутреннего цилиндрического полюса;

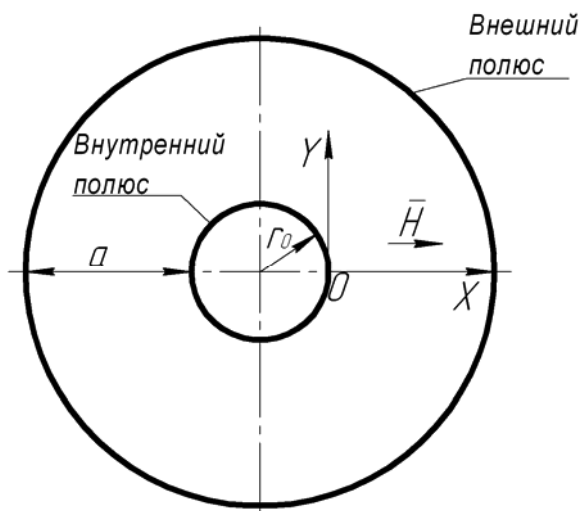


Рисунок 1. Магнитная система в виде кольцевого зазора



$r_0$  – радиус внутреннего цилиндрического полюса;  
 $X$  – текущая координата точки, в которой измеряется напряженность.

Поведение частиц загрязнений в магнитном поле можно описать системой дифференциальных уравнений, решение которой может быть облегчено введением ряда допущений:

1) каждая частица является однородной, изотропной и сферической;

2) скорость движения частиц в моющем растворе ограничивается областью закона Стокса;

3) моющий раствор движется с постоянной скоростью  $v_y$  вдоль магнитной системы в виде кольцевого зазора (рис. 2);

4) все виды коагуляции, кроме магнитной, вследствие незначительности не учитываются.

Под действием магнитного поля скорость  $\bar{v}$  движения частиц, кроме составляющей  $v_y$ , приобретает составляющую  $v_x$ , в результате чего происходит осаждение частиц на внешний полюс и они считаются скоагулированными.

Систему дифференциальных уравнений, описывающих поведение частицы в магнитном поле (рис. 2), можно записать в виде:

$$\left. \begin{aligned} m \frac{dv_x}{dt} &= \bar{F}_c + \bar{F}_m \pm \bar{F}_k \\ \frac{dX}{dt} &= v_x \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

где  $m$  – масса частицы;

$\frac{d\bar{v}}{dt}$  – ускорение частицы под действием маг-

нитного поля;

$\bar{F}_c$  – сила вязкого трения;

$\bar{F}_m$  – сила магнитного поля;

$\bar{F}_k$  – сила взаимодействия частиц в магнитном

поле;

$dX$  – элемент пути частицы.

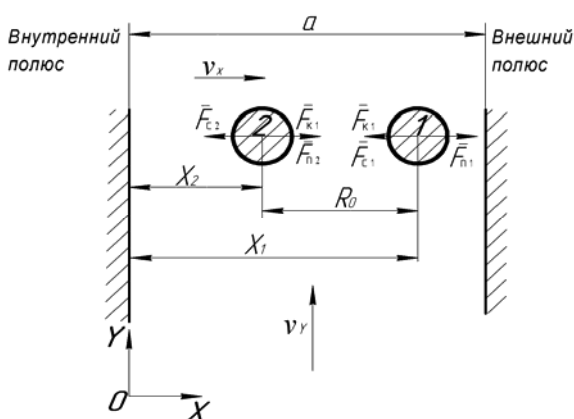


Рисунок 2. Схема сил, действующих на частицы в электромагнитном аппарате

Зная скорость потока  $v_y$  вдоль магнитной системы, параметры среды и частиц загрязнений, можно определить время коагуляции  $t_k = f(d_q)$ , по истечении которого частицы размером  $d_q$  достигнут внешнего полюса электромагнитного аппарата. На основании  $t_k$  для известных условий можно определить необходимую длину зоны электромагнитной обработки моющего раствора, т.е. геометрические параметры электромагнитного аппарата.

Для определения  $t_k = f(d_q)$  составим упрощенную систему уравнений, описывающих движение частицы 1 (рис. 2).

Сила магнитного поля  $\bar{F}_m$  является равнодействующей двух сил: силы, обусловленной зарядом частицы  $\bar{F}_q = q \cdot \bar{H}$ , где  $q$  – заряд частицы; пондеромоторной силы  $\bar{F}_n$ . Первой составляющей можно пренебречь ввиду ее малой величины. Тогда для частицы 1 система уравнений (2) примет вид:

$$\left. \begin{aligned} m \frac{dv_{x1}}{dt} &= \bar{F}_c + \bar{F}_{n1} \\ \frac{dX_1}{dt} &= v_{x1} \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

где  $\bar{F}_{n1}$  – пондеромоторная сила.

Предположение о том, что осаждение частиц под действием магнитного поля происходит именно на внешний полюс, обосновывается тем, что значение пондеромоторной силы  $\bar{F}_n$  в первом уравнении системы (3) значительно больше силы вязкого трения  $\bar{F}_c$ . Для частиц, обладающих слабомагнитными свойствами, значение пондеромоторной силы определяется по формуле [7]:

$$\bar{F}_n = \frac{4}{3} \pi r_q^3 \mu_0 \chi H \text{grad} H, \quad (4)$$

где  $r_q$  – радиус частицы загрязнения;

$\mu_0$  – магнитная постоянная,  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м;

$\chi$  – магнитная восприимчивость частицы.

Градиент изменения напряженности магнитного поля, создаваемого магнитной системой в виде кольцевого зазора [4], определяется по формуле:

$$H \text{grad} H = \frac{\bar{H}_0^2 \cdot r_0^2}{(r_0 + X)^3}. \quad (5)$$

С учетом формулы (5), формула (4) получает вид:

$$\bar{F}_n = \frac{4}{3} \pi r_q^3 \mu_0 \chi \frac{\bar{H}_0^2 \cdot r_0^2}{(r_0 + X)^3}. \quad (6)$$

Сила вязкого трения определяется по формуле:

$$F_c = 6\pi \eta r_q v, \quad (7)$$

где  $\eta$  – динамическая вязкость моющего раствора.

Подставив значения составляющих в уравнения (6) и (7), например, для частицы диаметром  $d_q=5$  мкм,

получаем  $\bar{F}_n = 0,4554 \cdot 10^{-5}$  ГнА/м,  $\bar{F}_c = 0,0048 \cdot 10^{-5}$  Н, то есть  $\bar{F}_n \gg \bar{F}_c$ .

Для упрощения решения системы уравнений (3) значением вязкого трения  $\bar{F}_c$  можно пренебречь. Подставив значения членов и разделив первое уравнение системы (3) на  $m$ , получим:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dv_{x1}}{dt} &= \frac{\bar{F}_{n1}}{m} \\ \frac{dX_1}{dt} &= v_{x1} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Подставив уравнение (6) в первое уравнение системы (8), с учетом начальных условий, при  $t_k=0$ ;  $X_1(0)=0$ ;  $v_{x1}(0)=0$ , получаем:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dv_{x1}}{dt} &= \frac{4\pi r_0^3 \mu_0 \chi_1 \bar{H}_0^2 r_0^2}{3m(r_0 + X_1)^3} \\ \frac{dX_1}{dt} &= v_{x1} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Решим систему уравнений (9) относительно времени  $t_k = f(d_c)$ . Для упрощения выражений примем  $t_k=t$ ,  $X_1=X$ ,  $v_{x1}=v$ .

За начальное расстояние частицы от внутреннего цилиндрического полюса (рис. 2) принимаем значения  $X=0=r_0$ . В данном случае путь частицы от внутреннего полюса до внешнего полюса будет максимальным и равным  $a$ .

Преобразуем уравнение (6) к виду:

$$\bar{F}_n = \frac{A}{(r_0 + X)^3}, \quad (10)$$

где  $A = \frac{4}{3m} \pi r_0^3 \mu_0 \chi_1 \bar{H}_0^2 r_0^2$  – введенная переменная.

Уравнение движения частицы запишется в виде:

$$\frac{d^2 X}{dt^2} = \frac{A}{(r_0 + X)^3}. \quad (11)$$

Это дифференциальное уравнение второго порядка не содержит явно  $t$ , в связи с чем можно понизить его порядок, введя новую искомую функцию

$v = \frac{dX}{dt}$ , которую будем рассматривать в зависимости от  $X$ . Тогда

$$\frac{d^2 X}{dt^2} = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dX} \cdot \frac{dX}{dt} = v \frac{dv}{dX}. \quad (12)$$

Приравняв правые части уравнений (11) и (12), получим:

$$v \frac{dv}{dX} = \frac{A}{(r_0 + X)^3}. \quad (13)$$

Разделим переменные, умножив на  $dX$ :

$$v dv = \frac{A dX}{(r_0 + X)^3}. \quad (14)$$

Проинтегрируем обе части уравнения (14) [14]:

$$\int v dv = \frac{v^2}{2}; \quad (15)$$

$$\int \frac{A dX}{(r_0 + X)^3} = A \int (r_0 + X)^{-3} dX = -\frac{A}{2(r_0 + X)^2} + C. \quad (16)$$

Приравняв правые части уравнений (15) и (16) находим:

$$v^2 = -\frac{A}{(r_0 + X)^2} + C. \quad (17)$$

При  $t=0$ ;  $X=0$ ;  $v=0$  из уравнения (17) находим  $C$ :

$$C = \frac{A}{r_0^2}. \quad (18)$$

Тогда

$$v^2 = \frac{A}{r_0^2} - \frac{A}{(r_0 + X)^2} = \frac{A[(r_0 + X)^2 - r_0^2]}{r_0^2 (r_0 + X)^2}. \quad (19)$$

$$v = \frac{dX}{dt} = \frac{\sqrt{A[(r_0 + X)^2 - r_0^2]}}{r_0 (r_0 + X)}. \quad (20)$$

Уравнение (20) – дифференциальное первого порядка. Разделим переменные:

$$\frac{r_0 (r_0 + X)}{\sqrt{A} \cdot \sqrt{(r_0 + X)^2 - r_0^2}} dX = dt. \quad (21)$$

После интегрирования правая часть уравнения (21) дает  $t+C$ . В левой части интеграла обозначим  $(r_0 + X)^2 - r_0^2 = z$ .

Тогда  $2(r_0 + X) dX = dz$ .

Получаем:

$$\begin{aligned} \frac{r_0}{\sqrt{A}} \int \frac{r_0 + X}{\sqrt{(r_0 + X)^2 - r_0^2}} dX &= \frac{r_0}{2\sqrt{A}} \int \frac{dz}{\sqrt{z}} = \\ &= \frac{r_0}{\sqrt{A}} \sqrt{z} = \frac{r_0}{\sqrt{A}} \sqrt{(r_0 + X)^2 - r_0^2}. \end{aligned} \quad (22)$$

Тогда

$$\frac{r_0}{\sqrt{A}} \sqrt{(r_0 + X)^2 - r_0^2} = t + C. \quad (23)$$

При  $t=0$ ;  $X=0$  из уравнения (23) получим  $C=0$ . Тогда получаем уравнение для определения  $t_k$ :

$$t_k = \frac{r_0}{\sqrt{A}} \sqrt{(r_0 + X)^2 - r_0^2}. \quad (24)$$

Время полного перемещения от внутреннего полюса к внешнему получим при  $X_1 = a$  (в данном случае  $d_c$  по сравнению с  $a$  пренебрежимо мало).

Если в уравнение (24) вместо  $A$  (пояснения к формуле (10)) подставить его значение, то получим:

$$t_k = \frac{r_0 \sqrt{3m} \sqrt{(r_0 + a)^2 - r_0^2}}{2 \sqrt{\pi \mu_0 \chi} \bar{H}_0 r_0 \sqrt{r_0^3}} \quad (25)$$

Приведенную теоретическую зависимость можно использовать для обоснования параметров конструкции электромагнитного аппарата соленоидного типа [13]. Приняв значение напряженности магнитного поля  $H=10$  кА/м [3, 7], магнитной восприимчивости частиц  $\chi = 3 \cdot 10^{-6}$  [15], а также задавшись рекомендуемыми конструктивными параметрами электромагнитного аппарата  $r_0$  и  $a$ , можно определить время коагуляции для частиц различного диаметра.

Исходя из конструктивной схемы аппарата и скорости движения моющего раствора, находим площадь прохода раствора  $A_p$  в электромагнитном аппарате. Производительность гидроциклона составляет  $Q_f=7$  м<sup>3</sup>/ч, скорость движения моющего раствора во впускном патрубке  $v_{вп} = 1,2$  м/с, тогда

$$A_p = Q_f / v_{вп} \quad (26)$$

По формуле (26) имеем:

$$A_p = 7 \cdot 10^6 / 3600 \cdot 120 = 16,2 \text{ см}^2.$$

По существующим данным об оптимальных зазорах в электромагнитных аппаратах различных конструкций [5] принимаем  $\Delta_2=a$  (рис. 3) равным 5 мм.

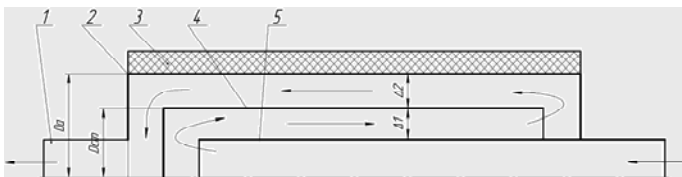


Рисунок 3. Конструктивная схема электромагнитного аппарата: 1 – отводящий патрубок; 2 – корпус; 3 – обмотка, 4 – стакан; 5 – подводный патрубок

Корпус электромагнитного аппарата изготовлен из пластмассовой трубы с внешним диаметром  $D_a = 64$  мм, внутренний диаметр  $d_a = 56$  мм.

Внешний диаметр стакана  $D_{ст}=2r_0$  находится как

$$D_{ст}=D_a-2\Delta_2, \quad (27)$$

$$D_{ст}=56-2 \cdot 5=46 \text{ мм}.$$

Толщина стенки стакана равна 4 мм, находим зазор  $\Delta_1$  между внутренней стенкой стакана и входным патрубком, внешний диаметр  $d_{вх}$  которого равен  $26$  мм –  $\Delta_1 = 6$  мм.

Площади прохода моющего раствора в аппарате в сумме дают площадь  $A_p$ , рассчитанную выше,  $A_p = 16,2$  см<sup>2</sup>.

Подставив исходные данные в формулу (25) для частиц диаметром  $d_ч=1-50$  мкм, получаем зависимость  $t_k = f(d_ч)$  (рис. 4, 5).

Из зависимостей 4 и 5 видно, что чем больше напряженность магнитного поля  $H$ , тем меньше время коагуляции  $t_k$ . В зависимости от диаметра частиц  $d_ч$  величина  $t_k$  имеет строго убывающий характер. При  $d_ч \rightarrow 0$ ,  $t_k \rightarrow \infty$ , а при  $d_ч \rightarrow \infty$ ,  $t_k \rightarrow 0$ .

Длину активной зоны электромагнитного аппарата  $L$  принимаем исходя из рассчитанного времени коагуляции  $t_k$  и скорости движения моющего раствора через электромагнитный аппарат. Так, для того чтобы скоагулировали частицы диаметром  $d_ч \leq 2$  мкм при скорости движения раствора  $v_{вп} = 1,2$  м/с необходимая длина электромагнитного аппарата должна составлять  $L=0,552$  м.

### Выводы

1. Решение задачи по магнитной коагуляции загрязнений в электромагнитном аппарате позволило получить теоретическую зависимость для времени коагуляции.

2. Определены геометрические параметры электромагнитного аппарата: на основании рекомендаций приняты оптимальные величины зазоров в электромагнитном аппарате и на основании построенных графических зависимостей времени магнитной коагуляции от диаметра частиц обоснована необходимая длина зоны магнитной обработки моющего раствора.

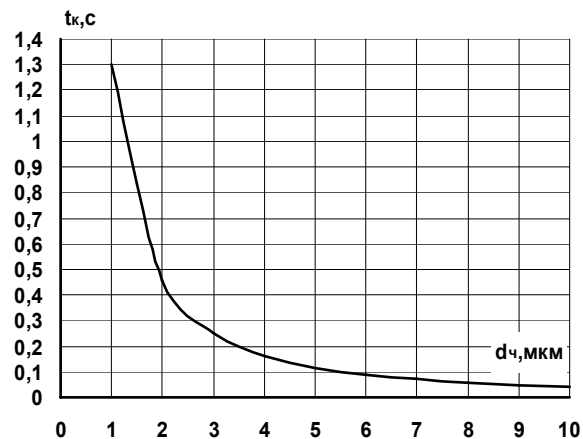


Рисунок 4. Зависимость времени коагуляции  $t_k$  при диаметре частиц загрязнений  $d_ч = 1-10$  мкм

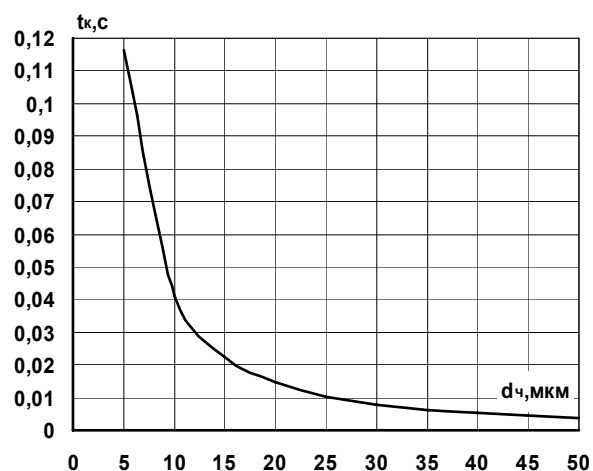


Рисунок 5. Зависимость времени коагуляции  $t_k$  при диаметре частиц загрязнений  $d_ч = 5-50$  мкм

## ЛИТЕРАТУРА

1. Классен, В.И. Омагничивание водных систем / В.И. Классен. – М.: Химия, 1982. – 296 с.
2. Классен, В.И. О влиянии магнитной обработки воды на агрегативную устойчивость суспензии / В.И. Классен, Ю.З. Зиновьев // Коллоидный журнал. – 1967. – Т.29. – № 5. – С. 758 – 759.
3. Стукалов, П.С. Магнитная обработка воды / П.С. Стукалов, Е.В. Васильев, Н.А. Глебов. – Л.: Судостроение, 1969. – 190 с.
4. Измоденов, Ю.А. Магнитный метод газовой очистки / Ю.А. Измоденов, А.Ф. Скворцов. – Симферополь: Таврия, 1972. – 112 с.
5. Миненко, В.И. Магнитная обработка водно-дисперсных систем / В.И. Миненко. – Киев: Техника, 1970. – 165 с.
6. Мартьянов, Ю.А. Применение гидроциклона с наложенным магнитным полем при классификации магнетитовой руды и обесшламливания магнетитовых концентратов / Ю.А. Мартьянов, П.В. Мирошников, В.Ф. Ульянов // Очистка сточных и оборотных вод предприятий цветной металлургии. – Алма-Ата: Казмеханообр, 1969. – С. 166-174.
7. Новиков, Л.С. Обогащение в гидроциклонах / Л.С. Новиков, В.В. Троицкий. – М.: Недра, 1970. – 80 с.
8. Усачев, П.А. Испытание электромагнитного гидроциклона с концентратором магнитного потока / П.А. Усачев, П.И. Зеленов // Физико-химические основы обогащения полезных ископаемых. – Л.: Наука, 1972. – С. 96 – 101.
9. Шкрыкин, В.В. Способ повышения КПД малых котельных / В.В. Шкрыкин // Группа компаний СТКС [Электронный ресурс]. – 2002. – Режим доступа: [http://www.stks.ru/1217\\_p1\\_n20718](http://www.stks.ru/1217_p1_n20718). – Дата доступа: 28.07.2006.
10. Гидромагнитная противонакипная установка ГЦБ-1 // Продукция компании Kwatro [Электронный ресурс]. – 2004. – Режим доступа: <http://www.kwatro.ru/index.php.produktID=21806>. – Дата доступа: 23.10.2006.
11. Казаков, А.Л. Обоснование необходимости интенсификации гидроциклонной очистки моющих растворов / А.Л. Казаков // «НИРС-2003»: тезисы докл. VIII респ. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов, Минск, 9–10 дек. 2003 г.: в 7 ч. / Белорус. нац. техн. ун-т; редкол.: Б.М. Хрусталева [и др.]. – Минск, 2003. – Ч. 3. – С. 125.
12. Мажугин, Е.И. Исследование влияния магнитной обработки на седиментацию загрязнений в воде и моющем растворе Лабомид-203 / Е.И. Мажугин, А.Л. Казаков // Агропанорама. – 2006. – № 6 – С. 35–39.
13. Электромагнитный аппарат: патент 1951 Респ. Беларусь, МПК В 04С 9/00 / Е.И. Мажугин, А.Л. Казаков. – № и 20040451; заявл. 01.10.2004; опубл. 30.06.2005 // Официальный бюллетень патентов на изобретения, полезные модели и промышленные знаки. – 2005. – № 2. – С. 275.
14. Матвеев, Н.М. Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений: учеб. пособие для вузов / Н.М. Матвеев. – 4-е изд. – Минск: «Вышэйшая школа», 1974. – 766 с.
15. Товстоухатко, В.М. Магнитные пылеуловители / В.М. Товстоухатко. – Киев-Донецк: Вища школа, 1985. – 112 с.

УДК 004/656.1

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 26.11.2008

## ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПОСТАВОК СЖИЖЕННОГО ГАЗА СЕЛЬСКИМ ПОТРЕБИТЕЛЯМ

Б.М. Астрахан, канд. техн. наук, доцент, П.В. Клавсуть, ст. препод., А.А. Вабищевич, студентка, М.Э. Ельцов, студент (УО БГАТУ); В.В. Бондарь, директор (РУ «Столбцырайгаз»)

### Аннотация

*Рассмотрена методика оптимизации маршрутов поставок баллонов со сжиженным газом посредством применения информационных технологий на базе пакета программ математического моделирования MATLAB. За критерий оптимизации принят суммарный пробег автотранспорта, представленного спецавтомобилями одного типа. Применение указанной методики по сравнению с традиционными методами планирования позволило снизить суммарный пробег на 15,1%.*

### Введение

Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь предусматривает мероприятия по энергосбережению ресурсов во всех сферах народного хозяйства. Эта концепция утверждена Указом Пре-

зидента Республики Беларусь №575 от 15. 11. 2007 г. [1, 2]. Для проведения указанных мероприятий целесообразно применение современных информационных технологий, в частности, на базе пакета программ математического моделирования MATLAB [3].

Изложим методику применения *MATLAB* для оптимизации маршрутов поставок сжиженного газа сельским потребителям. В качестве примера рассмотрим процесс поставок баллонов газа районным управлением (РУ) «Столбцырайгаз» потребителям Столбцовского района.

### Основная часть

За критерий оптимизации процесса поставок целесообразно принять минимизацию суммарного пробега автотранспорта, представленного спецавтомобилями одного типа. При этом следует учитывать, что грузопместимость автомобиля должна быть не меньше суммарного заказа на маршруте.

Рассматриваемая задача может быть решена в программе *MATLAB*, в которую включен пакет *MATLOG* [4]. Для этого целесообразно использовать процедуру пакета *vrpsavings (VRP – vehicle routing problems)*, которая реализует алгоритм «функций выгод» Кларка-Райта [5].

Если на одном автомобиле невозможно доставить грузы во все пункты назначения (общее количество пунктов, включая базу поставки, которую рассматриваем как исходный пункт 1, обозначим через  $n_0$ ), то на первом этапе процедуру *vrpsavings* целесообразно применить в виде:

$$[rte, TC, L, XFlg] = vrpsavings(C, q, Q), \quad (1)$$

где  $C$  – матрица размерности  $n_0 \times n_0$  расстояний между всеми пунктами (диагональные элементы равны 0);

$q = [q(1), q(2), \dots, q(n_0)]$  – вектор размерности  $1 \times n_0$  объемов заказов в пунктах 2, ...,  $n_0$  (значение  $q(1)$  соответствует исходному пункту и равно 0);

$Q$  – грузопместимость автомобиля;

$rte$  (*route*) – вектор размерностей каждого из кольцевых маршрутов с началом и концом в исходном пункте. Следовательно, если размерность равна  $[1 \times n]$ , то в маршрут (группу) входят  $n - 2$  пункта назначения. Кроме того, компоненты вектора описывают, какие именно пункты входят в соответствующий маршрут и последовательность объезда этих пунктов;

$TC$  (*total costs*) – вектор длин соответствующих маршрутов;

$L$  (*loads*) – вектор загрузки автомобилей, направляемых на соответствующие маршруты;

$XFlg$  (*feasible, infeasible*) – показатель существования решения (= 1, если решение существует; = -1, если решение не существует).

На втором этапе для каждой группы пунктов следует уточнить оптимальный маршрут передвижения. Это можно сделать с помощью той же процедуры *vrpsavings*, но уже в модификации:

$$[rte, TC] = vrpsavings(C), \quad (2)$$

где  $C$  – матрица расстояний для рассматриваемой группы пунктов;

$rte$  – последовательность пунктов в уточненном оптимальном маршруте;

$TC$  – длина уточненного маршрута для рассматриваемой группы пунктов.

Кроме того, целесообразно применить процедуру (2) для каждого пункта маршрута, как исходного, т.к. речь идет о кольцевом контуре, а затем выбрать маршрут с наименьшей длиной.

Рассмотрим методику применения *MATLAB* для конкретного случая планирования маршрутов по доставке заявленных потребителями 100 баллонов из исходного пункта с кодом П1 в 31 пункт назначения с кодами П2 ... П32 в течение рабочего дня двумя спецавтомобилями ГАЗ-3307 с грузопместимостью до 66 баллонов.

При планировании традиционными методами данная совокупность пунктов была разбита диспетчером РУ на два маршрута (две группы).

Первый маршрут:

П1 → П31 → П32 → П2 → П3 → П4 → П5 → П7 → П6 → П8 → П9 → П11 → П10 → П29 → П30 → П1. Длина маршрута составила 168,2 км. Объем доставки – 48 баллонов.

Второй маршрут:

П1 → П18 → П13 → П12 → П15 → П16 → П14 → П17 → П24 → П28 → П19 → П20 → П21 → П23 → П22 → П27 → П25 → П26 → П1. Длина маршрута составила 232,4 км. Объем доставки – 52 баллона.

Таким образом, суммарный пробег составил 400,6 км.

Теперь используем указанные информационные технологии. В *MATLAB* создадим матрицу  $AA$ , в которую внесём расстояния между указанными пунктами, включая исходный (рис. 1, 2). Затем создадим величину  $Q = 66$ , соответствующую грузопместимости автомобиля и матрицу-строку  $q$ , в которую внесём объёмы поставок (рис. 3).

Далее с помощью процедуры (1) выполняем разделение пунктов на группы (рис. 4). В первую группу входят 11 пунктов доставки. Предварительная длина маршрута составляет 176,9 км. Объём доставки – 42 баллона. Во вторую группу входят 20 пунктов доставки. Объём доставки – 58 баллонов. Предварительная длина маршрута – 194,1 км.

Вывод значений компонент вектора  $rte$  (рис. 5) показывает последовательность объезда пунктов на маршрутах.

По этим значениям выделяем пункты, входящие в первый маршрут, и составляем для них новую матрицу расстояний  $AA1$  (рис. 6), и пункты, входящие во второй маршрут, и составляем для них новую матрицу расстояний  $AA2$  (рис. 7). Для матриц  $AA1$  и  $AA2$  выполняем решение посредством процедуры (2). При этом, как рекомендовалось выше, процедура (2) применялась для каждого пункта маршрута, как исходного, а затем выбирался маршрут с наименьшей длиной.

Для первой группы длина маршрута не изменилась и по-прежнему составила 176,9 км (рис. 8). Для второй группы посредством кольцевых перестановок в матрице  $AA2$  (матрица  $AA2p$ ) удалось уменьшить длину второго маршрута до значения 163,2 км (рис. 9).

**Array Editor - AA**

File Edit View Graphics Debug Desktop Window Help

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0	19	22	20	34	29	36	32	29	37	35	21	22.5	29	24	26
2	19	0	3	5	18.5	14	19	16	12.5	18	5	19	20	23.5	19	21
3	22	3	0	2	20	14.5	20	17.5	13.8	21.5	19	25	27	29.5	25	26.5
4	20	5	2	0	20	15	20.5	17.5	16.5	19	19	21.5	20.5	23.5	22	26
5	34	18.5	20	20	0	6	6	6	10	15	17.5	30	35	39	29	29
6	29	14	14.5	15	6	0	6.5	2	4	9.5	3	24.5	23.5	25	23	22
7	36	19	20	20.5	6	6.5	0	7	10	16	9.5	31	34	31	29	30
8	32	16	17.5	17.5	6	2	7	0	6	11	1	27	25	26	25	22
9	29	12.5	13.8	16.5	10	4	10	6	0	5	6	19	19	20	18	18
10	37	18	21.5	19	15	9.5	16	11	5	0	10.5	18	19	18	17	16.5
11	35	5	19	19	17.5	3	9.5	1	6	10.5	0	25.5	25	26	22	22
12	21	19	25	21.5	30	24.5	31	27	19	18	25.5	0	3	7	3	4.5
13	22.5	20	27	20.5	35	23.5	34	25	19	19	25	3	0	7	28	5
14	29	23.5	29.5	23.5	39	25	31	26	20	18	26	7	7	0	6	3
15	24	19	25	22	29	23	29	25	18	17	22	3	28	6	0	3
16	26	21	26.5	26	29	22	30	22	18	16.5	22	4.5	5	3	3	0
17	46.5	24	28	26.5	22	16	22	16	12	10	10.5	15	15	16.5	14	13
18	10	11	17	14	18	22	27.5	26	21	26	24	14	13.5	18	15	16
19	29	27.5	25	24	26.5	32	32	33.5	38	45	45	41	40	45	42	43
20	34	30	30	29	32.5	38	38	39.5	44	51	51	47	46.5	50.5	47.5	48
21	35	38	38	32	33.5	39	39	40.5	45	52	52	48	47	52	49	50
22	38	41	41	35	35.5	41	41	42.5	47	54	54	51	50	55	52	53
23	44	47	47	51	40.5	46	46	47.5	52	59	59	57	56	61	58	59
24	8	24	29	27.3	40	40	41	41	37	41	42	26	25	30	27	28
25	40	62.5	62.5	54	59	64.7	65.2	68.5	74	76	67.8	58	57	62	59	60
26	30	49.5	49.5	42	41	42.5	49.5	50	50	53	57.5	49.3	42.5	47.5	44	46.7
27	17.2	37	31	28.5	25.8	32	33	36	39	42.5	40	31	24	29	25.5	28
28	11.5	18	12	9.5	19	25	26	29	31	34	30	35	38	43	39.5	42
29	27.5	25	29	27	33	23.2	32.5	25.2	28.5	20	24.3	9.5	10	10	8.2	8
30	32.5	39	44.5	43.2	53.7	48	55	48.2	42	40.5	47.2	29.2	30	33	31.2	30
31	4.5	22	25	26.7	38	38.5	38.5	42.5	33	37.5	41.5	23	22	28	23.5	25.5
32	9.5	21	24	25.7	37	37.5	37.5	41.5	32	36.5	40.5	24.5	23.5	29.5	25	27

Рисунок 1. Матрица расстояний между пунктами, км (столбцы 1-16)

	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
1	46.5	10	29	34	35	38	44	8	40	30	17.2	11.5	27.5	32.5	4.5	9.5
2	24	11	27.5	30	38	41	47	24	62.5	49.5	37	18	25	39	22	21
3	28	17	25	30	38	41	47	29	62.5	49.5	31	12	29	44.5	25	24
4	26.5	14	24	29	32	35	51	27.3	54	42	28.5	9.5	27	43.2	26.7	25.7
5	22	18	26.5	32.5	33.5	35.5	40.5	40	59	41	25.8	19	33	53.7	38	37
6	16	22	32	38	39	41	46	40	64.7	42.5	32	25	23.2	48	38.5	37.5
7	22	27.5	32	38	39	41	46	41	65.2	49.5	33	26	32.5	55	38.5	37.5
8	16	0	33.5	39.5	40.5	42.5	47.5	41	68.5	50	36	29	25.2	48.2	42.5	41.5
9	12	21	38	44	45	47	52	37	74	50	39	31	28.5	42	33	32
10	10	26	45	51	52	54	59	41	76	53	42.5	34	20	40.5	37.5	36.5
11	10.5	24	45	51	52	54	59	42	67.8	57.5	40	30	24.3	47.2	41.5	40.5
12	15	14	41	47	48	51	57	26	58	49.3	31	35	9.5	29.2	23	24.5
13	15	13.5	40	46.5	47	50	56	25	57	42.5	24	38	10	30	22	23.5
14	16.5	18	45	50.5	52	55	61	30	62	47.5	29	43	10	33	28	29.5
15	14	15	42	47.5	49	52	58	27	59	44	25.5	39.5	8.2	31.2	23.5	25
16	13	16	43	48	50	53	59	28	60	46.7	28	42	8	30	25.5	27
17	0	26	54	59	59	62	68	36	69	55.2	43	46.5	16	37	35	37.5
18	26	0	31	36	36	39	45	12	39	31.2	18.2	21	20.7	34	10	9
19	54	31	0	10	9	11	17.5	25	50	35	25	13.2	54	61	33.2	37
20	59	36	10	0	6	9	15	29.5	54.6	33.5	29.5	18	59	66.2	38	42
21	59	36	9	6	0	9	15	29.5	55.7	39	30.2	18	59	66.2	38	42
22	62	39	11	9	9	0	9	33	59	42	33.5	22	63	69.5	41	45
23	68	45	17.5	15	15	9	0	40	65	47.5	39	27.2	66	75.5	46.7	50.7
24	36	12	25	29.5	29.5	33	40	0	29.5	19.5	10	12.5	34	38.5	11.5	10.5
25	69	39	50	54.6	55.7	59	65	29.5	0	12	33.2	36	65.8	67	39.5	45
26	55.2	31.2	35	33.5	39	42	47.5	19.5	12	0	24	27	56	57.2	30	33.7
27	43	18.2	25	29.5	30.2	33.5	39	10	33.2	24	0	10.3	40	47.5	20	25
28	46.5	21	13.2	18	18	22	27.2	12.5	36	27	10.3	0	42.5	49	21.5	26
29	16	20.7	54	59	59	63	66	34	65.8	56	40	42.5	0	20	27	18.5
30	37	34	61	66.2	66.2	69.5	75.5	38.5	67	57.2	47.5	49	20	0	32	25
31	35	10	33.2	38	38	41	46.7	11.5	39.5	30	20	21.5	27	32	0	8.2
32	37.5	9	37	42	42	45	50.7	10.5	45	33.7	25	26	18.5	25	8.2	0

Рисунок 2. Матрица расстояний между пунктами, км (столбцы 17-32)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	0	1	2	6	1	5	1	3	4	2	1	3	1	2	1	2	1	11	1	5

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
1	2	1	2	1	11	1	5	4	2	6	1	1	2	1	8	17	3	1	1

Рисунок 3. Объёмы доставки баллонов в населенные пункты, шт.

```

MATLAB
File Edit View Web Window Help
Current Directory: C:\MATLAB6p5\work
>> [rte,TC,L,XFlg] = vrpsavings(AA,q,Q)

rte =

    [1x13 double]    [1x22 double]

TC =

    176.9
    194.2

L =

    42    58

XFlg =

    1

>>
    
```

Рисунок 4. Расчет маршрутов: разделение на группы, длина маршрутов, объёмы доставки

```

MATLAB
File Edit View Web Window Help
Current Directory: C:\MATLAB6p5\work
>> rte{1}

ans =

    1    28    19    23    22    21    20    26    25    27    24    18    1

>> rte{2}

ans =

Columns 1 through 18

    1    31    32    30    29    16    14    15    12    13    4    3    2    6    7

Columns 19 through 22

    17    10    9    1

>>
    
```

Рисунок 5. Расчет маршрутов: последовательность объезда пунктов на маршрутах

Array Editor: AA1

File Edit View Web Window Help

Numeric format: shortG Size: 12 by 12

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	10	29	34	35	38	44	8	40	30	17.2	11.5
2	10	0	31	36	36	39	45	12	39	31.2	18.2	21
3	29	31	0	10	9	11	17.5	25	50	35	25	13.2
4	34	36	10	0	6	9	15	29.5	54.6	33.5	29.5	18
5	35	36	9	6	0	9	15	29.5	55.7	39	30.2	18
6	38	39	11	9	9	0	9	33	59	42	33.5	22
7	44	45	17.5	15	15	9	0	40	65	47.5	39	27.2
8	8	12	25	29.5	29.5	33	40	0	29.5	19.5	10	12.5
9	40	39	50	54.6	55.7	59	65	29.5	0	12	33.2	36
10	30	31.2	35	33.5	39	42	47.5	19.5	12	0	24	27
11	17.2	18.2	25	29.5	30.2	33.5	39	10	33.2	24	0	10.3
12	11.5	21	13.2	18	18	22	27.2	12.5	36	27	10.3	0

Рисунок 6. Матрица расстояний для первого маршрута

Array Editor - AA2

File Edit View Graphics Debug Desktop Window Help

Stack: Base

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	0	19	22	20	34	29	36	32	29	37	35	21	22.5	29	24	26	46.5	27.5	32.5	4.5	9.5
2	19	0	3	5	18.5	14	19	16	12.5	18	5	19	20	23.5	19	21	24	25	39	22	21
3	22	3	0	2	20	14.5	20	17.5	13.8	21.5	19	25	27	29.5	25	26.5	28	29	44.5	25	24
4	20	5	2	0	20	15	20.5	17.5	16.5	19	19	21.5	20.5	23.5	22	26	26.5	27	43.2	26.7	25.7
5	34	18.5	20	20	0	6	6	6	10	15	17.5	30	35	39	29	29	22	33	53.7	38	37
6	29	14	14.5	15	6	0	6.5	2	4	9.5	3	24.5	23.5	25	23	22	16	23.2	48	38.5	37.5
7	36	19	20	20.5	6	6.5	0	7	10	16	9.5	31	34	31	29	30	22	32.5	55	38.5	37.5
8	32	16	17.5	17.5	6	2	7	0	6	11	1	27	25	26	25	22	16	25.2	48.2	42.5	41.5
9	29	12.5	13.8	16.5	10	4	10	6	0	5	6	19	19	20	18	18	12	28.5	42	33	32
10	37	18	21.5	19	15	9.5	16	11	5	0	10.5	18	19	18	17	16.5	10	20	40.5	37.5	36.5
11	35	5	19	19	17.5	3	9.5	1	6	10.5	0	25.5	25	26	22	22	10.5	24.3	47.2	41.5	40.5
12	21	19	25	21.5	30	24.5	31	27	19	18	25.5	0	3	7	3	4.5	15	9.5	29.2	23	24.5
13	22.5	20	27	20.5	35	23.5	34	25	19	19	25	3	0	7	28	5	15	10	30	22	23.5
14	29	23.5	29.5	23.5	39	25	31	26	20	18	26	7	7	0	6	3	16.5	10	33	28	29.5
15	24	19	25	22	29	23	29	25	18	17	22	3	28	6	0	3	14	8.2	31.2	23.5	25
16	26	21	26.5	26	29	22	30	22	18	16.5	22	4.5	5	3	3	0	13	8	30	25.5	27
17	46.5	24	28	26.5	22	16	22	16	12	10	10.5	15	15	16.5	14	13	0	16	37	35	37.5
18	27.5	25	29	27	33	23.2	32.5	25.2	28.5	20	24.3	9.5	10	10	8.2	8	16	0	20	27	18.5
19	32.5	39	44.5	43.2	53.7	48	55	48.2	42	40.5	47.2	29.2	30	33	31.2	30	37	20	0	32	25
20	4.5	22	25	26.7	38	38.5	38.5	42.5	33	37.5	41.5	23	22	28	23.5	25.5	35	27	32	0	8.2
21	9.5	21	24	25.7	37	37.5	37.5	41.5	32	36.5	40.5	24.5	23.5	29.5	25	27	37.5	18.5	25	8.2	0

Рисунок 7. Матрица расстояний для второго маршрута

MATLAB

File Edit View Web Window Help

Current Directory: C:\MATLAB\p5\work

```
>> [rte,TC] = vrpsavings(AA1)

rte =

     1     12     3     7     6     5     4     10     9     11     8     2     1

TC =

    176.9

>>
```

Рисунок 8. Расчёт уточненного первого маршрута



```
File Edit Debug Desktop Window Help
>> [rte,TC]=vrpsavings(AA2p)

rte =

    [1x22 double]

TC =

    163.2000

>> rte{1}

ans =

Columns 1 through 19

     1     2    21     3     6    18    19    20    17    15    16    14    13     9    11    10     7     8    12

Columns 20 through 22

     5     4     1
```

Рисунок 9. Расчёт уточненного второго маршрута

Для первого маршрута последовательность объезда в исходных кодах составит:

П1 → П18 → П24 → П27 → П25 → П26 → П20 → П21 → П22 → П23 → П19 → П28 → П1.

Для второго маршрута последовательность объезда в исходных кодах составит:

П1 → П4 → П3 → П2 → П11 → П8 → П5 → П7 → П6 → П9 → П10 → П17 → П13 → П12 → П15 → П16 → П14 → П29 → П30 → П32 → П31 → П1.

Таким образом, суммарный пробег автотранспорта снизился с 400,6 км до 340,1 км, т.е. уменьшился на 15,1%.

### Заключение

Математическое моделирование в *MATLAB* может эффективно использоваться для оптимизации маршрутов поставок сжиженного газа сельским потребителям.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Об утверждении Государственной комплексной программы модернизации основных производ-

ственных фондов Белорусской энергетической системы, энергосбережения и увеличения доли использования в республике собственных топливно-энергетических ресурсов на период до 2011 года: Указ Президента РБ от 15.11.2007 г. № 575.

2. Ткачев, С. Стратегия развития национальной энергетики / С.Ткачев, В. Тимошпольский // Наука и инновации. – Минск, 2007. – №11. – С.16 – 24.

3. Ануфриев, И.Е. *MATLAB 7* / И.Е. Ануфриев, А.Б. Смирнов, Е.Н. Смирнова. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 1104 с.

4. Астрахан, Б.М. Методика применения информационных технологий *MATLAB* для оптимизации процесса перевозок / Б.М. Астрахан // Научно-инновационная деятельность в агропромышленном комплексе: сб. науч. ст. 3-я Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 29-30 мая 2008г: в 2ч. / БГАТУ. – Минск, 2008. – Ч. 2. – С. 62-65.

5. Геронимус, Б.Л. Экономико-математические методы в планировании на автомобильном транспорте / Б. Л. Геронимус, Л.В. Царфин.– М.:Транспорт, 1988. – 192 с.

## Измеритель влажности сырья ИВС-1



Измеритель влажности предназначен для экспресс-измерения влажности сырья (зерна, муки, макаронного теста, готовых макарон, сухарей и т.д.) в лабораторных и перерабатывающих цехах. Прибор обеспечивает измерения влажности от 5 до 40% при изменении основной погрешности от 0,5 до 1,5%. Быстрый контроль влажности сырья, например, при производстве макарон позволяет уменьшить расход муки, снизить риск выхода из строя технологического оборудования, не допустить пересушки макарон и тем самым сократить расход энергии и себестоимость производства.

Автор: Корко В.С., кандидат технических наук, доцент

## О МЕТОДОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

В.Б. Ловкис, канд. техн. наук, доцент (УО БГАТУ); Ю.Н. Сапьян, зав. лабораторией (Российская академия сельскохозяйственных наук, г. Москва)

### Аннотация

*В статье изложен системный метод определения, анализа и повышения ресурсно-энергетической эффективности сельскохозяйственных объектов. Предметом исследований является ресурсно-энергетическая эффективность техногенных и комплексных объектов в их взаимосвязи с биологическими.*

### Введение

Скачкообразное изменение цен на импортные энергоносители стало в последние годы одной из основных причин нарушения устойчивого энергоснабжения предприятий, снижающих эффективность, качество и конкурентоспособность производимой продукции. Для решения этой проблемы основной акцент должен делаться на энергосбережение – дополнительный и зачастую практически готовый источник топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) для объектов. При этом особое внимание должно уделяться вопросам замещения традиционных невозобновляемых источников энергии – возобновляемыми (ВИЭ). Например, только за счет выработки топлив из местного растительного сырья и других видов биомассы можно в самом ближайшем будущем обеспечить существенную экономию природного газа и нефтепродуктов, снизив тем самым зависимость республики от их импортирования. Одной из важнейших задач, стоящих перед энергетикой в настоящее время, является снижение доли импортируемых топливно-энергетических ресурсов и соответствующее увеличение использования местных ВИЭ. Объем заготовки древесного топлива возрастет от 1,4 (2003 г.) до 3,1 (2012 г.) млн. т у.т., торфа – от 0,7 до 1,2 млн. т у.т. Кроме того, в малой энергетике планируется использовать побочную продукцию растениеводства, а также полимерные органические отходы (изношенные шины, отработанные пластмассовые изделия и др.), общий ежегодный энергетический потенциал которых составляет 1,1 – 1,5 млн. т у.т.

С другой стороны, увеличение использования ВИЭ окажет влияние на энергетические балансы сельскохозяйственных предприятий, сложившуюся систему энергообеспечения применяемых процессов и технологий, экономических и энергетических показатели производства продукции. Поэтому для объективной количественной оценки ожидаемого сокращения потребления природного газа и нефтепродуктов, изменения энергетической эффективности и потен-

циала энергосбережения сельскохозяйственных объектов необходимо при разработке проектов по использованию местных энергоресурсов применять методы энергетического анализа.

### Основная часть

Основы теории и практики этого научного направления для сельского хозяйства заложили западные ученые: Д. Пимменталь, И. Стендфилд, Х. Чепмен, Д. Хьюттер, М. Слессер, В. Деккер, Е. Стюарт. Развитие положений энергоанализа в трудах В.А. Ковды, Е.И. Базарова, Г.А. Булаткина, Ю.Ф. Новикова, А.А. Жученко, М.М. Севернева, А.Н. Никифорова, В.А. Токарева, В.А. Родичева, А.В. Тихомирова, Г.В. Василюка, Л.В. Сорочинского, А.С. Миндрин, В.Н. Дашкова, В.Н. Карпова, В.А. Колоса и других ученых привело к появлению в 80-90-х годах прошлого века целого ряда методических рекомендаций по энергетической оценке технологий растениеводства, кормопроизводства, животноводства, мелиорации, почвоведения и агрохимии, защиты растений со своими показателями и критериями эффективности [1–11 и др.]. Многолетний опыт применения этих рекомендаций с учетом изменений в научно-технической политике развития сельскохозяйственного производства республики позволил выявить некоторые недостатки методик определения расхода производственных ресурсов, энергоемкости продукции и других сравнительных оценочных показателей и критериев эффективности ее производства. В качестве направления дальнейших исследований нами предложена разработка и реализация методологии повышения энергетической эффективности сельскохозяйственных объектов на основе их идентификации в соответствии с типажом, функциями, свойствами, этапами жизненного цикла, природно-производственными условиями, видами расходуемых и производимых ТЭР.

Сельскохозяйственные объекты можно условно разделить на три типа: биологические, техногенные и комплексные. Биологические объекты – это почва с

ее микрофлорой и микрофауной, семена, посадочный материал, растения, животные и отходы их содержания. К техногенным объектам относятся средства мобильной и стационарной энергетики, преобразователи энергии; машины и оборудование для производства продукции растениеводства и животноводства, а также различных биотоплив на ее основе; здания, сооружения, склады средств химизации, сырья, материалов, хранилища кормов и готовой продукции. Комплексные объекты – это технологии производства и первичной обработки продукции, а также сельскохозяйственные предприятия в целом с их системами топливо – электро- и теплоснабжения.

Основными функциями техногенных и комплексных объектов могут являться: выполнение работы, производство и первичная обработка продукции, хранение технологических ресурсов и продукции, получение, транспортировка, распределение топлива и энергии, изменение рабочих параметров, достижение полезного эффекта (например, получение информации о режимах функционирования других объектов).

Свойства этих объектов подразделяются на технические, агротехнические (зоотехнические), технологические, энергетические, технико-экономические и характеризуются соответствующими показателями, которые указываются в их паспортах, инструкциях по эксплуатации и других документах или определяются путем испытаний.

Этапами жизненного цикла объектов в соответствии с системой непрерывной информационной поддержки изделия (CALS) являются [12]: проведение НИОКР (для технологий – разработка технологических карт и комплектование сельхозпредприятия необходимыми техногенными объектами и компонентами производства), испытания опытных образцов объектов (производственная проверка), серийное производство (распространение в хозяйствах), эксплуатация (широкомасштабное использование), утилизация (прекращение использования).

Производственные условия объектов формируются в зависимости от их функций, природно-климатических условий, организационно-правовой, нормативно-технической и технологической базы, трудовых, энергетических и финансовых ресурсов региона и сельхозпредприятия, к которым они относятся, а также в соответствии со свойствами биологических объектов, с которыми взаимодействуют.

Виды потребляемых объектами ТЭР обуславливаются их типажом и функциями, производственными условиями, источниками энергоснабжения, топливо- и энергопотребляющим оборудованием, а виды вырабатываемых ТЭР – также и свойствами используемой сырьевой базы.

Предметом исследований в данном научном направлении является ресурсно-энергетическая эффективность техногенных и комплексных объектов в их взаимосвязи с биологическими.

В общем случае ее показатели оцениваются путем дифференциального анализа соответствующих энергетических моделей, позволяющих увязать затраты производственных ресурсов и содержащейся в них энергии с количеством конечной продукции и энергией, аккумулированной в ней за счет фотосинтеза или биоконверсии.

В качестве примера рассмотрим энергетическую модель одного из наиболее представительных комплексных объектов – технологию растениеводства, состоящую из различных техногенных объектов и компонентов. Входящими в агроэкосистему являются потоки естественной (природной) и производственной (техногенной) энергии, а выходящими – энергия продукции и производственных потерь (рис. 1).

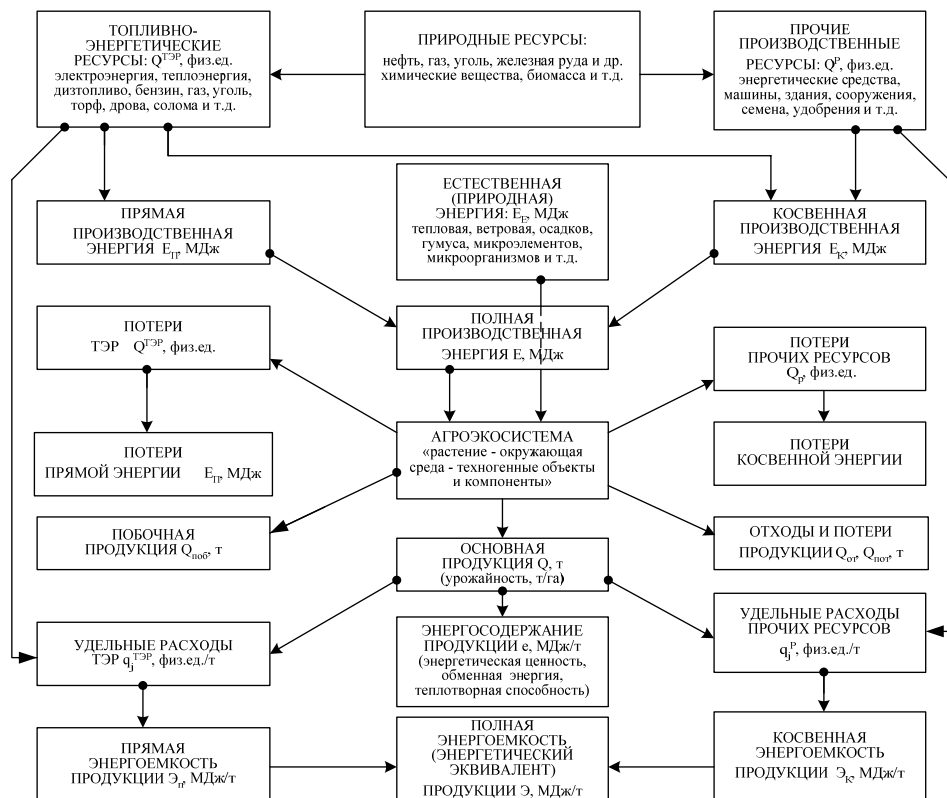


Рисунок 1. Энергетическая модель комплексного сельскохозяйственного объекта (на примере технологии растениеводства)

Полная производственная энергия складывается из прямой и косвенной. Поток прямой энергии, создаваемый ТЭР для привода в действие машины и оборудования при выполнении технологических операций, обуславливает прямую энергоемкость продукции. Косвенная энергия, овеществленная в ТЭР и прочих ресурсах технологии при их производстве (начиная с добычи исходного сырья, например, руды для выплавки металла, из которого изготавливают машины), переходит на производимую продукцию в течение их жизненного цикла (или срока действия) и формирует ее косвенную энергоемкость. Потери энергии определяются по потерям ТЭР и прочих ресурсов, регламентируемым технологическими допусками (нормами) и учитываемым при разработке технологических карт.

Повышение ресурсно-энергетической эффективности производства продукции основывается, прежде всего, на снижении ее полной энергоемкости, которая зависит, с одной стороны, от расходов и энергетических свойств производственных ресурсов, а с другой – от количества полученной продукции, т.е. урожайности сельскохозяйственной культуры:

$$\mathcal{E} = F(G_{Tj}, G_{ЭЭ}, G_{Pj}, \alpha_{Tj}, \alpha_{ЭЭ}, \alpha_{Pj}, Y),$$

где  $G_{Tj}, G_{ЭЭ}, G_{Pj}$  – расход соответственно топлива  $j$ -го вида, электрической энергии, прочего ресурса  $j$ -го вида по технологической карте, физ. ед./га;

$\alpha_{Tj}, \alpha_{ЭЭ}, \alpha_{Pj}$  – энергетические эквиваленты, МДж/физ.ед;

$Y$  – урожайность рассматриваемой культуры, т/га.

Другая, не менее важная характеристика продукции – энергосодержание, также зависит от затрат производственных ресурсов. Характер этих зависимостей до настоящего времени неизвестен, однако имеются данные о влиянии расхода основных ресурсов на энергообразующие элементы в физико-химическом составе продукции, на основании которых представляется возможным прогнозировать ее энергосодержание с помощью известных функциональных зависимостей:

– при использовании продукции для продовольственных целей

$$e = F(M_{\sigma}, M_{ж}, M_{y}) ;$$

– в качестве корма для животных

$$e = F(M_n, M_{ж}, M_{бэв}, W_{вл}, e_{жив}, H_{жив}) ;$$

– в качестве твердого или жидкого биотоплива

$$e = F(M_{H_2}, M_C, M_{O_2}, M_S, M_N) ;$$

– в качестве газообразного биотоплива

$$e = F(M_{CO_2}, M_{H_2}, M_{H_2S}, M_{O_2}, M_{C_mH_n}) ,$$

где  $M_{\sigma}, M_{ж}, M_{y}$  – массовые доли белка, жира, углеводов, %;

$M_n, M_{бэв}, W_{вл}$  – массовые доли протеина и безазотистых экстрактивных веществ, содержание влаги, %;

$e_{жив}$  – энергосодержание продукции животноводства, МДж/кг;

$H_{жив}$  – норма потребности в кормах для ее производства, к.е./кг;

$M_{H_2}, M_C, M_S, M_N, M_{CO}, M_{H_2S}, M_{O_2}, M_{C_mH_n}$  – массовые доли горючих химических компонентов рабочего состава биотоплива, %.

Расходы производственных ресурсов (прежде всего, средств химизации) определяют уровень урожайности сельскохозяйственной культуры.

Для основных культур, возделываемых в тех или иных почвенно-климатических условиях, зависимости урожайности от этих факторов изучены и представлены в соответствующих материалах и рекомендациях по механизации, почвоведению и агрохимии [3, 5, 7, 9, 12].

Таким образом, изменение показателей ресурсно-энергетической эффективности технологии осуществляется путем варьирования видов и количества производственных ресурсов. Для определения их расходов могут использоваться различные методы: расчетно-аналитический, опытно-экспериментальный, статический, нормативный, приборный и смешанный (на основе объединения нескольких вышеприведенных). Выбор конкретного метода зависит от свойств объекта и способов получения информации об их характеристиках.

Исходя из прогнозируемых значений урожайности, ресурсоемкости, энергоемкости и энергосодержания продукции выполняется сравнительная оценка ресурсно-энергетической эффективности ее производства и рассчитывается ожидаемый потенциал ресурсо- и энергосбережения от создания энергоэкономного варианта технологии.

Методология повышения ресурсно-энергетической эффективности сельскохозяйственных объектов должна включать в себя две части: аналитическую и научно-практическую. Первая часть – это система взаимосвязанных методик определения, сравнительного анализа и минимизация ресурсо- и энергоемкости производимой продукции, определения ее энергосодержания, показателей энергетической эффективности объектов и оценки потенциала энергосбережения на основе соответствующего программного обеспечения для ПЭВМ. Вторая часть методологии предусматривает обоснование рекомендаций по созданию энергоэкономных объектов, разработку ТЭО (бизнес планов), проведение НИОКР с изготовлением и испытаниями опытных образцов, подготовку производства (изготовление КД, организацию изготовления и (или) закупки требуемых производственных ресурсов, комплектующих и т.д.), серийное производство, проведение энергоаудита. С учетом этих требований принципиальная структура методологии будет иметь следующий вид (рис. 2):

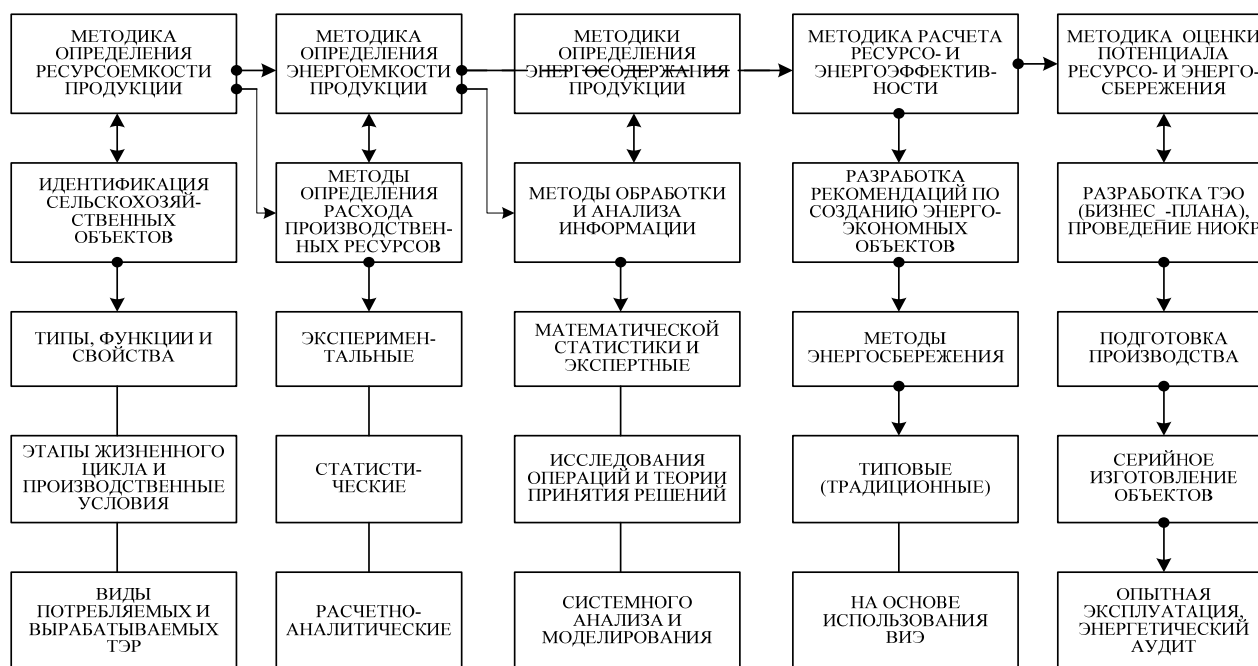


Рисунок 2. Принципиальная структурная схема методологии повышения энергетической эффективности сельскохозяйственных объектов

### Заключение

Для формирования аналитической части предлагаемой методологии необходимо адаптировать имеющуюся научно-методическую базу энергетического анализа производства сельскохозяйственной продукции к изменившимся условиям развития энергообеспечения, энергопотребления и энергосбережения. Реализация научно-практической части методологии не требует применения каких-либо новых методов. Рекомендации по созданию энергоэкономных объектов необходимо разрабатывать в виде научно-технических проектов с использованием типовых и нетрадиционных (предусматривающих применение местных ВИЭ) методов экономии и рационального использования ТЭР с получением максимального эффекта. Строительство таких объектов может целенаправленно осуществляться при взаимодействии передовых сельхозпредприятий, НИИ-разработчиков, заводов-изготовителей и Белорусской МИС на основе сложившейся системы планирования, проведения и внедрения результатов НИОКР в сельском хозяйстве.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Методика биоэнергетической оценки технологий производства продукции растениеводства / МСХ СССР, ВАСХНИЛ. – М., 1983. – 45с.
2. Методические рекомендации по топливно-энергетической оценке технологических процессов в кормопроизводстве / ВАСХНИЛ. – М., 1987. – 27 с.

3. Жученко, А.А. Энергетический анализ в сельском хозяйстве/А.А. Жученко, В.Н. Афанасьев. – Кишинев: «Штеница», 1988. – 128 с.
4. Методические рекомендации по топливно-энергетической оценке сельскохозяйственной техники, технологических процессов и технологий в растениеводстве / ВИМ. – М., 1989. – 59 с.
5. Севернев, М.М. Энергосберегающие технологии сельскохозяйственного производства/ М.М. Севернев. – Минск: Урожай, 1994. – С. 150-216.
6. Методика энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве / ВИМ, ЦНИИМЭСХ, ВИЭСХ. – М., 1995. – 95 с.
7. Методика определения энергетической эффективности применения минеральных, органических и извлекательных удобрений / ААН РБ, БелНИИПА, 1996. – 50 с.
8. Миндрин, А.С. Энергоэкономическая оценка сельскохозяйственной продукции / А.С. Миндрин. – М.: ВНИЭТУСХ, 1997. – 187 с.
9. Методика энергетического анализа в защите растений / ААН РБ, БелНИИЗР. – Минск, 1999. – 16 с.
10. Практическая методика определения энергозатрат и энергоемкости производства продукции животноводства, а также потребностей в энергоресурсах. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 1999. – 55 с.
11. Ксенович, И.П. О движении информации, энергии и массы в жизненном цикле артефактов/ И.П. Ксенович //Приводная техника, 2004. – №№5-6.
- 12.Родов, Е.Г. Интенсификация производства продукции – основа ресурсосбережения в растениеводстве/ Е.Г. Родов, А.В. Ленский, В.С. Костюк // Механизация и электрификация сел. хоз-ва: межвед. тематич. сб. / РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси». – Мн., 2006. – С. 3-10.

## ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ

В.Я. Тимошенко, канд. техн. наук, доцент, А.В. Новиков, канд. техн. наук, доцент, Д.А. Жданко, аспирант, Е.С. Некрашевич, студент (УО БГАТУ)

### Аннотация

*Рассмотрены вопросы диагностирования агрегатов гидростатической трансмиссии на обкаточно-диагностическом устройстве в условиях ремонтных мастерских хозяйств и отделений «Райагросервиса».*

### Введение

В качестве привода ходового аппарата самоходных сельскохозяйственных, дорожных, строительных и других машин всё более широкое применение находит гидростатическая трансмиссия. Её преимущество перед традиционными в прошлом механическими трансмиссиями обусловлено бесступенчатым регулированием и реверсированием скорости движения и силы тяги во всем диапазоне передач, высоким быстродействием и низкой инерционностью и металлоемкостью, возможностью широкой унификации гидравлического оборудования при простой компоновке на машинах и автоматизации управления при оптимальном режиме работы. Эта система достаточно надежна и долговечна при своевременном и соответствующем её обслуживании.

Однако такие агрегаты гидростатической трансмиссии, как аксиально-плунжерный насос и мотор включают прецизионные детали, что делает их гораздо дороже по сравнению с узлами механической трансмиссии. Детали этих агрегатов чрезвычайно уязвимы при взаимодействии с механическими примесями, что предъявляет высочайшие требования к качеству рабочей жидкости и состоянию фильтра.

Условия работы самоходного зерно- и кормоуборочного комбайна характеризуются повышенной запыленностью, что требует тщательного наблюдения за состоянием фильтра рабочей жидкости. Для этого во всасывающую полость установлен вакуумметр, которого нет ни в одной другой раздельно-агрегатной гидравлической системе машин.

Нарушение требований эксплуатации гидростатической трансмиссии ведет к интенсивному износу ее агрегатов, что вызывает остановку самоходных машин и их неработоспособность.

### Основная часть

Существует ряд рекомендаций по диагностированию технического состояния агрегатов гидростатической трансмиссии [1], которые требуют торможения самоходной машины. Такое торможение возможно только путем наезда машины на препятствие, что

может привести к поломке машины и травмированию обслуживающего персонала.

Необходимость диагностирования гидростатической трансмиссии возникает часто и определяется снижением скорости движения самоходной машины, невозможностью преодолевать уклоны местности и др.

При отказах гидростатической трансмиссии специалисты хозяйств чаще всего сводят ее диагностирование к проверке и очистке клапанов клапанной коробки гидромотора, замене масляного фильтра. Если эти мероприятия не позволили восстановить работоспособность гидростатической трансмиссии, то пару – гидромотор и гидронасос одновременно отправляют на специализированные ремонтные предприятия для дополнительной объективной диагностики и определения потребности в ремонте одного или другого агрегата.

Поступающие на ремонтное предприятие аксиально-плунжерный насос и мотор без входной диагностики добросовестно ремонтируют. Причем, полученные агрегаты гидростатической трансмиссии (насос и мотор) одной самоходной машины ремонтируются предприятием необезличенно и возвращаются хозяйству парой.

Аргументируется это тем, что при приемке указанных агрегатов «парой», после устранения имеющихся неисправностей, сохраняется их одинаковый остаточный ресурс.

На первый взгляд, этот аргумент достаточно обоснованный, так как недоиспользование ресурса несет косвенные убытки предприятию. Вместе с тем полная разборка и инструментальный контроль состояния гидроагрегата без предварительной объективной оценки потребности его в разборочно-сборочных и регулировочных воздействиях стоят достаточно дорого. И эти затраты оплачивают хозяйства.

Исследования, проведенные на ОАО «Гомельский МРЗ», показывают, что в 25-30% случаев гидронасосы требуют либо очистки с промывкой, либо регулировки золотникового устройства сервомеханизма, а гидромоторы – очистки с промывкой и регулировки клапанов.

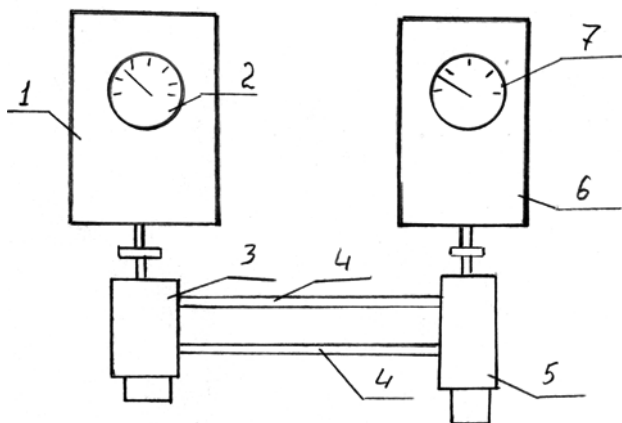


Рисунок 1. Принципиальная схема установки для послеремонтной обкатки аксиально-плунжерных гидронасосов и гидромоторов: 1 – обкаточно-тормозной стенд КИ – 5554 привода аксиально-плунжерного насоса; 2 – весовой механизм измерения крутящего момента (Н·м) привода гидронасоса; 3 – проверяемый аксиально-плунжерный гидронасос; 4 – рукава высокого давления привода аксиально-плунжерного гидромотора; 5 – проверяемый аксиально-плунжерный гидромотор; 6 – обкаточно-тормозной стенд загрузки аксиально-плунжерного гидромотора; 7 – весовой механизм определения момента загрузки (Н·м) на валу аксиально-плунжерного мотора

Авторам представляется, что сложившаяся практика отправки в ремонт аксиально-плунжерной пары (гидронасос и гидромотор) без предварительной объективной диагностики, а также ремонт этой пары на ремонтном предприятии без входного диагностирования, является следствием отсутствия в хозяйствах и на предприятиях «Райагросервиса» приемлемого диагностирующего стенда, что приводит к недоиспользованию ресурса гидроагрегатов и огромным затратам средств на их ремонт.

На ОАО «Гомельский мотороремонтный завод» на участке ремонта агрегатов гидростатической трансмиссии производится их послеремонтная обкатка и определение следующих показателей:

- крутящего момента на валу гидронасоса при номинальном давлении 20,6 МПа;
- крутящего момента на валу гидромотора при номинальном давлении в гидросистеме, Нм;
- частота вращения гидромотора и гидронасоса при номинальном давлении, мин<sup>-1</sup>.

При этом регулируются клапана давления подпитки на величину 0,0245 МПа, переливной (на гидромоторе) – на давление 0,0245 МПа и предохранительный – на давление 36,5 МПа.

Регулировка последних ввиду опасности ее проведения на работающем под нагрузкой гидроприводе производится ступенчато после многократной проверки давления срабатывания и остановки привода.

Как правило, требуемое давление срабатывания регулируется в несколько приемов.

Для обкатки используется установка с двумя спаренными электротормозными стендами. Каждый стенд весит 2800 кг и требует для своего размещения площадь более 30м<sup>2</sup>. Принципиальная схема устройства изображена на рис.1.

Принцип работы установки для послеремонтной обкатки и испытания насосов и гидромоторов, используемой на ОАО «Гомельский мотороремонтный завод», состоит в том, что вал стенда 1 через муфту соединен с валом насоса 3, который подает через рукава высокого давления 4 рабочую жидкость к мотору 5. Мотор 5 соединен со стендом 6, который загружает мотор до номинального давления в системе 20,6 МПа.

При этом давлении регистрируется значение момента загрузки вала гидромотора по весовому механизму 6 и частота вращения вала мотора, а по механизму 2 – момент привода гидронасоса и частота вращения его вала.

В техническом паспорте, выдаваемом заказчику, отражаются измеренные показатели.

Как видно из приведенного выше, установка позволяет обкатать отремонтированные агрегаты и определить их техническое состояние после ремонта и соответствие техническим условиям. Однако габариты и вес установки требуют изыскания других способов и средств для диагностирования и обкатки агрегатов объемного гидропривода.

В Белорусском государственном аграрном техническом университете на кафедре ЭМТП разработано устройство [2] (рис. 2), позволяющее в условиях хозяйств и предприятий агросервиса проводить объ-



Рисунок 2. Обкаточно-диагностическое устройство

активное безразборное диагностирование аксиально-плунжерных насосов и моторов и при необходимости производить их послеремонтную обкатку.

Работа устройства основана на использовании дросселирования потока жидкости через отверстие постоянного сечения для создания нагрузки на валу гидронасоса и гидромотора. Гидравлическая схема обкаточно-диагностического устройства приведена на рис. 3.

Стенд устроен и работает следующим образом: привод гидронасоса 1 осуществляется от ВОМ трактора, так как диагностирование агрегатов гидрообъемной трансмиссии на предприятиях системы «Рай-агросервис» и в хозяйствах производится эпизодически. Насос 1 – образцовый, с коэффициентом подачи  $\eta_0 = 0,97$ , по рукавам 12 подает рабочую жидкость в гидромотор 2 и вращает его вал, который через муфту 7 соединен с гидронасосом 3. Рукавами высокого давления 12 нагрузочного насоса 3 соединены его вход и выход через дроссель постоянного сечения 13 и рекуперационный теплообменник 6.

Принцип работы обкаточно-диагностического устройства заключается в том, что при проверке насоса он устанавливается вместо образцового насоса 3. ВОМ трактора вращает вал насоса 1. При вертикальном положении рычага гидрораспределителя аксиально-плунжерного насоса вал мотора 2 вращаться не будет.

Медленно наклоняя рычаг гидрораспределителя насоса до максимальной подачи, достигаем максимальной частоты вращения вала гидромотора. При этом рычаг гидрораспределителя нагрузочного гидронасоса 3 находится в вертикальном положении, когда его подача равна нулю.

Медленно поворачивая рычаг гидрораспределителя насоса 3, увеличиваем давление до максимального значения. Следим за давлением по показанию манометра 10. При известных значениях площади сечения дросселя и минимально допустимого коэффициента подачи насоса по максимальному давлению в системе делаем заключение о состоянии насоса.

Так как аксиально-плунжерный насос с регу-

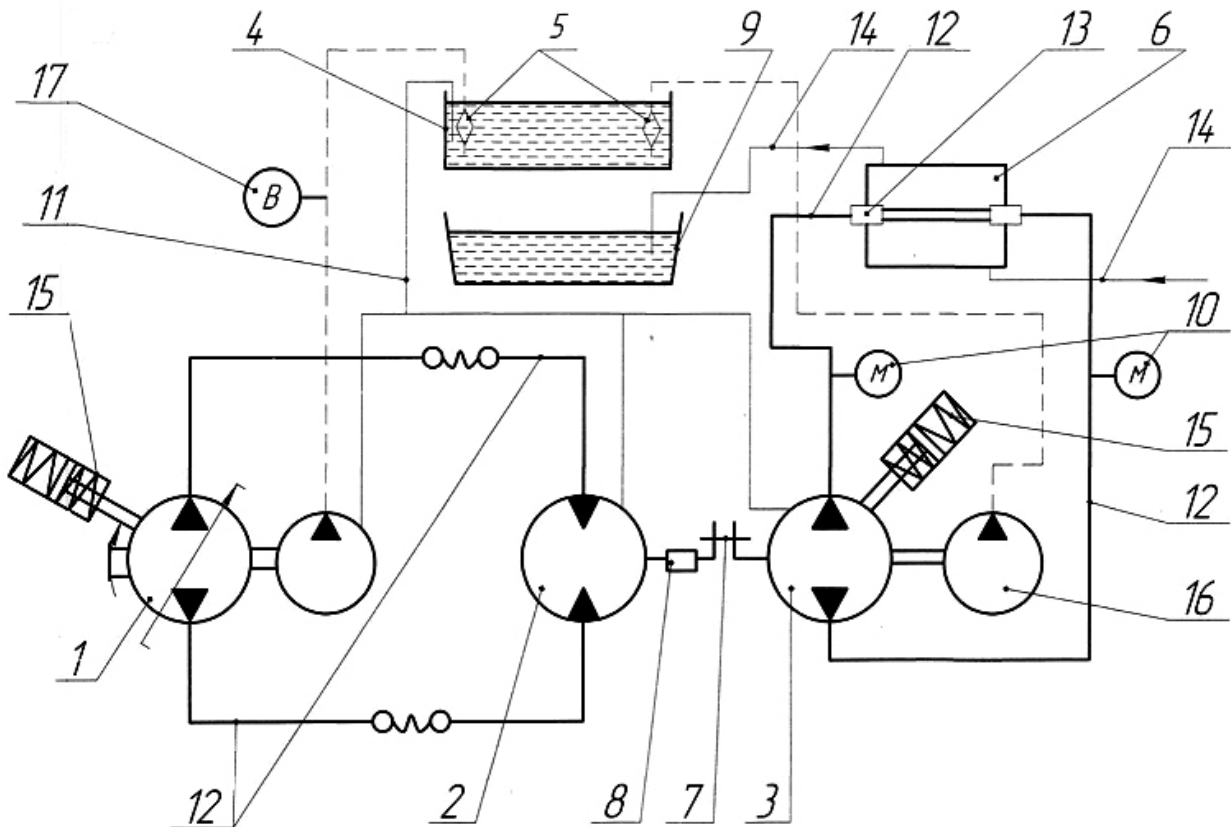


Рисунок 3. Гидравлическая схема обкаточно-диагностического стенда: 1 – эталонный аксиально-плунжерный гидронасос (объемный КПД = 0,96); 2 – эталонный аксиально-плунжерный гидромотор (объемный КПД = 0,96); 3 – испытываемый аксиально-плунжерный насос; 4 – масляный бак; 5 – масляный фильтр; 6 – теплообменник; 7 – соединительная муфта; 8 – тахометр; 9 – аккумулятор горячей воды; 10 – манометры; 11 – магистраль отвода масла из корпусов системы; 12 – рукава высокого давления; 13 – толстостенная труба высокого давления с дросселем постоянного сечения; 14 – рукава подвода водопроводной воды для охлаждения рабочей жидкости и отвода теплой воды в аккумулятор-накопитель; 15 – сервомеханизм поворота наклонной шайбы; 16 – насос подпитки; 17 – вакуумметр



лируемой подачей, то представляется возможным для загрузки использовать дроссель постоянного сечения. Приблизительную площадь его сечения определим по известной зависимости через расход рабочей жидкости [3]:

$$Q = \mu S_0 \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p}, \quad (1)$$

где  $Q$  – расход рабочей жидкости через дроссель, м<sup>3</sup>/с;

$\mu$  – коэффициент расхода ( $\mu = 0,62$ );

$S_0$  – площадь сечения дросселя, м<sup>2</sup>;

$\Delta p$  – разность давлений жидкости до и после дросселя, Па;

$\rho$  – плотность рабочей жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

Преобразуя формулу (1) получим:

$$S_0 = \frac{Q}{\mu \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p}}. \quad (2)$$

Подачу насоса или расход рабочей жидкости через дроссель определим по формуле:

$$Q = V_{o.n} \cdot n_n \cdot \eta_{o.n}, \quad (3)$$

где  $V_{o.n}$  – рабочий объем насоса. Для насоса НП-90 рабочий объем равен 89 см<sup>3</sup>;

$n_n$  – частота вращения вала насоса;

$\eta_{o.n}$  – объемный КПД насоса,  $\eta_{o.n} = 0,75 \dots 0,97$ .

Для нового насоса расход будет равен

$$Q = 89 \cdot 10^{-6} \cdot 2900 / 60 \cdot 0,97 = 0,0041726 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Для определения площади сечения дросселя примем:  $\mu = 0,62$ ;  $\rho = 850$  кг/м<sup>3</sup>; номинальное давление в системе  $p_n = 20,6$  МПа. Так как давление за дросселем постоянного сечения практически отсутствует, то его значением можно пренебречь. Следовательно,  $\Delta p = p_n$ .

Примерное значение дросселя постоянного сечения будет равно

$$S_0 = \frac{0,0041726}{0,62 \sqrt{\frac{2}{850} \cdot 20,6 \cdot 10^6}} = 0,0000306 \text{ м}^2.$$

Диаметр отверстия дросселя определим по следующей формуле:

$$S = \pi \cdot d^2 / 4. \quad (4)$$

$$d = 2 \cdot \sqrt{\frac{S}{\pi}}. \quad (5)$$

$$d = 2 \cdot \sqrt{\frac{0,0000306}{3,14}} = 0,0062 \text{ м}.$$

Ввиду того, что значение коэффициента зависит от чистоты обработки дросселя и формы отверстия, полученное значение диаметра довольно приближенное и требует экспериментального уточнения. Однако это значение позволяет примерно выбрать пределы

изменения диаметра дросселей для проведения эксперимента.

Так как при полной подаче насоса при диаметре дросселя 6,2 мм и объемном КПД насоса 0,97 давление будет номинальным  $p_n = 20,6$  МПа, то при минимально допустимом объемном КПД насоса  $\eta_{o.n} = 0,75$  давление, ниже значения которого насос будет неисправным, находится по зависимости:

$$p_n = \frac{V_{o.n}^2 \cdot n_n^2 \cdot \eta_{o.n}^2 \cdot \rho}{2 \mu^2 S_0^2}, \quad (6)$$

$$p_n = \frac{(89 \cdot 10^{-6})^2 \cdot \left(\frac{2900}{60}\right)^2 \cdot 0,75^2 \cdot 850}{2 \cdot 0,62^2 \cdot 0,0000306^2} = 12,3 \text{ МПа}.$$

На рис. 4 представлена графическая зависимость объемного КПД насоса от его давления.

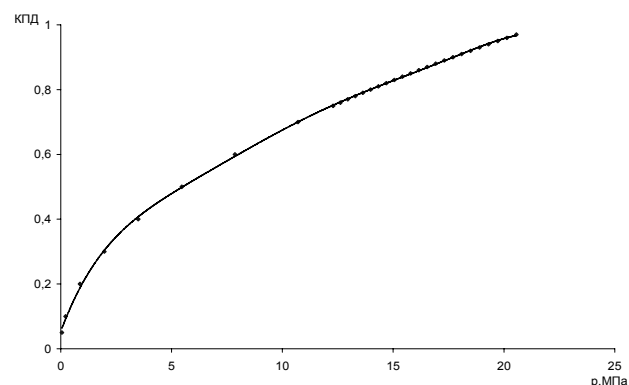


Рисунок 4. График зависимости объемного КПД насоса от его давления при диаметре дросселя 6,2 мм

Гидромотор проверяется по частоте вращения его вала при номинальном давлении в системе (20,6 МПа):

$$n_r = \frac{V_{o.r}}{V_{o.g}} \eta_{o.r} \eta_{o.g} n_n,$$

где  $V_{o.r}$  – рабочий объем гидромотора. Для гидромотора МП-90 рабочий объем равен 89 см<sup>3</sup>;

$\eta_{o.r}$  и  $\eta_{o.n}$  – объемный КПД гидромотора и насоса соответственно.  $\eta_{o.r} = 0,7 \dots 0,98$ .

При объемном КПД гидромотора равном  $\eta_{o.r} = 0,98$  и объемном КПД гидронасоса равном  $\eta_{o.n} = 0,97$ , при номинальном давлении в системе он должен вращаться с частотой

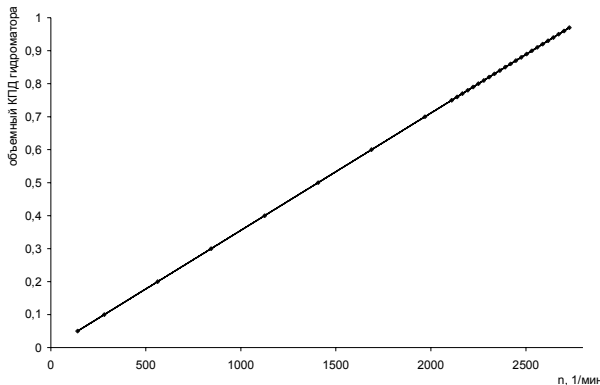
$$n_r = 2900 \cdot 0,98 \cdot 0,97 = 2756 \text{ мин}^{-1}.$$

Минимально допустимое снижение объемного КПД исправного мотора  $\eta_{o.r} = 0,7$ , при котором частота вращения его вала, ниже которой он считается неисправным, будет

$$n_r = 2900 \cdot 0,7 \cdot 0,97 = 1969 \text{ мин}^{-1}.$$

Таким образом, если при номинальном давлении в гидросистеме равном 20,6 МПа обороты будут не ниже 1969 мин<sup>-1</sup>, гидромотор считается исправным.

На рис. 5 представлена графическая зависимость объемного КПД гидромотора от его частоты вращения.



*Рисунок 5. График зависимости объемного КПД гидромотора от его частоты вращения при диаметре дросселя 6,2 мм*

### Выводы

Анализ экспериментально-теоретических исследований показывает, что применение дроссельного эффекта при диагностировании агрегатов гидростатических трансмиссий с использованием разработан-

ного в БГАТУ обкаточно-диагностического стенда, с применением дросселя постоянного сечения  $S=30,6 \text{ мм}^2$  и максимальных оборотах гидронасоса в системе создается номинальное давление 20,6 МПа при объемном КПД насоса 0,97 и 12,3 МПа при  $\eta_{o,n}=0,75$ .

Применение предложенного стенда позволит снизить металлоемкость и необходимую площадь для его размещения в сравнении со стендом КИ-5554 в 15 раз.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Присс, В.И. Диагностирование тракторов: учеб. пособие для с.-х. вузов / В.И. Присс, В.К. Марочкин, Н.И. Бохан [и др.]; под ред. В.И. Присса. – Мн.: Ураджай, 1993. – С. 209-227.
2. Стенд для диагностирования гидростатических трансмиссий: пат. 2340 Респ. Беларусь, МПК G 01M 13/00, A01D69/03 / В.Я. Тимошенко, Д.А. Крот, В.В. Ярош и др.; заявитель Белорус. гос. аграрн. техн. ун-т. – №ш 20050228; заявл. 19.04. 05; опубл. 30.12.05// Офиц. бюл./ Нац. центр интеллектуал. собственности. – 2005.
3. Башта, Т.М. Гидравлика, гидромашины и гидропривод / Т.М. Башта, С.С Руднев, Б.Б. Некрасов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1982. – С. 106-118.

## Радиоволновой влагомер зерна



Прибор предназначен для непрерывного измерения влажности зерна в процессе сушки на зерносушильных комплексах путем измерения величины поглощения СВЧ энергии влажным материалом и преобразования этой величины в цифровой код, соответствующий влажности материала. Прибор обеспечивает измерение влажности от 9 до 25% при температуре контролируемого материала от 5 до 65°C абсолютной погрешностью не более 0,5%.

Автор: Дайнеко В.А., кандидат технических наук, доцент.

# ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

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

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

2. Объем научной 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). Рекомендуется установить толщину линии не менее 1 пт. В оформлении таблиц и графиков не следует применять выделение цветом, заливку фона.

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

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

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

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

Основная часть статьи должна содержать описание методики, аппаратуры, объектов исследования и подробно осветить 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.

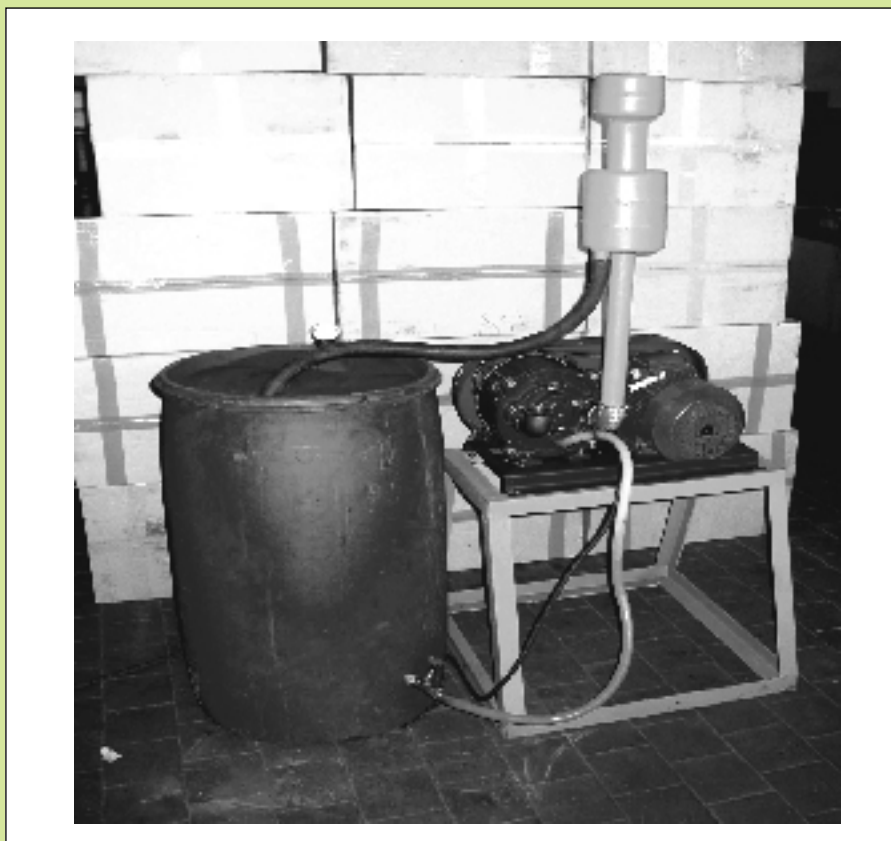
7. Статьи принимаются в электронном виде с распечаткой в одном экземпляре. Распечатанный текст статьи должен быть подписан всеми авторами. В конце статьи необходимо указать полное название учреждения, организации, предприятия, колхоза и т. д., ученую степень и ученое звание (если есть), а также полный почтовый адрес и номер телефона (служебный или домашний) каждого автора.

## **ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!**

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

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

# УСТАНОВКА ВАКУУМНАЯ ВОДОКОЛЬЦЕВАЯ ВВН-75



## НАЗНАЧЕНИЕ

Установка вакуумная водокольцевая предназначена для создания вакуумметрического давления в системах машинного доения коров. Может применяться в отраслях промышленности, технологические процессы которых требуют создания вакуума. Рабочей жидкостью для создания вакуума служит вода или тосол.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Установка вакуумная водокольцевая	ВВН-75
Тип	передвижная
Быстрота действия при вакууме 50%, м <sup>3</sup> /ч	75
Предельное вакуумметрическое давление, кПа	96
Потребляемая мощность, кВт	4
Габаритные размеры, мм	1500x600x1500
Масса, кг, не более	65
Цена договорная	