ISSN 2078-7138

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

АГРОПАНОРАМА

№ 4 - август 2011

В номере:

Влияние посадочного материала карпа на эффективность производства рыбной отрасли

Использование тепловых насосов для осушения и рециркуляции отработавшего сушильного агента в конвективных зерносушилках

Обоснование параметров системы автоматического управления источниками света на основе анализа влияния мощности и спектрального состава излучения на интенсивность роста тепличных культур

Перспективы разработки спектрального метода анализа алкалоидов люпина в природных и техногенных продуктах

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

А Г Р О П А Н О Р А М А

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

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

Стоимость подписки на второе полугодие: для индивидуальных подписчиков – 35580 руб., для организаций и учреждений – 69999 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.

Телефон редакции: ***267-47-71; факс: 267-41-16.***

Прием статей и работа с авторами:

тел. 267-61-21, 267-22-14, факс 267-25-71; E-mail: AgroP@batu.edu.by

АГРОПАНОРАМА 4 (86) август 2011

Издается с апреля1997 г.

Научно-технический журнал
для работников
агропромышленного комплекса.
Зарегистрирован Министерством
информации Республики Беларусь
21 апреля 2010 года.
Регистрационный номер 1324

Учредитель
Белорусский государственный аграрный технический университет

Главный редактор
Казаровец Николай Владимирович

Заместитель главного редактора
Прищепов Михаил Александрович

Члены редколлегии:

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

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

Компьютерная верстка
Медведев В.С.

Адрес редакции:
Минск, пр-т Независимости, д.99/1, к. 220
Тел. (017) 267-47-71 Факс (017) 267-41-16

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

БГАТУ, 2006, Издание университетское.
Формат издания 60 х 84 1/8.
Подписано в печать с готового оригинала-макета 22.08.2011 г. Зак. № 762 от 22.08.2011 г.
Дата выхода в свет 31.08.2011 г.
Печать офсетная. Тираж 500 экз.
Статьи рецензируются.
Отпечатано в ИПЦ БГАТУ по адресу: г. Минск, пр-т. Независимости, 99, к.2
ЛП № 02330/0552743 от 2.02.2010 г.
Выходит один раз в два месяца.
Подписной индекс в каталоге «Белпочта» - 74884.
Цена журнала на 2-ое полугодие 2011 года:
для индивидуальных подписчиков - 35580 рублей;
ведомственная - 69999 рублей;
Цена журнала - 10730 рублей

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

ЧИТАЙТЕ В НОМЕРЕ

Сельскохозяйственное машиностроение. Металлообработка

А.И. Бобровник, Ю.М. Жуковский, Т.А. Варфоломеева
Повышение агроэкологических качеств движителей колесных тракторов.....2

В.В. Кураш, А.В. Кудина, А.В. Лизун
Механизм биоповреждений и наводороживания деталей машин и оборудования сельскохозяйственного производства.....6

Технологии производства продукции растениеводства и животноводства. Зоотехния

Э.И. Левданский, А.Э. Левданский, Д.И. Чиркун
Некоторые направления совершенствования процесса очистки зерна.....11

М.М. Радько, В.Н. Столович, Н.Н. Гадлевская, Д.Е. Радько
Влияние посадочного материала карпа на эффективность производства рыбной отрасли.....17

Энергетика. Транспорт

А.Г. Цубанов, А.Л. Синяков, И.А. Цубанов
Использование тепловых насосов для осушения и рециркуляции отработавшего сушильного агента в конвективных зерносушилках.....21

Ю.В. Чигарев, И.С. Крук, А.С. Воробей, Ф.И. Назаров
К оценке несущей способности почв.....26

Е.В. Галушко, В.Л. Цвирко, О.Ч. Ролич
Обоснование параметров системы автоматического управления источниками света на основе анализа влияния мощности и спектрального состава излучения на интенсивность роста тепличных культур.....28

Ресурсосбережение. Экология

А.А. Павич, С.М. Арабей, В.А.Чернявский
Перспективы разработки спектрального метода анализа алкалоидов люпина в природных и техногенных продуктах.....33

Технический сервис в АПК. Экономика

А.А. Бевзелюк
Оценка эффективности инноваций в АПК.....38

С. А. Шелест
Анализ функционирования корпоративных формирований Минской области на современном этапе.....41

А.А. Слуквина
Применение СУБД ACCESS 2007 для организации автоматизированного учета бизнес-процессов на предприятии.....45

УДК 629.366.032:631.4 ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 17.06.2011

ПОВЫШЕНИЕ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ ДВИЖИТЕЛЕЙ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ

**А.И. Бобровник, докт. техн. наук, Ю.М. Жуковский, канд. техн. наук,
Т.А. Варфоломеева, ст. преподаватель (БГАТУ)**

Аннотация

Рассмотрены вопросы влияния ходовых систем колесных тракторов на почву. Проанализированы позитивные и негативные аспекты применения сдвоенных колес тракторов. Предложено техническое решение, позволяющее повысить агроэкологические показатели машинно-тракторного агрегата, снизить нагруженность трансмиссии трактора, повысить транспортные скорости, уменьшить расход топлива, увеличить ходимость шин, улучшить управляемость агрегата.

A technical decision is proposed for improving the agroecological indexes of machine-tractor aggregates, decreasing the loads on the tractor transmission, increasing the tractor transport speeds, decreasing the fuel consumption, prolonging the tire lifetime and improving the roadability of machine-tractor aggregates.

Введение

Одним из основных факторов развития агропромышленного комплекса Республики Беларусь является разработка современных технологий производства растениеводческой продукции на базе использования высокопроизводительных комплексов машин, обеспечивающих качественное выполнение технологических операций при минимальных затратах ресурсов. В качестве основных элементов современных энерготехнологических комплексов всё более широко применяются тракторы «БЕЛАРУС» тяговых классов 3, 4, и 5, предназначенные для выполнения в различных агроклиматических зонах сельскохозяйственных работ с навесными, полунавесными, прицепными машинами и орудиями, с погрузочно-транспортными средствами и с уборочными комплексами.

С целью выполнения требований нормативных документов по повышению агроэкологических и тягово-сцепных качеств тракторов при работе с тяжелыми сельхозмашинами и орудиями на почвах с малой несущей способностью предусматривается снижение удельного давления на почву путем увеличения площади пятна контакта движителей с опорной поверхностью.

Основная часть

В развитии ходовых систем колесных тракторов следует отметить все более широкое использование тракторов со всеми ведущими колесами, увеличение доли переднего ведущего моста в создании силы тяги трактора, применение шин с увеличенной опорной поверхностью, сдваивание и страивание колес.

Одним из основных сельскохозяйственных регионов Республики Беларусь, производившим в конце 80-х годов XX века 45-48% продукции всего сельскохозяйственного комплекса республики, являлось Белорусское Полесье. В этом регионе было вовлечено в сельскохозяйственный оборот путем мелиорации около 0,7 млн. га бывших мелкозалежных торфяных болот и 0,9 млн. га земель, представленных преимущественно зональными, легкими по составу супесчаными и песчаными почвами[1]. Однако в последние годы ситуация с производством сельскохозяйственной продукции в названном регионе меняется в худшую сторону в связи со снижением продуктивности осушенных земель.

Главная причина быстрой негативной биологической трансформации торфяников, по мнению специалистов РУП «Институт мелиорации НАН Беларуси» [2], состоит в том, что при длительном сельскохозяйственном производстве (особенно в системе пропашных севооборотов) возрастает опасность ветровой эрозии, проявление которой наблюдается в виде пыльных бурь, происходящих при значительной силе ветра и малой влажности торфяных почв.

К настоящему времени деградированные торфяные почвы Белорусского Полесья занимают около 190 тыс. га. Так, например, ежегодная убыль органики даже при такой щадящей почву технологии как возделывание многолетних трав составляет за последние 45 лет наблюдений в среднем 3,6 тонны с гектара, а при возделывании пропашных культур – доходит до 13 тонн. Снижение запасов торфа в процессе сельскохозяйственного использования земель объясняется несовершенством используемых обрабатывающих технологий, недостатками мобильной техники, существенным уплотнением почв.

Для сохранения плодородия и повышения эффективности использования земель Полесья особенно актуально наряду с оптимизацией структуры посевных площадей и учета других зональных особенностей соблюдение экологических требований в отношении воздействия рабочих органов и ходовых систем машинно-тракторных агрегатов на почву, планирование и реализация мероприятий по прекращению деградации и опустынивания осушенных почв, переход к экологически сбалансированному, почвозащитному, водосберегающему земледелию [3].

Одним из основных требований, предъявляемых к мобильным средствам механизации сельскохозяйственных работ, является обеспечение щадящего воздействия их движителей на почву. По стандартам развитых европейских стран давление колеса на почву не должно превышать 0,6 кгс/см^2 (0,06 МПа). В переуплотненных от воздействия ходовых систем почвах возникает явление пространственной тесноты, возрастает сопротивление развитию корневых систем возделываемых растений, нарушается оптимальный водо- и воздухообмен. Растение может обеспечить наибольшую продуктивность лишь при определенной плотности почвы, зависящей от её типа. Исследованиями установлено, что структура влажной минеральной почвы не нарушается при предельном давлении на неё – 0,06-0,10 МПа, а сухой – при 0,2-0,3 МПа. Для торфяных почв соответствующие параметры существенно ниже.

Силовое воздействие на почву со стороны машинно-тракторных агрегатов передается через шины опорных колес. Одним из важных требований, предъявляемых к шинам сельскохозяйственной техники, является увеличение их грузоподъемности при дальнейшем улучшении агроэкологических качеств. Это особенно актуально для современных мощных машинно-тракторных агрегатов.

Повышение несущей способности шин за счет увеличения внутреннего давления приемлемо для машин, работающих на малодеформируемых (плотных) поверхностях. Для техники, эксплуатирующейся на сельскохозяйственных полях в разнообразных почвенно-климатических условиях, требуемый рост несущей способности шин при низких (по требованию агротехники) давлениях на почву можно обеспечить применением шин увеличенных размеров, но это не всегда приемлемо по конструктивным и организационным соображениям.

Для решения актуальной проблемы уменьшения уплотнения почвы сельскохозяйственных угодий ходовыми системами колесных тракторов все более широко применяют сдваивание (рис.1) и даже страивание колес (рис.2).

При сдваивании и страивании колес также решается ряд вопросов, связанных с проходимостью машин, а применение крупногабаритных широкопрофильных шин с развитыми грунтозацепами позволяет реализовывать высокие тяговые усилия. Кроме того, повышается устойчивость прямолинейного движения трактора.

В настоящее время сдваивание передних и задних колес тракторов «БЕЛАРУС» мощностью 155…355 л.с. (114…261 кВт) осуществляется с помощью специальных жестких цилиндрических проставок (рис.3).

Применение сдвоенных колес наиболее эффективно по соображениям агротехники на рыхлых и влажных почвах, а также при выполнении ранневесенних и позднеосенних полевых работ.

Рис.1. Сдваивание задних колес на тракторе «БЕЛАРУС» 3022

Рис.2. Страивание колес на тракторе “John Deere” 9530

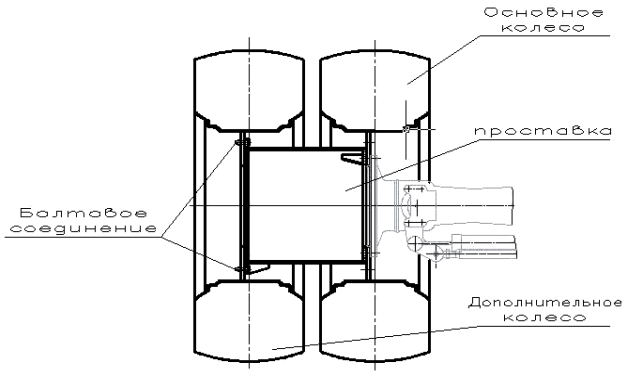


Рис.3. Сдваивание колес с помощью проставки

Рис.4. Трактор «БЕЛАРУС» 3522 со сдвоенными передними и задними колесами и с тяжелым почвообрабатывающим агрегатом (выставка «БЕЛАГРО – 2011»)

Сдваивание колес также все более широко применяется и при работе мощных тракторов на почвах с высокой несущей способностью при их агрегатировании с тяжелыми навесными и полунавесными машинами и орудиями (рис. 4).

Минский тракторный завод серийно комплектует выпускаемые тракторы серий от 2000-й до 3500-й устройствами для сдваивания задних колес. Устройства для сдваивания передних колес могут поставляться потребителям по заказу. Для тракторов серии 1500 предусмотрена поставка устройств для сдваивания передних и задних колес по заказу.

В известных технических решениях по сдваиванию и страиванию колес тракторов реализованы жесткие кинематические связи между этими колесами и поэтому колеса вращаются с одинаковыми угловыми скоростями во всех режимах движения.

Наиболее неблагоприятным, с точки зрения воздействия на почву, режимом движения тракторов с широкоразнесенными сдвоенными (строенными) колесами является непрямолинейное движение и особенно повороты и развороты с малыми радиусами. При криволинейном движении сдвоенных колес одного борта в ведущем режиме между ними возникает циркуляция мощности, потому что внешнее по отношению к центру поворота колесо катится с юзом. Это приводит к срезанию верхних слоев почвы и к увеличению колееобразования. Степень относительного скольжения сдвоенных колес зависит от кинематических параметров процесса движения, от конструктивных особенностей движителя и от характеристик почвы, причем циркулирующий между сдвоенными колесами момент у тракторов «БЕЛАРУС» 3522 может достигать 15…20 % от ведущего момента на соответствующей полуоси.

Механическое воздействие движителей на почву не исчерпывается только уплотнением и уменьшением её пористости, снижающей условия жизнедеятельности макро- и микроорганизмов, а также повреждением корневой системы растений. От контакта с движителями, особенно при криволинейном движении ведущих и направляющих колес, нарушается структура верхнего слоя почвы, почва сдвигается и измельчается. Вследствие этого усиливаются процессы водной и ветровой эрозии, из почвы более интенсивно выветриваются и вымываются наиболее плодородные компоненты.

При движении на повороте ведущих и ведомых колес возникают угловые деформации, как почвы, так и шин, нарастающие по мере увеличения поворачивающего момента до тех пор, пока в пятне контакта шины с опорной поверхностью сохраняется сцепление. В пределах упругой деформации шина разворачивается относительно пятна контакта на некоторый угол. Деформация шины растет с увеличением приложенного к ней момента до потери сцепления с опорной поверхностью. С увеличением момента проскальзывание шины распространяется от краев к центру пятна контакта. При некотором значении момента или угла поворота в зависимости от агрофона, влажности почвы, глубины колеи и конструктивных параметров шины ее элементы начинают проскальзывать с разной интенсивностью [4]. При криволинейном движении в случае использования известных систем сдваивания и страивания колес негативное воздействие движителей на почву оказывается существенным.

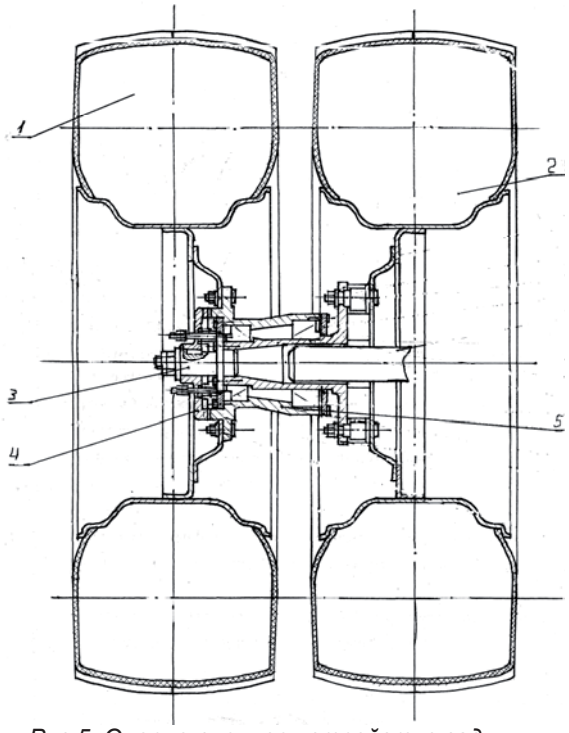


Рис.5. Опорно-сцепное устройство задних сдвоенных колес трактора: 1-наружное колесо; 2-внутреннее колесо; 3 – ведущий вал; 4 – механизм включения и выключения; 5 –наружный корпус.

В Белорусском государственном аграрном техническом университете разработана конструкция нового опорно-сцепного устройства для сдваивания задних колес трактора «БЕЛАРУС» (рис. 5), позволяющая улучшить агроэкологические свойства агрегата, при выполнении сельскохозяйственных и транспортных работ, особенно при криволинейном движении и движении на поворотах. В этом устройстве крутящий момент передается на наружное и внутреннее колеса при прямолинейном движении трактора, а при криволинейном движении наружное колесо отсоединяется от трансмиссии трактора и переводится в ведомый режим. Кроме того, предложенное устройство позволяет значительно снизить динамические нагрузки на конечные передачи и полуоси заднего моста трактора, а, следовательно, и трансмиссию в целом, обеспечить повышение ресурса узлов трактора, увеличить ходимость шин, повысить транспортную скорость, уменьшить расход топлива, улучшить управляемость и поворачиваемость агрегата [5]. Для перевода наружных колес на необходимый режим используется имеющаяся на тракторе пневмосистема. При отключенной системе привода наружных колес крутящий момент будет реализовываться только внутренними колесами.

Заключение

В последние годы для работы на различных агрофонах все более широко применяются мощные колесные тракторы высокой энергонасыщенности со сдвоенными колёсами. Наличие в известных технических решениях по сдваиванию колес жестких связей между рядом расположенными колесами ухудшает агроэкологические качества движителей и технико-экономические показатели машинно-тракторных агрегатов в целом, а также значительно увеличивает нагруженность элементов трансмиссии.

Использование предложенной конструкции опорно-сцепного устройства задних колес трактора, разработанной в БГАТУ, позволит улучшить агроэкологические показатели агрегата, снизить нагруженность трансмиссии трактора, повысить транспортные скорости, уменьшить расход топлива, увеличить ходимость шин, улучшить управляемость агрегата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лихацевич, А.П. Перспективы использования мелиорированных сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья/ А.П. Лихацевич. – РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию». Институт мелиорации. – Минск, 2010. – 5 с.

2. Инновационные технологии в мелиорации и сельскохозяйственном использовании мелиорированных земель: матер. Междунар. научно-практич.конф., Минск, 15 – 17 сентября 2010 г.; под ред. Н.К.Вахонина/ РУП «Институт мелиорации НАН Беларуси». – Минск, 2010. – 244 с.

3.Национальная программа действий Республики Беларусь по борьбе с деградацией земель. Раздел «Устойчивое использование и восстановление деградированных торфяников». – Минск, 2008.

4. Тракторы. Теория: учеб. для студентов вузов/ В.В. Гуськов [и др.].; под общ. ред. В.В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.

5. Устройство для улучшения опорно-сцепной проходимости движителя: патент 6695 Респ. Беларусь, BY МПК B 60C 3/00/ М.А. Прищепов, С.К. Карпович, А.И Бобровник и др.; заявитель Бел. гос. аграрн. техн. ун-т. – № u 20100270; заявл. 18.03.10.; опубл. 30.10.10// Афіцыйны бюл./ Нац. цэнтр інтэлект. уласнасці. – 2010. – № 5. – С. 189-190.

УДК 621.301:620.19 ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 14.04.2011

МЕХАНИЗМ БИОПОВРЕЖДЕНИЙ И НАВОДОРОЖИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

В.В. Кураш, канд.техн. наук, доцент, А.В. Кудина, канд. техн. наук, А.В. Лизун, ассистент (БГАТУ)

Аннотация

Изучена роль биологического фактора в зарождении и развитии коррозионных процессов металла. Раскрыт механизм биоповреждений и наводороживания металлоповерхностей деталей машин и технологического оборудования сельскохозяйственного производства при воздействии биологического фактора. Результаты исследований показали, что процессы биокоррозии и наводороживания металла неразрывно связаны с микроорганизмами и взаимодействием продуктов их жизнедеятельности с металлом, что приводит к его биоповреждаемости и наводороживанию.

The role of the biological factor for initiation and development of metal corrosion processes is studied. The mechanism of biodamages and hydrogen charging of metal car details and technological equipment for agricultural production by the influence of biological factor is cleared up. The research results showed that the processes of biocorrosion and hydrogen charging of metal are tied to coupling of microorganisms and their waste products with metal, that leads to its biodamageability and hydrogen charging.

Введение

В последнее время при изучении процессов коррозии всё большее внимание уделяется роли биологического фактора, вызывающего биокоррозионные повреждения и разрушения. На поверхностях деталей машин сельскохозяйственного производства, работающих в условиях контакта с почвенной биотой, органическими и химическими веществами, растительными и биологическими субстратами, постоянно протекают коррозионные процессы в скрытых или явно выраженных формах, причём носят они комплексный характер, где инициирование и развитие этих процессов относят часто к жизнедеятельности микроорганизмов [1-3]. Взаимодействие микроорганизмов с окружающей средой и материалами позволяют сделать заключение о необычайно широком распространении биокоррозии в различных сферах деятельности человека. В основе биоповреждающего действия микроорганизмов (бактериальная коррозия) находятся, как правило, ферментативные реакции, результатом которых является появление в зоне контакта биогенных элементов и химически активных радикалов. Механизм и результаты воздействия микроорганизмов как биологического фактора на металл аналогичны другим видам коррозии: подобно локальной сосредоточенной коррозии, в результате биоповреждений образуются блестящие или шероховатые плоские малозаметные углубления, особенно под загрязнениями или тонкими окисными пленками, а также раковины различной глубины под слоем продуктов коррозии[1-3].

Известно, что в биокоррозии участвуют микроорганизмы, относящиеся к широкому кругу родов и видов. Это, как бактерии, образующие кислоты и химически активные радикалы, так и грибы, вызывающие деформацию материалов, ускорение коррозии металлов и пр. Исключительность микроорганизмов проявляется в их способности существовать в самых разнообразных условиях внешней среды и противостоять действию факторов, неблагоприятных для живой клетки. Микроорганизмы способны образовывать специальные формы защиты, предназначенные для сохранения в неблагоприятных условиях. Такие формы представляют собой образования, покрытые плотной оболочкой, защищающей клетку от высокой температуры, высушивания, радиации, воздействия биоцидов и т.п. [1,3].

Известна способность некоторых микроорганизмов выделять в процессе жизнедеятельности водород. [1-4]. В одних случаях он является продуктом их жизнедеятельности, а в других – окисляется, давая энергию и обеспечивая возможность осуществления разных биосинтетических процессов. Водород является тем компонентом биосферы, при участии которого осуществляется взаимосвязь в природных условиях ряда микроорганизмов, что важно, а иногда и необходимо для их роста, а также имеет большое значение для общего круговорота веществ [4].

В результате жизнедеятельности микроорганизмов в зоне контакта с материалами растормаживаются наиболее затрудненные этапы коррозионного про-

цесса, резко увеличивается скорость роста усталостных трещин и снижается циклическая трещиностойкость и водородостойкость [1]. Изучение закономерностей превращения металлов под влиянием деятельности микроорганизмов имеет не только научное, но и большое практическое значение. Существует мнение, что более 70% коррозионных процессов связано с влиянием и участием микроорганизмов, причем, ведущая роль в зарождении коррозии принадлежит микробам различных родов и видов. Более ¾ всех потерь от коррозии приписывают деятельности микроорганизмов. Так, ежегодный ущерб от биокоррозии в Австралии приближается к 25 млн. долларов в год, в США потери от биокоррозии, протекающей вследствие деятельности сульфатредуцирующих бактерий, оцениваются в 500-2000 млн. долларов в год [1]. Эти данные убедительно свидетельствуют о значительной роли микроорганизмов в коррозионных процессах повреждения и разрушения материалов, в то время как механизм воздействия биологического фактора на материалы изучен ещё недостаточно.

Следовательно, исследование и раскрытие механизма биоповреждений и наводороживания деталей машин, подвергающихся воздействию биологического фактора, представляет, как научный, так и практический интерес для понимания особенностей разрушения металла под влиянием микроорганизмов, что крайне необходимо для совершенствования и разработки технологий защиты материалов от разрушающего действия этих процессов.

Основная часть

При исследованиях биоповреждений и наводороживания металла возникает ряд методологических трудностей:

– на ранних стадиях биоповреждений сложно исследовать эти процессы без идентификации микроорганизмов, так как без привлечения специалистов они могут остаться нераспознанными;

– в своём развитии процессы биоповреждений трудно моделировать и прогнозировать из-за взаимного влияния микроорганизмов, входящих в биоценозы, синергических эффектов в отношении материалов, адаптации и влияния материалов, а также среды на микроорганизмы;

– при оценке степени биоповреждений материалов затруднено выделение вклада микроорганизмов, так как процессы биоповреждений и коррозии во многом схожи, поэтому в реальных условиях эти процессы желательно изучать совместно.

Механизм биоповреждений и наводороживания металлоповерхностей деталей машин и технологического оборудования весьма сложен и во многом зависит от биофакторов. Биофакторы воздействуют на материалы специфически, потребляя их в качестве источников питания, или косвенно, когда продукты метаболизма микроорганизмов стимулируют процессы биокоррозии. Эти процессы по своему механизму различны и зависят также от особенностей подверженного биокоррозии объекта. В большинстве случаев биофакторы способствуют созданию агрессивных сред, которые ускоряют коррозионные процессы [1].

Коррозионностойкость металлов и других материалов зависит от ряда причин, в том числе и от взаимодействия их с окружающей средой и микроорганизмами. Причем, взаимодействие металлов с микроорганизмами следует рассматривать с двух позиций:

– токсическое влияние металлов на жизнедеятельность микроорганизмов;

– трансформация металлов под воздействием микроорганизмов и продуктов их метаболизма.

Наиболее распространёнными биофакторами коррозионных процессов являются сульфатредуцирующие, тионовые и нитрифицирующие бактерии, создающие кислые агрессивные среды, органические кислоты и активные метаболиты (NH_3, CO_2, H_2S) [1]. Фотографии деталей, рабочие поверхности которых подверглись коррозионно-механическому изнашиванию при контакте с техногенной биологически активной средой, представлены на рис. 1.

Анализ и обобщение результатов исследований [1-3, 5-7] показывает, что в биокоррозии можно выделить два пути участия микроорганизмов в коррозионном процессе:

– создание агрессивных сред в результате накопления таких продуктов жизнедеятельности, как кислоты, щелочи, сульфиды и другие агрессивные ионы;

– непосредственное участие в одной или более электрохимических реакциях на поверхности корродируемого субстрата, что способствует началу или усилению электродных реакций.

Основные механизмы участия бактерий в коррозионном процессе сводятся к продуцированию ими коррозионно активных метаболитов или непосредственному участию в электрохимических реакциях. Литотрофные бактерии окисляют неорганические соединения и, чаще всего, выступают в качестве коррозионных агентов в средах с повышенным содержанием железа, а гетеротрофы осуществляют окисление широкого круга органических соединений и способствуют накоплению коррозионно активных метаболитов. Воздействия биофактора на металлоповерхности деталей машин при их взаимодействии приводятся в работах [1-7]. Результаты экспериментальных работ – фотографии металлоповерхностей образцов, повреждённых биокоррозией, представлены на рисунке 2. Образцы готовились размером 30 х 30 х 6 мм из стали 20, ГОСТ 1050-74 и помещались в культуральную среду со штаммами микроорганизмов сроком на 30 суток.

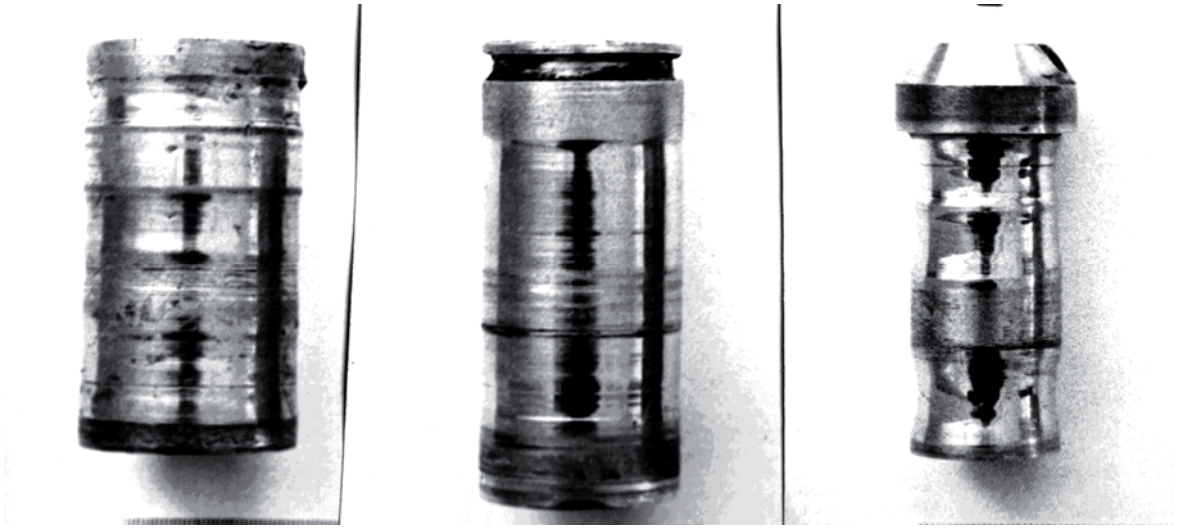
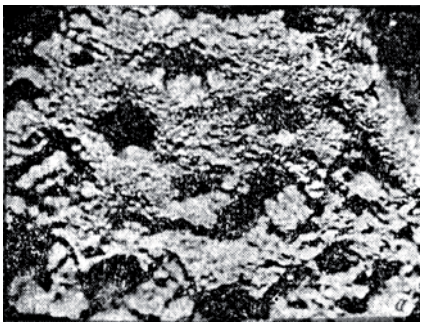
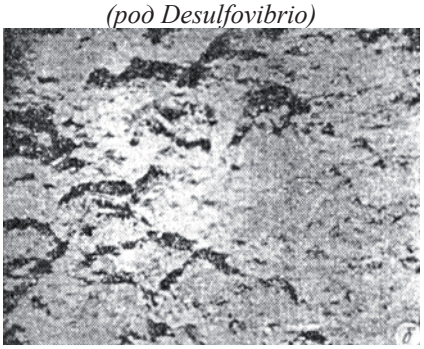


Рис. 1. Рабочие поверхности деталей, подверженных коррозионно-механическому изнашиванию при воздействии биологического фактора



Сульфатредуцирующие бактерии (род Desulfovibrio)



Тионовые бактерии (род Thiobacillus)

Рис. 2. Образцы металлоповерхностей из углеродистой стали, повреждённые средой, содержащей штаммы бактерий, Х 320

Из фотографий метоллоповерхностей (рис. 2) видно, что на образцах, находившихся в культуральной жидкости, содержащей штаммы тионовых и сульфатредуцирующих бактерий, отчётливо видны питтинги, которые не наблюдались на образцах, выдержанных в обычной жидкости при тех же условиях. Это свидетельствует о результатах протекания бактериальной коррозии, способствующей структурному разрыхлению поверхностного слоя и возникновению электрохимической гетерогенности. Структуру металлоповерхностей, поражённых биокоррозией, исследовали и анализировали методами оптической световой микроскопии (металлографии) и фрактографии. Металлографические исследования поверхностного слоя проводились в продольном и поперечном сечении на электронном световом микроскопе “Unimed” (Япония) при увеличении в 300…500 раз по методике [5]

Разрыхлённые биокоррозией металлоповерхности становятся зоной повышенной химической активности, где интенсивно зарождаются и протекают сорбционные процессы, приводящие к поглощению металлом химически активных элементов и радикалов, выделившихся при метаболизме микроорганизмов, в том числе и водорода. Установлено, что водород выделяют хемотрофные и фототрофные микроорганизмы, относящиеся более чем к восьмидесяти родам [4]. Адсорбция металлом водорода приводит к его накоплению, как в поверхностных слоях, так и в глубине структуры материалов, что приводит к развитию наводороживания и водородному растрескиванию [6]. Локальная концентрация водорода в дефектах структуры приводит к её разупрочнению и разрушению. Известно [1, 2, 6, 7], что наводороживание характеризуется более высокой диффузионной подвижностью водорода и резким отрицательным влиянием поглощённого водорода на механические свойства металла.

Адсорбция водорода, выделяющегося при биокоррозии на пятнах контакта биосреда-металл, происходит в большинстве случаев на дефектных участках поверхности металла (микровпадины, микротрещины, царапины, вмятины, вырывы и т.п.), в которых образуются колонии микроорганизмов и выделяются про-

дукты метаболизма и деструкции клеток. Особенностью процесса наводороживания при воздействии биологического фактора является то, что он протекает при участии микроорганизмов, которые способны выделять в окружающее пространство биогенный и атомарный водород. Выделяющийся водород, обладая необычайно высокой активностью и проникающей способностью, концентрируется в дефектах структуры металла и образует молекулы газа. Образовавшийся газ стремится расшириться в ограниченном пространстве и, не имея возможности выйти из него, создаёт высокие внутренние напряжения, что формирует условия для зарождения и развития субмикро- и микротрещин. Кроме того, в очагах коррозионного поражения протекают также электрохимические процессы, и наводороживание металла может происходить путем диффузии в глубь металла атомов водорода, появляющихся на его поверхности в результате разряда ионов H_3O^+ (в кислых растворах электролитов) или молекул H_2O (в нейтральных, щелочных и кислых растворах) при больших плотностях катодного тока.

$$H_3O^+ + e \rightarrow H + H_2O$$

$$H_2O + e \rightarrow H + OH^-$$

Небольшая часть атомов проникает в поверхностные слои металла катода, но основная масса их превращается на поверхности по одному из следующих вариантов:

$$H + H \rightarrow H_2$$

$$H + H_3O^+ + e \rightarrow H_2 + H_2O$$

$$H + H_2O + e \rightarrow H_2 + OH^-$$

Водород в молекулярной форме не способен проникать в металл, он удаляется с его поверхности, диффундируя в окружающую среду.

При образовании H_2S на пятне контакта металла с коррозионной средой может выделяться водород и наводороживать металл по следующей схеме:

$$Fe + H_2S \rightarrow FeS + 2H$$

На наводороживание влияет также относительно тонкий поверхностный слой металла, имеющий специфическое напряженно-деформированное состояние. Он появляется в результате механической или термической обработки металла и значительно отличается от глубинных слоев по своей микроструктуре. Накопление дислокаций и формирование растягивающих внутренних напряжений благоприятствуют возникновению субмикро- и микроколлекторов, заполняющихся водородом. Кроме коллекторов, заполненных молекулярным водородом, атомарный (диффузионно-подвижный) водород попадает в ловушки внутренней структуры металла (вакансии, дислокации, области объемного растяжения кристаллической решетки), обусловленные полями внутренних локальных напряжений. Структура поверхностного слоя металла, подвергшаяся биокоррозии и наводороживанию, представлена на рис. 3.

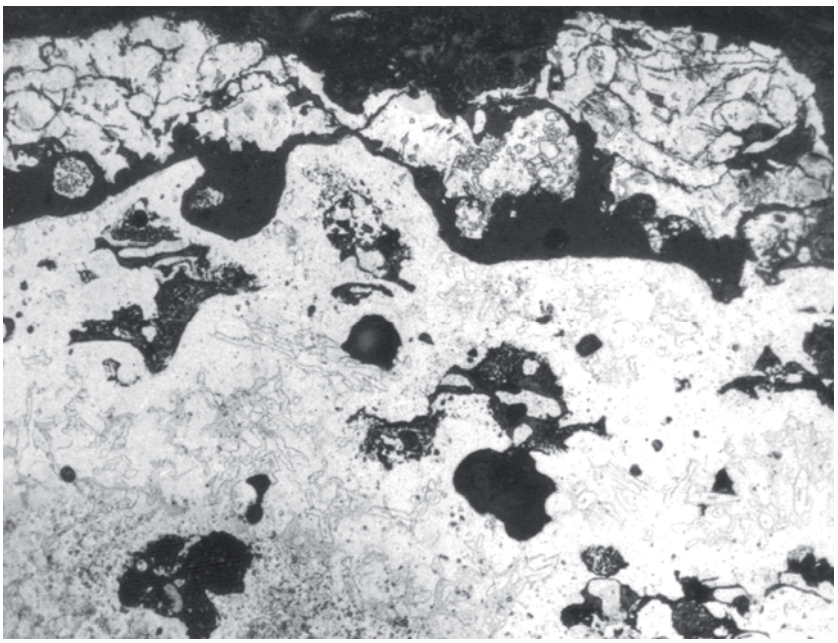


Рис. 3. Структура поверхностного слоя стального образца, подвергшегося биокоррозии и наводороживанию, Х 500

На рис. 3, в верхней его части (толщ. 0,075…0,20 мм), отчетливо виден повреждённый биокоррозией тонкий поверхностный слой металла с характерными повреждениями и разрушениями структуры. Под биоповреждённым слоем структуры металлоповерхности формируются локальные очаги разрушения целостности структуры основного металла в виде внутренних микродефектов (трещины, пустоты, полости, коллекторы и пр.), в которых происходит накопление водорода. Трещины зарождаются в зоне максимальных растягивающих напряжений, в вершинах микродефектов, расположенных вблизи поверхности металла по границам зерен. Развитие трещины приводит к образованию микропустот и их соединению (слиянию) с другими внутренними микродефектами, находящимися под высоким давлением водорода. Водород получает доступ к новым внутренним поверхностям структуры металла и, при их резком увеличении, взаимодействует с ними, способствуя интеркристаллитному растрескиванию металла. Накопление повреждений структуры металла и аномально высокое насыщение его водородом приводит к сильному ухудшению таких механических характеристик металла, как выносливость при циклическом деформировании [1]. Основная причина этого явле-

ния – наводороживание металла с формированием поверхностного водородонасыщенного слоя. Знакопеременное деформирование наводороженного металла приводит к некоторому перераспределению водорода по глубине металла, толщина водородонасыщенного слоя увеличивается, максимум водородосодержания сглаживается. Происходит движение водорода вглубь объёма материала.

Процесс наводороживания неразрывно связан с разрушением структуры, как поверхностного слоя, так и основного металла, поэтому его следует рассматривать применительно к механизмам водородного изнашивания и водородного растрескивания. Исходя из общей кинетики изнашивания поверхностей деталей машин и механизмов [2], механизм биоповреждений и наводороживания металла при воздействии биологического фактора представляется в следующем виде:

1. Размещение на металлоповерхностях деталей микроорганизмов, переносимых непосредственно из почвенной биоты и биосферы воздушными потоками, насекомыми и пр.; образование в дефектах поверхности металла микроколоний; адгезия микроорганизмов с поверхностью и налипание питательных сред в виде органохимических пленок и слоев.

2. Биоценоз и синтрофизм микроорганизмов, деструкция их под воздействием физических нагрузок и скоростей, образование химически активных элементов и радикалов, биогенного и атомарного водорода;

3. Адсорбция продуктов метаболизма микроорганизмов поверхностью металла и образование питтинговых центров бактериальной коррозии (биокоррозии), результатом которой становится разрыхление и разрушение поверхностного слоя.

4. Превращение биогенного и атомарного водорода внутри дефектов структуры металла в молекулы и образование в них накоплений газа, что приводит к созданию высоких внутренних напряжений;

5. Разрыв структурных связей и кристаллической решётки под действием высоких локальных напряжений с образованием субмикро- и микротрещин, в которые устремляется водород, приводит к усилению процессов разрушения структуры и наводороживанию металла.

Полученные результаты исследований позволяют расширить представления о механизмах потери работоспособности узлов и деталей машин при контакте с техногенными биокоррозионными средами сельскохозяйственного производства и переработки сельхозпродукции.

Заключение

Результаты исследований причин интенсивного износа и наводороживания металлоповерхностей деталей сельскохозяйственных машин при воздействии биологического фактора показывают многогранный характер и сложность этих процессов. По своему механизму они различны и зависят не только от биофактора и продуктов метаболизма микроорганизмов, но и от состояний водорода, образующегося в зоне контакта биосреда-металл, а также от особенностей подверженного их воздействию объекта. Биокоррозия и наводороживание металла характеризуются более высокой диффузионной подвижностью химически активных элементов, радикалов и образовавшихся атомов водорода, разупрочнением структуры металла и резким отрицательным влиянием поглощённого водорода на механические свойства материала.

Исходя из кинетики изнашивания металлоповерхностей деталей машин и технологического оборудования, а также с учётом полученных результатов исследований, разработан и предложен механизм биоповреждений и наводороживания деталей машин сельскохозяйственного производства.

Результаты исследований по биокоррозионному повреждению и наводороживанию металлоповерхностей деталей рабочих органов машин, агрегатов и сборочных единиц сельскохозяйственной техники при воздействии биологического фактора позволяют заключить, что процессы биокоррозии и наводороживания металла неразрывно связаны с жизнедеятельностью микроорганизмов, взаимодействием продуктов их метаболизма с окружающей средой и материалами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гвоздев, А.Е. Кинетические особенности биокоррозии для легированных сталей / А.Е. Гвоздев, Н.Е. Стариков, Н.Б. Фомичева. – Тула: ТулГУ, 2004. – 600с.

2. Ивашко, В.С. Теоретические аспекты кинетики изнашивания поверхностей деталей машин и механизмов / В.С. Ивашко, В.В. Кураш, А.В. Кудина // Вестник Белорусск. национ. технич. ун-та. – Мн.: БНТУ. – 2005. – № 5. – С. 59-63.

3. Ивашко, В.С. Разрушение микроорганизмами материалов деталей машин и механизмов по производству и переработке сельхозпродукции / В.С. Ивашко, В.В. Кураш, А.В. Кудина // Агропанорама. – Мн.: БГАТУ. – 2007. – №2. – С. 36-40.

4. Кондратьева, Е.Н. Молекулярный водород в метаболизме микроорганизмов / Е.Н. Кондратьева, И.Н. Гоготов. – М.: Наука, 1981. – 344с.

5. Тушинский, Л.И. Методы исследования материалов. Структура, свойства и процессы нанесения неорганических покрытий: учеб. пособ. для студентов вузов/ Л.И. Тушинский. – М.: Мир, 2004. – 384с.

6. Кураш, В.В. Исследование наводороживания металлоповерхностей деталей рабочих органов машин, агрегатов и сборочных единиц сельскохозяйственной техники / В.В. Кураш, Ю.И. Титов, А.В. Кудина // Агропанорама. – Мн.: БГАТУ. – 2010. – №3. – С. 39-42.

7. Кураш, В.В. Технологическое обеспечение формирования эксплуатационных свойств машин производств микробиологического синтеза: автореф. дис. канд. технич. наук: 05.02.08; 05.02.04 / В.В. Кураш; БПИ. – Минск, 1991. – 15с.

УДК 664.723 ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 18.04.2011

НЕКОТОРЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ЗЕРНА

Э.И. Левданский, докт. техн. наук, профессор, А.Э. Левданский, докт. техн. наук, доцент, Д.И. Чиркун, канд. техн. наук, ст. преподаватель (БГТУ)

Аннотация

В статье проанализированы существующие способы и оборудование для очистки зерна после уборки и перед посевом, выявлены их основные недостатки. Предложены новые конструкции машин для очистки и подготовки зерна к посеву, разработанные на основе многокаскадного пересыпного сепаратора и эффективно работающие во многих СПК Республики Беларусь.

The existing ways and equipment for grain clearing after harvesting and before planting are analyzed and their main shortcomings are revealed in the article. A new machine design for clearing and preparing the grain for planting are suggested, which are developed on the basis of multicascade strewing separator and effectively implemented in many agricultural enterprises of the Republic of Belarus.

Введение

По существующей технологии, для достижения высокого качества, зерно после уборки подвергают многократной очистке. Сначала, перед подачей в сушилку, оно проходит предварительную очистку, после сушки производят окончательную очистку, а семенное зерно подвергается дополнительной сортировке и калибровке.

При предварительной очистке стремятся удалить из вороха зерна, прежде всего, крупные примеси, такие как солома, стебли трав, колосья, головки осота и другие, а также некоторое количество мелких примесей. Так как влажность таких примесей значительно выше влажности зерна, то удаление их позволяет снизить на 1-3% влажность зернового материала, поступающего на сушку [1]. Следовательно, при сушке зерна, прошедшего предварительную очистку, снижается расход теплоносителя и увеличивается производительность сушилки. Кроме того, в шахтных сушилках, где зерно движется по криволинейным каналам (например, сушилка М 819 производства Польши), исключается забивка каналов крупными примесями, подвисание зерна, его перегрев и возможное возгорание. Зерно, прошедшее предварительную очистку, в течение более длительного срока храниться на токах в ожидании сушки без биологических изменений, отрицательно сказывающихся на его качестве.

Особо высокие требования предъявляются к очистке семенного материала. Здесь, кроме удаления семян сорных растений, необходимо удалить все неполноценные, щуплые, недозревшие и битые зерна. Многочисленными опытами установлено, что применение высококачественного калиброванного зерна в качестве семенного материала повышает его всхожесть, энергию прорастания, силу роста и, в конечном итоге, значительно повышает (до 10 центнеров с 1 га) урожайность [2].

Основная часть

В настоящее время зерноочистительные машины изготавливаются многими фирмами различных стран, принцип их работы основан на воздушной сепарации и грохочении на ситах с необходимым размером отверстий.

Грохочение на ситах является основным рабочим процессом очистки зерна, с помощью которого происходит разделение вороха зерна на крупную и мелкую фракции. Те зерна или частицы, размеры которых меньше отверстий сит, проходят через отверстия, а крупные остаются на поверхности. Для продвижения материала сита устанавливают под небольшим наклоном, с углом, не превышающим 15°, и с помощью привода им сообщается колебательное или вибрационное движение. Если в старых конструкциях машин ситам сообщалось возвратно-поступательное движение, то в более новых конструкциях ситовая система движется по горизонтальной круговой траектории (например, в одной из последних конструкций сепаратора К 560 фирмы «Петкус»). Следует отметить, что первые зерноочистительные машины с круговым колебательным движением сит появились на мелькомбинатах, и изготавливались они в соответствии с патентом швейцарской фирмы «Бюлер». Машины с круговым движением сит имеют ряд преимуществ, а именно:

а) значительно упрощается система самого привода, так как отсутствуют кривошипно-шатунные механизмы, а круговые колебания осуществляются за счет вращения шкива с дисбалансом, установленного непосредственно на самом ситовом кузове, что приводит к снижению расхода электроэнергии;

б) улучшается качество разделения зерна на ситах и увеличивается производительность машины;

в) система очистки сит от забивки значительно упрощается.

В настоящее время производство зерноочистительных машин с круговым колебательным движением ситовых кузовов, кроме фирм «Бюлер», «Петкус», освоили фирмы Российской Федерации, Бельгии, Польши и других стран.

С помощью ситового грохочения при правильно подобранных ситах можно достичь высокого качества очистки зерна. Однако отдельные примеси, которые имеют близкую по величине с зерном площадь поперечного сечения и не сильно отличающиеся от зерен по длине (например, куколь, полевой горошек, битое зерно, овсюг, овес и т.д.), ситовой очисткой удалить практически невозможно. Для выделения таких примесей применяют барабанные агрегаты с ячеистой рабочей поверхностью, так называемые, триеры, а также машины вибропневматического сепарирования [3]. Но, несмотря на широкое распространение, эти машины отличаются низкой производительностью и не могут удалить те примеси, которые по геометрическим размерам очень близки к очищенному зерну. Кроме того, как ситовым грохочением, так и с помощью триеров, нельзя удалить из общей зерновой массы неполноценное, более легкое, недозревшее и щуплое зерно.

Извлечение из зерновой массы трудноотделяемых примесей и неполноценного зерна возможно высокоэффективной воздушной сепарацией. Однако существующие на всех серийно выпускаемых зерноочистительных машинах системы воздушной очистки практически однотипны, далеко не совершенны, и поэтому осуществлять на них качественную подготовку семян достаточно сложно. Первым и самым главным недостатком для таких систем воздушной очистки является то, что в них воздушный поток воздействует на движущуюся зерновую массу однократно. Так как в сепарационной камере всегда будут наблюдаться местные завихрения, неоднородность скорости потока по сечению, трение и столкновение отдельных зерен и другие случайные явления, то, естественно, однократный контакт зерна с воздушным потоком не позволяет достичь высокой четкости разделения. В сепарационных камерах воздушной очистки движение потока зерна и воздуха поперечно-поточное, то есть зерно движется сверху вниз, а воздух пронизывает его в горизонтальном направлении. Поэтому силы, действующие на легкие зерна или примеси, направлены не противоположно, а, следовательно, даже незначительное повышение скорости воздуха приводит к большому уносу качественного зерна с легкой фракцией и наоборот.

Проблемы качественной классификации не менее актуальны и для других отраслей, таких как горно-обогатительная, химическая, производство строительных материалов и т.д. Здесь часто приходится измельчать кусковые материалы и далее осуществлять классификацию полученного продукта по размерам, плотности или массе. Применительно к этим отраслям весьма активно проводятся исследования по созданию новых высокоэффективных конструкций классификаторов, в том числе и воздушных сепараторов. Из разработанных сепараторов для классификации крупнозернистых материалов (0,2–10 мм) наиболее широкое применение в названных отраслях нашли две конструкции, схематично представленные на рис. 1а и 1б. Конструкция воздушного сепаратора (рис.1а) разработана в Уральском политехническом университете под руководством профессора М. Д. Барского [4], а конструкция (рис.1б) разработана известной немецкой фирмой «Альпине».

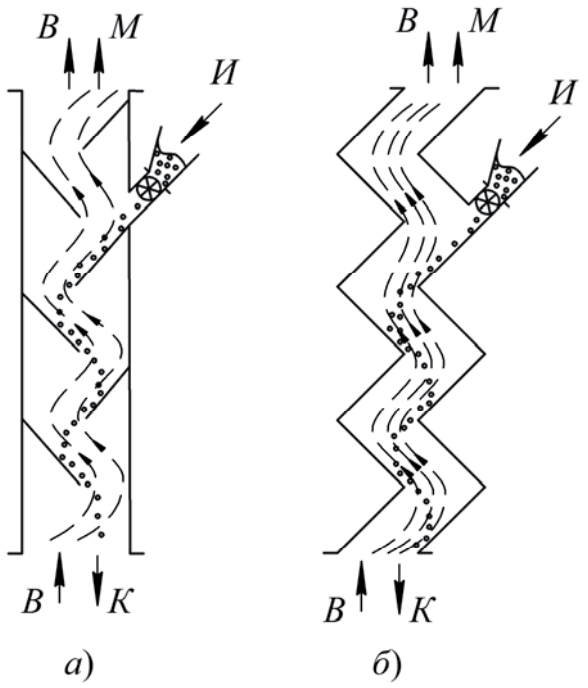


Рис. 1. Схемы воздушных сепараторов: И – исходный материал; В – воздух; К – крупная фракция; М – мелкая фракция

Конструкция сепаратора (рис. 1а) представляет собой вертикальную колонну прямоугольного сечения с пересыпными полками. Исходный материал из бункера с помощью питателя подается в колонну на одну из полок, ближе к верху, опускается вниз, падает на нижележащую полку, установленную с противоположной стороны колонны, и, таким образом, пересыпаясь с полки на полку, движется вниз. Воздух в камеру подается снизу и, двигаясь зигзагообразно вверх, многократно пронизывает падающий поток материала, выхватывая мелкие частицы и унося с собой. Наличие нескольких полок выше места ввода исходного материала исключает унос с воздухом случайно подхваченных крупных частиц. Таким образом, в камере происходит многократное воздействие воздушного потока на материал, подвергаемый классификации. Устанавливая в камере необходимое количество полок, и создавая оптимальную скорость воздуха,

можно достичь высокой эффективности разделения материала, как по размерам, так и по плотности.

Сепаратор фирмы «Альпине» (рис. 1б) представляет собой каскад наклоненных патрубков прямоугольного сечения, которые соединены между собой, образуя зигзагообразную камеру. Принцип работы данной конструкции аналогичен предыдущему сепаратору. Сравнительные испытания обеих конструкций [5] показали, что эффективность классификации в них практически одинаковая. С точки зрения технологии изготовления, по мнению авторов, следует отдать предпочтение первой конструкции, представленной на рис. 1а.

Применительно к процессам очистки и калибровки зерна авторами публикации разработана конструкция зерноочистительной машины (рис. 2), где для воздушной классификации используется многокаскадный полочный сепаратор [6].

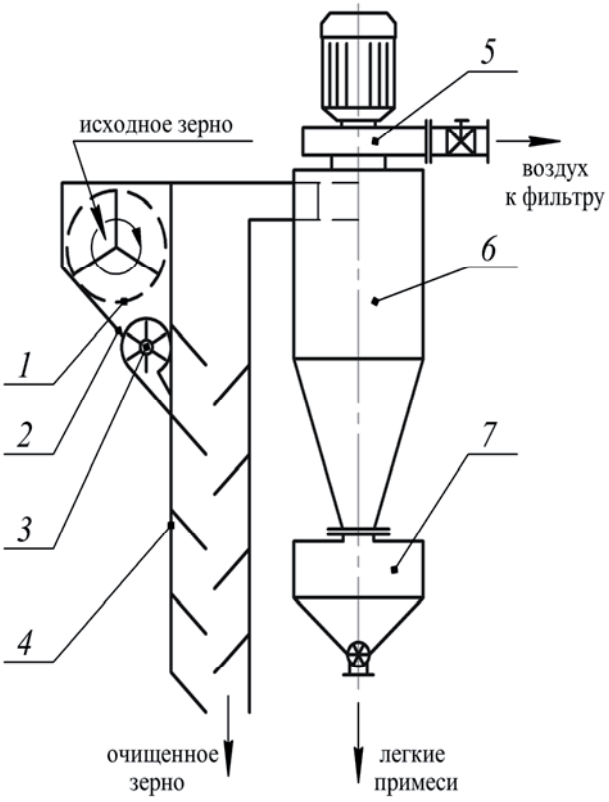


Рис. 2. Зерноочистительная машина с многокаскадным полочным сепаратором: 1 – перфорированный барабан; 2 – камера; 3 – питатель; 4 – полочный сепаратор; 5 – вентилятор; 6 – циклон; 7 – бункер

В данной конструкции на первой ступени предусмотрена очистка от крупных примесей, а на второй – от легких и мелких. Очистка от крупных примесей осуществляется во вращающемся перфорированном барабане 1, внутрь которого по течке подается зерно. Естественно, под каждую культуру должен быть свой барабан с определенным размером отверстий перфораций. Так как барабан установлен с наклоном в сторону, противоположную от загрузочного торца, то при его вращении зерно с ворохом будет перемещаться вдоль барабана. При движении зерно и мелкие примеси будут просыпаться через отверстия барабана в камеру 2. Оставшиеся в барабане крупные примеси, достигнув противоположного торца барабана, выпадают из него и по лотку удаляются из машины. Из камеры 2 зерно с мелкими примесями питателем 3 подается в многокаскадный полочный сепаратор 4, где, пересыпаясь с полки на полку, будет опускаться вниз. В то же время вентилятором 5 через сепаратор 4 снизу вверх просасывается воздух, который будет многократно пронизывать потоки зерна, падающего под углом с каждой полки. Так как вентилятор может обеспечить высокую производительность по воздуху, то скорость воздуха в криволинейных каналах полочного сепаратора можно устанавливать близкой к скорости витания полноценных зерен, не боясь их уноса, так как полки, находящиеся выше питателя 3, исключают это явление. Скорость воздуха в многокаскадном полочном сепараторе может регулироваться заслонкой или вентилем, установленным на выходном патрубке вентилятора 5. Мелкие и легкие фракции, унесенные воздухом из сепаратора, поступают в циклон, где отделяются от воздуха и опускаются вниз, а воздух отправляется на фильтрование или сбрасывается в атмосферу.

Для определения оптимальных технологических и конструктивных параметров зерноочистительной машины были проведены ее теоретические исследования.

Процесс очистки зерна от крупных примесей во вращающемся перфорированном барабане аналогичен процессу просеивания на ситах, подробно изложенному во многих литературных источниках [7]. Здесь приведем лишь зависимость для определения оптимального числа оборотов барабана $n_б$, об/с

$$n_б = \frac{0,2}{\sqrt{R}}, \qquad (1)$$

где R – радиус барабана, м.

Процесс отделения легких и мелких примесей от зерна в полочном сепараторе является, в сущности, многократной гравитационной классификацией исходного полидисперсного материала по плотности и размеру частиц. В этом случае частицы, взвешенные в движущемся газе, под действием сил тяжести и аэродинамического сопротивления перемещаются в зоне разделения в разных направлениях, отделяясь друг от друга. Одним из основных показателей процесса классификации является граничный размер разделения $\delta_{гр}$. Если размер частицы больше $\delta_{гр}$, то сила тяжести, действующая на нее, превышает силу аэродинамического сопротивления, и частица движется вниз против движения потока. Если размер

частицы меньше $\delta_{гр}$, то сила аэродинамического сопротивления больше силы тяжести, поэтому частица движется вместе с потоком. Таким образом, оценить граничный размер разделения можно из соотношения силы тяжести $G = mg$ и силы аэродинамического сопротивления

$$F_в = \xi k_г S \frac{\rho v_{отн}^2}{2}, \quad (2)$$

где ξ – коэффициент аэродинамического сопротивления, зависящий от режима обтекания; $k_г$ – коэффициент формы; S – миделево сечение частицы, м^2; ρ – плотности частиц, кг/м^3; $v_{отн}$ – скорость частицы относительно потока, м/с.

Однако, как показывает практика и работы других исследователей [5], теоретический расчет граничного размера разделения по соотношению вышеуказанных сил для многокаскадных сепараторов существенно расходится с результатами экспериментов. Причиной этого является неоднородность профиля скоростей воздушного потока в рабочем объеме сепаратора вследствие зигзагообразного движения, возникновение вихревых потоков. Поэтому было решено смоделировать процесс разделения в сепараторе как стационарное двухфазное течение текучей среды с твердыми частицами численным способом.

Движение воздуха через сепаратор можно описать при помощи уравнения движения Навье-Стокса, которое в векторном виде записывается как

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = -(\vec{v} \cdot \nabla)\vec{v} + \nu \Delta \vec{v} - \frac{1}{\rho}\nabla p + \vec{f}, \quad (3)$$

где ∇ – оператор Гамильтона; Δ – оператор Лапласа; t – время, с; ν – коэффициент кинематической вязкости, м^2/с; ρ – плотность, кг/м^3; p – давление, Па; $\vec{v}$ – векторное поле скоростей; $\vec{f}$ – векторное поле массовых сил.

Уравнение Навье-Стокса дополняется уравнением неразрывности потока

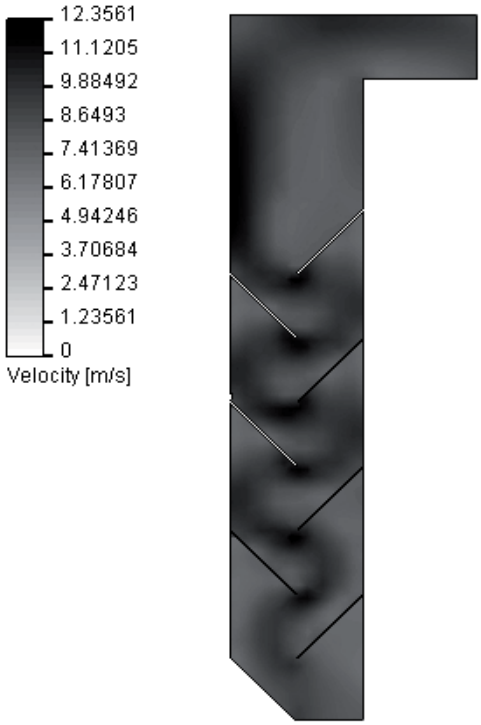
$$\nabla \cdot \vec{v} = 0, \quad (4)$$

и уравнением состояния идеального газа

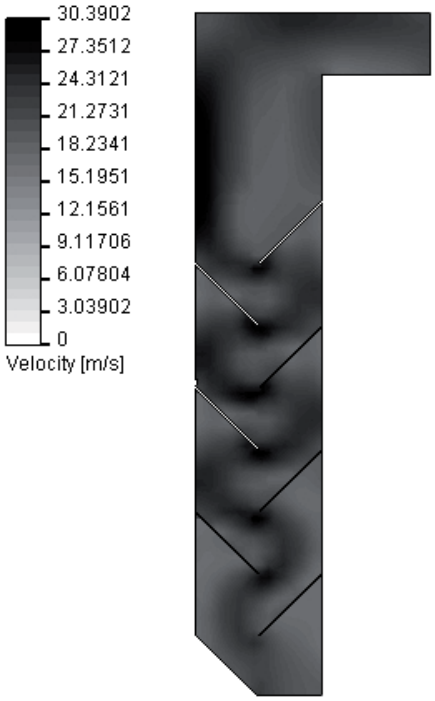
$$p = \rho R T. \quad (5)$$

Уравнения (3-5) решались численным способом в программе COSMOSFloWorks. Результаты решения позволили получить профили скоростей воздушного потока в сепараторах различного размера при разных расходах воздуха. Одни из характерных профилей показаны на рис. 3.

Результаты, представленные на рис. 3, получены для модели сепаратора со следующими геометрическими параметрами: размеры поперечного сечения – 200×200 мм, количество пересыпных полок – 8, угол на-



а)



б)

Рис. 3. Профили скоростей воздушного потока в сепараторе:
а) – скорость воздуха на сечение сепаратора – 2 м/с (расход 0,08 м^3/с); б) – скорость воздуха на сечение сепаратора – 5 м/с (расход 0,2 м^3/с)

клона полок – 45°, полки расположены в шахматном порядке и наполовину перекрывают сечение аппарата. Размеры поперечного сечения рекомендуется принимать не более 300×300 мм, так как иначе возникают проблемы равномерного распределения материала по сечению сепаратора, оттеснения материала к стенкам [5].

Установлено, что изменение расхода воздуха практически не влияет на структуру профиля скоростей воздуха в сепараторе. В то же время в локальных областях скорость воздуха может в несколько раз превышать среднюю скорость на сечение аппарата (рис. 3), либо, наоборот, снижаться практически до нуля. Это еще раз доказывает, что проводить расчет граничного размера разделения по средней скорости из соотношения массовых и аэродинамических сил не следует.

Размеры поперечного сечения сепаратора от 50×50 мм до 300×300 мм при сохранении геометрического подобия расположения пересыпных полок также на структуру профиля скоростей влияют незначительно.

После исследования профиля скоростей в расчетную модель вводился поток материала, и движение воздуха уже моделировалось как двухфазное стационарное течение, при этом силовым воздействием частиц на движущийся воздух пренебрегали. Это допущение не вносит существенной погрешности в расчет, так как оптимальная концентрация твердой фазы по результатам экспериментальных исследований таких сепараторов [5] не превышает 2-3 кг/кг воздуха. Коэффициент сопротивления частиц рассчитывался по формуле Хендерсона [8], которая в диапазоне рабочих скоростей воздуха в сепараторе будет иметь вид

$$\xi = \frac{24}{\mathrm{Re}} + \frac{4,12}{1 + 0,03\,\mathrm{Re} + 0,48\sqrt{\mathrm{Re}}} + 0,38, \qquad (6)$$

где Re – число Рейнольдса.

Отличие продолговатой формы зерен от шарообразной учитывалось коэффициентом формы $k_г = 1,76$ [7]. Эквивалентный диаметр зерен рассчитывался как среднее геометрическое трех измерений $d_э = \sqrt[3]{lbh}$. Контакт зерен с корпусом сепаратора и наклонными полками учитывался коэффициентом восстановления $k_v = 0,4$.

В результате обработки полученных при моделировании данных были построены графические зависимости граничного размера разделения $\delta_{гр}$ для зерен различных культур от скорости воздуха на сечение сепаратора, представленные на рис. 4. Граничный размер разделения $\delta_{гр}$ на графиках соответствует среднегеометрическому размеру зерна $d_э$.

Полученные зависимости (рис. 4) справедливы для таких зерновых культур как пшеница, рожь и ячмень при плотности зерен от 1200 кг/м^3 до 1400 кг/м^3. Результаты вышеприведенных расчетов можно использовать и при сепарации других зерновых культур.

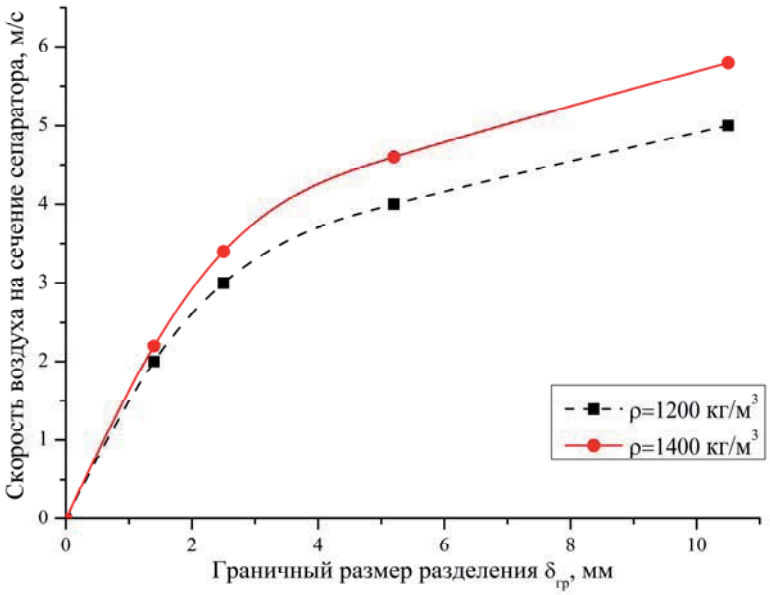


Рис. 4. Зависимость граничного размера разделения зерновых культур от скорости воздуха на сечение сепаратора

Таким образом, по зависимостям на рис. 4 можно определять необходимую величину скорости воздуха, отнесенную к поперечному сечению сепаратора, при требуемой величине граничного размера разделения. Частицы размером больше $\delta_{гр}$ будут ссыпаться вниз, а частицы размером меньше $\delta_{гр}$ или меньшей плотности, чем зерно, будут увлекаться воздушным потоком вверх.

По известной скорости воздуха и принятым размерам поперечного сечения сепаратора рассчитывается необходимый расход воздуха. Сопротивление многокаскадных полочных сепараторов не превышает 3-4 кПа. По требуемому расходу и сопротивлению подбирается вентилятор. Предельная производительность по исходному материалу определяется из соотношения не более 3 кг исходного материала на 1 кг проходящего через сепаратор воздуха. Если производительность по исходному материалу недостаточна, то в таких случаях рекомендуют не увеличивать размеры поперечного сечения, а секционировать сепаратор из нескольких отдельных колонок с размером сечения, как правило, не более 200×200 мм [5]. Количество колонок, работающих параллельно, рассчитывают из соотношения требуемой производительности и предельной для одной секции.

Для проведения производственных испытаний были разработаны два варианта зерноочистительных машин с многокаскадными полочными сепараторами. Первый вариант, производительностью 3 тонны в час, предназначен для подготовки высококачественного семенного материала. Сепаратор данной машины имеет по высоте 9 наклонных полок, исходный материал подается на третью сверху полку. Авторами публикации проведены исследования данной машины с целью определения возможности удаления неполноценных легких зерен из семенного материала. Для этого использовалось зерно ячменя и рапса, которое прошло окончательную очистку на машине «Петкус» и было подготовлено как семенной материал. При исследовании скорость воздуха в многокаскадном сепараторе изменялась в широком диапазоне, что позволяло отбирать в виде легкой фракции от 5 до 40% более легкого зерна. Высокая эффективность удаления неполноценных легких зерен с фракцией, уносимой воздухом вверх, была хорошо видна визуально уже при отборе 5% зерна. Однако для получения более точных данных авторами был использован известный способ определения массы 1000 зерен. Для этого определялась масса 1000 зерен исходного материала, а также масса такого же количества зерен, унесенных вверх с воздухом и опустившихся вниз в виде тяжелой фракции. При этом для всех опытов определялась процентная доля отбираемого зерна в виде легкой фракции от общего количества зерна, подаваемого на очистку.

Результаты данных исследований представлены на графиках (рис. 5).

График на рис. 5а построен по результатам классификации ячменя, а график на рис. 5б – для рапса. Из графика (рис. 5а) видно, что начальная масса 1000 зерен ячменя составляла 40,5 грамм, а при отдувке 10% легких зерен плотность посевного материала стала 42,5 грамм. Плотность тысячи зерен, удаленной вверх, составляет всего 26,5 грамм и, естественно, ожидать большой урожайности от такого зерна не приходится, поэтому его необходимо использовать на фуражные цели. При отборе в виде легкой фракции 40% зерна плотность тысячи зерен возрастает до 45,5 грамм, а легкой фракции – до 32,5 грамм.

Аналогичные данные получены при сепарации рапса, что наглядно видно из графика (рис. 5б), только здесь масса тысячи зерен почти в десять раз меньше массы зерен ячменя. В настоящее время два экземпляра машин данного варианта успешно эксплуатируются в хозяйствах.

Второй вариант зерноочистительной машины с многокаскадным полочным сепаратором предназначен для предварительной очистки зерна. Здесь производительность машины требуется значительно выше, поэтому многокаскадный сепаратор имеет ширину 1 метр, а по высоте установлено 6 наклонных полок с подачей зернового вороха в среднюю часть. Испытания данной машины показали, что она обеспечивает производительность при предварительной очистке зерна пшеницы, тритикале и ржи до 20 тонн в час, ячменя и овса до 16 тонн в час, а рапса – 8 тонн в час. При предварительной очистке зерна для отделения крупных примесей следует использовать барабан с отверстиями перфорации 12 мм, а при очистке рапса с отверстиями – 4 мм. Степень очистки всех зерновых культур составляет 75-80%. Особо значимые результаты получаются при очистке рапса. Здесь при начальной засоренности 20% в очищенном рапсе содержится менее 2% примесей, что исключает его повторную очистку после сушки, и его можно сразу отправлять на перерабатывающие предприятия. После предварительной очистки всех вышеуказанных культур унесенного зерна в отделенном ворохе не наблюдалось.

На данной зерноочистительной машине можно производить и окончательную очистку зерна после сушки, однако в этом случае необходимо устанавливать барабан с размером отверстий перфорации 8 мм, и производительность при этом будет составлять 10 тонн в час. Установлено, что за счет многократного

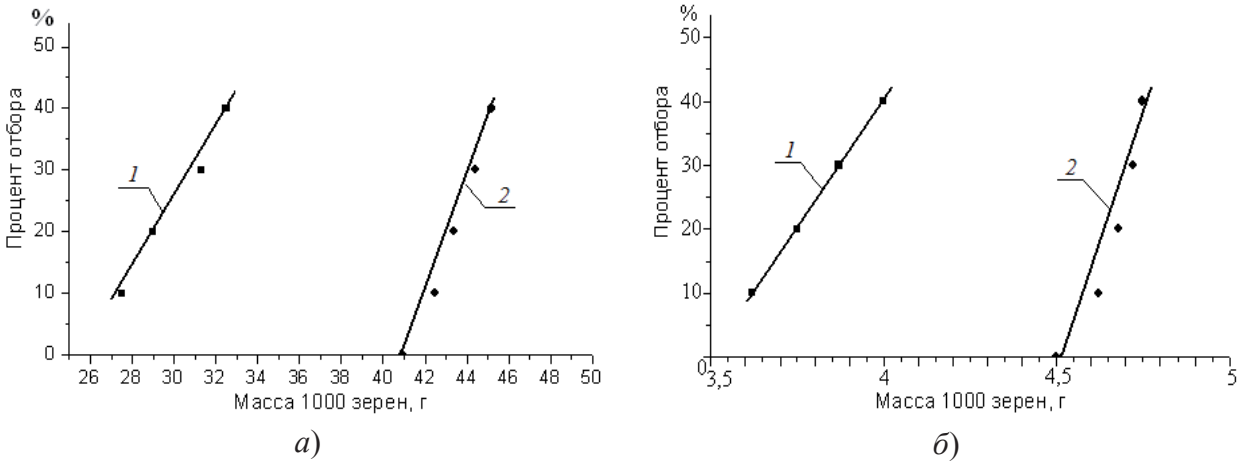


Рис. 5. Изменение массы зерен ячменя (а) и рапса (б) в зависимости от доли отбора с воздушным потоком в многокаскадном сепараторе:
1 – легкая фракция; 2 – тяжелая фракция

взаимодействия влажного зерна с воздухом в криволинейных каналах сепаратора влажность его снижается на 1-2%. В настоящее время более 30 машин предварительной очистки данной конструкции успешно эксплуатируются в СПК Республики Беларусь.

Заключение

Разработанная зерноочистительная машина обеспечивает высокое качество очистки зерна при незначительных эксплуатационных затратах, конструктивно проста, за счет чего имеет невысокую стоимость по сравнению со многими аналогами, надежна в эксплуатации. Проведенные исследования позволяют осуществлять подбор и расчет основных технологических и конструктивных параметров зерноочистительной машины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пиппель, Г. Эффективность послеуборочной обработки зерна на универсальных очистительных машинах фирмы «Петкус Вута» / Г. Пиппель // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1995. – №1. – С. 26–30.

2. Тарушкин, В. И. Эффективность диэлектрической сепарации семян / В. И. Тарушкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1996.– №5. – С.11–13.

3. Бутковский, В. А. Технология мукомольного, крупяного и комбикормового производства / В. А. Бутковский, Е. М. Мельников. – М.: Агропромиздат. – 1989. – 464 с.

4. Барский, М. Д. Гравитационная классификация зернистых материалов / М. Д. Барский, В. И. Ревнивцев, Ю. В. Соколкин. – М.: Недра. – 1974. – 232 с.

5. Барский, М. Д. Фракционирование порошков / М. Д. Барский. – М.: Недра, 1980. – 327 с.

6. Пневмосепаратор: пат. 5061 Респ. Беларусь, МПК7 В 04 В 4/00 / Э. И. Левданский, А. Э. Левданский, С. Э. Левданский; заявитель Бел. гос. технолог. ун-т. – № а 19990403; заявл. 27.04.99; опубл. 30.12.99 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 1999. – № 4. – С. 45.

7. Сапожников, М. Я. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / М. Я. Сапожников. – М.: Высшая школа, 1971. – 382 с.

8. Henderson, C. B. Drag coefficients of spheres in continuum and rarefied flows/ C. B. Henderson // AIAA Journal. – 1976. –V. 14, №6, June. – P. 707-708.

УДК 639.3.043.2 ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 2.06.2011

ВЛИЯНИЕ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА КАРПА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА РЫБНОЙ ОТРАСЛИ

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

Аннотация

В статье приведены результаты исследований по оценке влияния малькового комбикорма на рост и физиологическое состояние выращенных сеголетков. Установлено, что кормление мальков таким кормом в начале сезона обеспечивает более высокий темп роста рыбы. Биохимический и гематологический анализы показали повышенное содержание жира и белка в мышцах, белка – в сыворотке крови, что свидетельствует о высоком уровне физиологического состояния и повышенной зимостойкости опытного сеголетка.

The research results in the field of estimation the effect of baby fish fodder on the growth and physiological state of the young fish are presented in the article. It is established that using such a fodder at the beginning of the season for baby fish feeding results in higher fish growth. The biochemical and hematological tests showed the higher content of fat and protein in muscle, as well as protein in blood serum, that indicates the high level of physiological state and increased winter survival of the experimental young fish.

Введение

Прудовое рыбоводство по-прежнему остается наиболее эффективным с экономической, рыбоводной, экологической и социальной точек зрения. Прудовая рыба является социально-значимым продуктом, рост стоимости которой ограничен ростом доходов населения, поэтому основное внимание на новом этапе следует уделить удешевлению получаемой рыбопродукции путем интенсивного применения энерго- и ресурсосберегающих технологий, основное преимущество которых – увеличение производства продукции при небольших материальных затратах.

Одним из важных резервов ресурсосбережения и снижения затрат на единицу продукции является перевод большой части прудовых площадей на ускоренное производство товарной рыбы, повышенных

весовых кондиций массой около 200 грамм уже на втором году жизни.

Перевод хозяйств на двухлетний оборот выращивания рыбы в свою очередь требует зарыбления прудов крупным посадочным материалом – 40-60 грамм. Получение посадочного материала высокой навески возможно при условии наличия в достаточном количестве доступного и высококачественного естественного и искусственного корма. Развитие естественной кормовой базы стимулируют внесением органических и минеральных удобрений [1-5].

Учеными института разработан новый рецепт комбикорма для мальков, который отличается повышенной питательностью и доступностью.

Цель настоящих исследований – изучить влияние использования корма для мальков на рост и физиологическое состояние сеголетков карпа.

Объекты и методы исследования

В качестве исследуемого материала были использованы пробы воды, зоопланктона, зообентоса, мышцы, кишечник и кровь сеголетков карпа. Анализ воды проводился в соответствии с руководством О.А. Алекина [6]. Исследования естественной кормовой базы прудов проводили по общепринятым в гидробиологии методикам [7, 8]. При изучении спектра питания пользовались методом индивидуального анализа кишечников [9]. Испытания комбикорма для мальков проводились в рыбхозе «Полесье» на двух прудах площадью 18 га каждый. Еще два таких же пруда служили контролем. Проводилось два варианта опытов. Первую пару прудов (один опыт + один контроль) зарыбили личинкой карпа с плотностью посадки 1500тыс. экз./га. Вторую – зарыбили личинкой карпа (500 тыс. экз./га), белого амура (БА, 1000 тыс. экз./га) и пестрого толстолобика (ПТ, 200 тыс. экз./га). Личинку во всех прудах начали кормить через неделю после зарыбления, причем на контрольных прудах (В-8 и В-5) весь сезон использовали традиционный комбикорм рецепта К-110, на опытных – 2 недели использовался мальковый корм, а затем К-110.

Результаты и их обсуждение

Проведенные исследования показали, что сразу после вселения в пруд рыба питается исключительно доступным ей живым кормом. Уровень его развития зависит от ряда факторов, основными из которых являются температура, наличие основных биогенов – азота и фосфора.

В сезоне 2009года температура воды при зарыблении и после него составляла 16-20°С, содержание аммонийного азота – 0,2-0,4 мгN/л, растворимые нитритные и нитратные формы азота – не обнаружены, концентрация минерального фосфора была в пределах 0,01-0,12 мгР/л.

Планктонное сообщество организмов опытных и контрольных прудов формировалось за счет коловраток, веслоногих и ветвистоусых ракообразных.

Анализ качественного и количественного состава зоопланктона показал, что основу численности и биомассы в опытных и контрольных прудах первого варианта создавали веслоногие рачки (2 вида). Они были представлены науплиальными и копеподитными стадиями развития.

В первом варианте численность и биомасса зоопланктона были невысокими и не превышали в опыте 117 экз./л и 2,93 мг/л соответственно. Во втором варианте в обоих прудах массового развития достигла Daphnia magna Straus., где отмечалась максимальная численность и биомасса 141 экз./л и 173 экз./л, и 16,69 мг/л и 14,627 мг/л соответственно. Это означает, что в этих прудах в начале сезона условия питания сеголетков в контроле и опыте были лучше, чем в прудах первого варианта.

Сообщество зообентоса в прудах представлено водными и вторичноводными животными, которые относятся к различным систематическим группам. Данное сообщество включает в себя такие разные группы животных как черви, ракообразные, пиявки, моллюски и личинки насекомых. Как правило, в спускных выростных прудах бентос формируется за счет массового развития личинок комаров-звонцов (Chironomidae) и олигохет. Сообщество хирономид в исследованных прудах представлено 10 видами. Основу биомассы бентоса в контрольных и опытных прудах формировали личинки Ch.plumosus L., Limnochironomus гр. tritomus Kieffer, Polypedilum гр. convictum Walker, Glyptotendipes gripekoveni Kieffer.

Численность бентосных организмов в контрольных прудах составляла в среднем 2000 экз./м^2 , биомасса – 17 г/м^2, в опытных прудах – 1120 экз./м^2 и 13 г/м^2 соответственно. Из приведенных материалов исследований следует, что условия питания личинок сразу после зарыбления в первом варианте опытов были хуже, чем во втором.

Со второй недели пребывания личинки в пруду ее начали прикармливать наиболее мелкой фракцией малькового корма. Постепенно рыба все больше к нему привыкала, и объем потребления увеличивался. Спустя две недели, при переходе в опытных прудах с малькового корма на К-110 были отобраны кишечники рыб и исследовано содержимое пищевого комка. Как показали результаты исследований (табл. 1), доля естественной пищи (зоопланктон+зообентос) составляла 26-34% и 67-83% - комбикорм. Уровень накормленности в первом варианте был низкий, во втором – средний и высокий. Через 1 и 2 месяца были повторно проведены аналогичные исследования. Установлено, что доля естественной пищи в рационе сеголетка уже через месяц снизилась примерно в 3 раза, а доля комбикорма увеличилась до 90%. Уровень накормленности при этом возрос, особенно во втором варианте.

В течение вегетационного сезона изучался темп роста сеголетка карпа в обоих вариантах опытных и контрольных прудов. На момент перехода с малькового

Таблица 1. Состав содержимого (в %) пищеварительных трактов опытных сеголетков (рыбхоз «Полесье», 2009г.)

Наименование и № пруда	№ варианта	Июнь					Июль					Август				
		Зоопланктон	Бентос	Комбикорм	Индекс массы кишечника с содержимым	Уровень накормленности	Зоопланктон	Бентос	Комбикорм	Индекс массы кишеч - ника с содержимым -	Уровень накормленности	Зоопланктон	Бентос	Комбикорм	Индекс массы кишечника с содержимым	Уровень накормленности
В-7 опыт	I	20,2	14,0	65,8	5,8	низкий	2,2	6,4	91,4	11,1	высокий	3,8	17,3	82,0	9,95	высокий
В-8 контроль		7,3	22,0	70,7	6,8	низкий	3,4	8,1	88,5	6,5	низкий	3,0	15,0	76,9	8, 5	средний
В-6 опыт	II	3,3	13,3	83,4	9,6	высокий	1,3	9,3	89,4	12,2	высокий	1,9	7,7	90,4	9,9	высокий
В-5 контроль		9,2	23,5	67,3	7,0	средний	4,1	20,0	75,9	9,6	высокий	4,5	11,3	64,2	9,6	высокий

корма на К-110 среднештучная масса малька в опытных прудах обоих вариантов была выше, чем в контрольных: 1,7 г и 1,45 г против 1,5 и 0,6 г соответственно. Эта разница была бы еще больше, если бы кормление мальковым кормом продлили еще на две недели.

В конце сезона осеннего облова было установлено, что среднештучная масса сеголетков в опытном и контрольном прудах первого варианта примерно одинаковы (около 20 г), но выход сеголетка в опыте несколько выше, в результате и рыбопродуктивность на 0,5 ц/га больше.

Во втором варианте опытов при разреженной посадке среднештучная масса сеголетка в опыте составила 45 г, в то время как в контроле – 36 г. Благодаря этому рыбопродуктивность на опытном пруду была на 1 ц/га выше и составила 7,9 ц/га.

Помимо рыбоводных показателей, определялось физиологическое состояние рыбы. Пробы на биохимический и гематологический анализы брались: первый раз – 8 сентября, когда сеголетка еще продолжали кормить комбикормом К-110; второй раз – 20 октября во время облова. Закончили кормить рыбу 18 сентября.

На биохимический анализ одна проба (мышцы) отбиралась от 5 рыб, повторность трехкратная (по 15 рыб из каждого пруда). В пробах определялось содержание влаги, белка и жира, которые характеризуют в определенной степени физиологическое состояние и готовность к зимовке.

При отборе проб крови на анализ использовали по 10 экземпляров карпа, поскольку больший объем выборки значительно увеличивает продолжительность взятия, что ведет к изменению гематологических показателей.

Была выделена группа показателей, наиболее чувствительных к неполноценности пищи. Это содержание гемоглобина, эритроцитов, а также белка в сыворотке крови. Высокое содержание белка в пределах установленных норм является благоприятным признаком высокой жизнестойкости.

Как показали результаты исследований (табл.2), пробы в сентябре и октябре при облове прудов несколько отличались между собой. Так, в сентябрь-

Таблица 2. Биохимический состав сеголетков карпа (рыбхоз «Полесье», 2009г.)

Номер и назначение пруда	Дата отбора проб	Среднештучная масса, г±Sx	Коэффициент упитанности по Фультону	Содержание влаги, %± Sx	Содержание сухого вещества, %± Sx	Содержание сырого протеина в сухом веществе, %± Sx	Содержание сырого жира в сухом веществе, %± Sx
В-5 контроль	8 сентября	32±1,20	2,79±0,028	78,33±0,54	21,67±0,54	75,98±0,316	24,2±0,112
	20 октября	34,2±1,25	3,22±0,016	76,6±0,066	23,4±0,066	71,88±0,14	19,7±0,311
В-6 опыт	8 сентября	43±3,41	2,75±0,015	77,72±0,238	22,28±0,238	72,62±0,145	25,7±0,220
	20 октября	42,86±1,27	3,30±0,017	76,3±0,026	23,7±0,026	71,74±0,017	20,1±0,116
В-8 контроль	8 сентября	20,0±4,26	2,79±0,025	76,93±0,012	23,07±0,012	68,19±0,142	21,7±0,184
	20 октября	32,06±1,84	3,06±0,012	76,31±0,151	23,69±0,151	70,07±0,125	19,2±0,125
В-7 опыт	8 сентября	21±2,11	2,76±0,020	77,16±0,026	22,84±0,026	68,81±0,23	22,6±0,230
	20 октября	28,7±2,73	3,11±0,016	76,23±0,153	23,77±0,151	70,77±0,36	19,9±0,110

Таблица 3. Основные гематологические показатели крови сеголетков карпа (рыбхоз «Полесье», 2009г.)

Наименование показателей	Номер и назначение пруда			
	В-5 (контроль)	В-6 (опыт)	В-8 (контроль)	В-7 (опыт)
1	2	3	4	5
СОЭ, мм/ч	1,8±0,22	1,9±0,12	2,0±0,14	1,6±0,20
Общий белок, %	4,11±0,16	4,36±0,21	3,12±0,27	3,26±0,29
Гемоглобин, г/л	8,12±0,42	8,60±0,31	7,60±0,24	7,92±0,18
Эритроциты, млн./мкл	1,6±0,13	1,66±0,14	1,42±0,19	1,54±0,11
Лейкоциты, тыс./мкл	18,1±0,33	19,2±0,42	22,3±0,29	24,4±0,50
Лимфоцитов, %	86,2±2,17	91,1±3,16	82,4±2,16	83,2±3,31
Моноцитов, %	2,4±0,11	2,6±0,14	4,2±0,17	3,8±0,19
Нейтрофилов, %	8,3±0,21	8,6±0,18	12,1±0,31	9,4±0,14
Эозинофилов, %	1,3±0,09	1,5±0,30	2,0±0,14	1,8±0,22

ских пробах, когда рыбу еще продолжали кормить, содержание жира в мышцах было заметно выше, чем спустя 42 дня. Это связано с тем, что рыба после 18 сентября уже практически не питалась, но продолжала находиться в вырастных прудах, где активно передвигалась. С пересадкой в зимовальные пруды при высокой плотности посадки движения ее будут ограничены. Снижение температуры воды еще больше снизит ее активность, и траты накопленного за лето жира будут менее интенсивными. Если сравнивать по этому показателю опыт и контроль, то у рыб, получавших мальковый корм содержание жира немного выше, особенно при разреженных посадках (25,7% против 24,2%). Даже в контрольном пруду, где была низкая посадка, содержание жира в мышцах было на 2,5% выше, чем в контроле с уплотненной посадкой. В целом же содержание жира и упитанность по Фультону довольно высокие, что свидетельствует о повышенной зимостойкости опытного сеголетка.

Различия в гематологических показателях также в пользу опытных прудов (табл. 3). Заметно выше содержание эритроцитов и гемоглобина, а также довольно высокое содержание белка в сыворотке крови и в опыте, и в контроле, особенно при разреженных посадках.

Таким образом, использование мальковых кормов в начале сезона положительно влияет на физиологическое состояние, биохимический состав и зимостойкость выращенного сеголетка карпа.

Выводы

Для обеспечения высокой выживаемости и реализации природного потенциала роста личинкам и малькам карпа необходимо в вырастных прудах создать высокую кормовую базу еще до зарыбления.

Через неделю после зарыбления следует начинать прикармливать личинку мелкой фракцией малькового комбикорма.

Кормление в начале сезона мальковым комбикормом обеспечивает более высокий темп роста и уровень физиологического состояния сеголетка карпа.

Для получения крупного сеголетка массой 40 г и более следует несколько снизить плотность посадки личинки и увеличить срок использования малькового корма до одного месяца.

ЛИТЕРАТУРА

1. Естественная кормовая база вырастных прудов, удобряемых животноводческими стоками/ Н.Н. Гадлевская [и др.]// Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. – Мн., 1997. – Вып. 15. – С.59-64.

2. Микроудобрения как способ повышения естественной кормовой базы и рыбопродуктивности рыбоводных прудов/ Г.П. Воронова [и др.]//Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. – Мн., 2001. – Вып. 17. – С. 95-104.

3. О возможности использования фосфогипса для удобрения рыбоводных прудов/ В.Н.Столович [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. – Мн., 2002. – Вып. 18. – С. 37-43.

4. Столович, В.Н. Развитие фито- и зоопланктона в прудах, удобряемых фосфогипсом/В.Н.Столович, Н.Н.Гадлевская, В.Д.Сенникова// Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. – Мн., 2003. – Вып. 19. – С. 132-138.

5. Применение отходов и побочных продуктов пищевой промышленности для стимуляции развития кормовых организмов для рыб/ Г.П.Воронова [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. – Мн., 2009. – Вып. 25. – С. 152-160.

6. Алекин, О.А. Руководство по химическому анализу вод суши /О.А. Алекин, А.Д. Семенова, Б.А. Скопинцев. – Л.: Гидрометеоиздат, 1973. – 260с.

7. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. – Л.: ГосНИОРХ, 1984. – 33с.

8. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция. – Л.: ГосНИОРХ, 1984. – 52с.

9. Инструкция по сбору и обработке материала для исследования питания рыб в естественных условиях. – М.: ВНИПРО, 1971. – Ч. 1.

УДК 621.577: 664.723 ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 23.08.2011

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ОСУШЕНИЯ И РЕЦИРКУЛЯЦИИ ОТРАБОТАВШЕГО СУШИЛЬНОГО АГЕНТА В КОНВЕКТИВНЫХ ЗЕРНОСУШИЛКАХ

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

Аннотация

Определены условия применения тепловых насосов для осушения и рециркуляции отработавшего сушильного агента в конвективных зерносушилках. Предложена методика расчета энергетических и температурных параметров работы тепловых насосов и установлены размеры энергосбережения.

The conditions for the usage of heat pumps while draining and recycling the worked-out drying aggregate in the convective graindryers are defined. The technique of calculating the energy and temperature parameters of heat pump performance is suggested, the energy saving parameters are determined.

Введение

К наиболее энергоемким технологическим процессам в сельском хозяйстве относится послеуборочная обработка зерна и семян, на осуществление которой приходится 30-50% расхода топлива от общих затрат на производство зерна и семян. В Республике Беларусь используется около 3,3 тысячи зерноочистительно-сушильных комплексов и около 1,3 тысяч отдельно установленных зерносушилок. Большинство из них эксплуатируется более 15 лет и характеризуется повышенными затратами топлива и энергии на сушку продукции.

В связи с этим внедрение эффективных зерносушилок включено в перечень основных направлений повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов в сельском хозяйстве Республики Беларусь.

Актуальным является проведение исследований с целью решения задач энергосбережения путем разработки новых конструктивных схем и режимов работы сушильных установок. При этом особое значение приобретает утилизация теплоты отработавшего сушильного агента (СА) как вторичного энергетического ресурса.

Согласно каталогу ”Оборудование и машины для послеуборочной обработки зерна”, изданному в 2009 г. в РУП ” НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства”, при строительстве новых зерносушильных комплексов и замене (реконструкции) устаревших зерносушилок осуществляется переход от сушки смесью топочных газов с воздухом к сушке нагретым воздухом.

Перспективным представляется использование тепловых насосов (ТН) в конвективных зерносушилках (КЗС) для осушения и рециркуляции отработавшего СА с последующим его нагревом за счет теплоты, затраченной на испарение влаги в сушильной камере, и повторным использованием в процессе сушки [1–4]. В результате сушильный агент циркулирует по замкнутому контуру «сушильная камера – ТН – сушильная камера».

Цель данной работы – определить условия и возможности использования ТН с дополнительными нагревателями воздуха для осушения и рециркуляции отработавшего СА (воздуха) и установить достигаемую при этом экономию теплоты и топлива при сушке зерна и семян.

Основная часть

Принципиальная схема использования ТН в КЗС включает в себя сушильную камеру (СК), нагреватель (Н) и теплонасос (ТН) (рис. 1).

Воздух, отработавший как СА в сушильной камере, направляется в испаритель (И) теплового насоса, в котором охлаждается и осушается, а затем про-

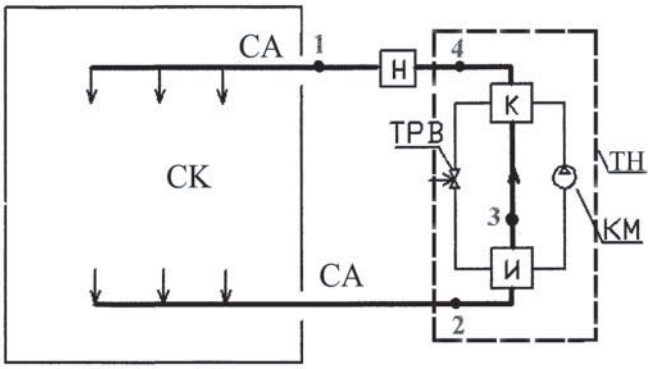


Рис. 1. Принципиальная схема использования ТН для осушения и рециркуляции отработавшего СА в конвективных зерносушилках

ходит конденсатор (К) теплового насоса и дополнительный нагреватель (Н), где нагревается до заданной температуры. Теплота, передаваемая в испарителе от воздуха рабочему веществу (хладону) ТН, используется для нагрева воздуха в конденсаторе. Согласно расчетной схеме воздух полностью пропускается вначале через испаритель, а затем – через конденсатор и нагреватель.

На схеме показаны компрессор (КМ) и терморегулирующий вентиль (ТРВ), а также характерные точки состояний влажного воздуха в процессах его нагрева и использования. При этом использованы следующие обозначения точек: 1 – при поступлении в сушильную камеру; 2 – на выходе сушильной камеры; 3 – на выходе испарителя и 4 – на выходе конденсатора перед нагревателем.

В основу математической модели положены уравнения, характеризующие процессы изменения тепловлажностного состояния воздуха при сушке продукции и при тепловой обработке воздуха в испарителе и конденсаторе ТН [3-7].

В математическую модель введено ограничение, касающееся температуры воздуха на выходе конденсатора ТН:

$t_4 \leq t_1$.

Знак «равенство» соответствует использованию ТН при отсутствии дополнительного нагревателя, а знак «неравенство» – с использованием дополнительного нагревателя.

Рассматривая изменение тепловлажностного состояния воздуха при его охлаждении в испарителе, относительная влажность воздуха на выходе испарителя принята равной $\varphi_3 \cong 100\%$.

При расчете потребления теплоты и энергии пользовались удельными расходами теплоты и энергии, отнесенными к 1 кг влаги, испаренной из влажного продукта в процессе сушки.

Входными параметрами математической модели являются исходные данные к тепловому расчету конвективной зерносушилки, принимаемые (или определяемые) согласно нормам проектирования [5, 6]:

– температуры СА на входе и выходе сушильной камеры, соответственно t_1 и t_2, ºС;

– относительная (максимально допустимая) влажность отработавшего СА φ_2, %, и его влагосодержание d_2, г/кг;

– разность добавлений и расходов теплоты в сушильной камере Δ, кДж/кг, отнесенная к 1кг испаренной влаги.

– температура наружного воздуха t_o,ºС.

К входным параметрам относятся также наименьшие температурные напоры в конденсаторе и испарителе ТН (соответственно δt_1 и δt_2), которые допустимо принимать в пределах от 3 до 10 ºС.

В ходе анализа математической модели исследуемых процессов, было установлено:

– возможности и условия использования ТН в рассматриваемой принципиальной схеме однозначно определяются заданными параметрами теплового режима сушки и наименьшими температурным напорами в конденсаторе и испарителе ТН;

– для решения системы уравнений, описывающих математическую модель, значения этих параметров должны отвечать условию совместности системы уравнений;

– при условии совместности системы уравнений оказывается возможным найти только одно решение, соответствующее заданным условиям использования ТН в составе КЗС;

– ключевым моментом при нахождении этого решения является определение разности температур воздуха на выходе и входе конденсатора ТН.

Согласно вышеизложенным выводам методика расчета энергетических и температурных параметров работы ТН при их использовании для осушения и рециркуляции отработавшего СА в КЗС включает следующие этапы:

– проверка возможности использования ТН, исходя из условия совместности системы уравнений, представляющей собой математическую модель исследуемых процессов;

– определение разности температур воздуха на выходе и входе конденсатора ТН;

– расчет энергетических и температурных параметров режимов работы ТН и КЗС;

– расчет экономии теплоты и топлива, достигаемой при сушке продукции за счет использования ТН.

Остановимся на основных положениях методики расчета.

Рассматриваемая система уравнений является совместной, если значение температуры воздуха на выходе испарителя ТН удовлетворяет неравенству:

$$t_{3.гр} \leq t_3 < t_2, \quad (1)$$

где $t_{3.гр}$ и t_3 – граничная и действительная температура воздуха на выходе испарителя, ºС.

При возможности охлаждении воздуха в испарителе ТН до граничной температуры $t_{3.гр}$ воздух нагревается в конденсаторе ТН до заданной температуры t_1 без использования дополнительного нагревателя,

Принимая при решении математической равенство температур $t_4 = t_1$, получена следующая зависимость для расчета граничной температуры воздуха:

$$t_{3.гр} = t_1 - [(Z_1\pi_2)/(1 + 0,088\,\pi_2)], \quad (2)$$

где Z_1 – первый безразмерный параметр; π_2 – температурный параметр, ºС.

При этом:

$$Z_1 = 8,13 - 0,088\,(\delta t_1 + \delta t_2); \quad (3)$$

$$\pi_2 = -\frac{\Delta(t_1 - t_2)}{A}, \quad (4)$$

где A – параметр, определяющий полезно используемую при сушке теплоту, кДж/кг:

$$A = 2500 + 1.88\,t_2 - \Delta\,.$$

Для определения параметров воздуха на выходе испарителя (влагосодержания $d_3 = d_1$ и температуры t_3) следует использовать уравнения, предложенные в работе [3].

Следует отметить, что если граничная температура $t_{3.гр}$ не зависит от влажности и влагосодержания отработавшего СА, то температура t_3 однозначно связана с этими параметрами. При этом увеличение влажности отработавшего СА сопровождается увеличением температуры t_3, что способствует выполнению неравенства (1).

Разность температур воздуха на выходе и входе конденсатора ТН определяется по формуле:

$$\delta t = 5,68\left(Z_2 - \sqrt{Z_2^2 - 0,352BZ_1}\right), \qquad (5)$$

где Z_2 – второй безразмерный параметр; B – размерный параметр, ºС.

Для определения этих параметров предложены уравнения:

$$Z_2 = Z_1 + 0,088B - 1;$$

$$B = t_1 - t_3 - \pi_2\,.$$

После расчета разности температур воздуха на выходе и входе конденсатора оказывается возможным найти другие неизвестные величины:

– температуру воздуха на выходе конденсатора:

$t_4 = t_3 + (\delta t)$;

– удельный расход теплоты в дополнительном нагревателе:

$$q_н = A\,\frac{t_1 - t_4}{t_1 - t_2}\,; \qquad (6)$$

– удельный расход электрической энергии на привод компрессора:

$$l = -\Delta - q_н; \qquad (7)$$

– разность температур конденсации в конденсаторе и испарения в испарителе:

$$\delta t_{тн} = \delta t + \delta t_1 + \delta t_2; \qquad (8)$$

– коэффициент преобразования ТН по формуле из работы [3];

– удельный расход теплоты при использовании ТН для осушения и рециркуляции воздуха в конвективной зерносушилке:

$$q_{тэ} = \frac{l}{\eta_1\eta_2} + \frac{q_н}{\eta_3}\,, \qquad (9)$$

где η_1 и η_2 – КПД тепловой электростанции и коэффициент потерь энергии в электросетях; η_3– КПД воздухонагревателя;

– удельный расход теплоты при сушке традиционным способом с использованием нагретого воздуха в качестве СА:

$$q_т = A\,\frac{t_1 - t_0}{(t_1 - t_2)\eta_3}\,; \qquad (10)$$

– относительную экономию теплоты и топлива:

$$b = (q_т - q_{тэ})/\,q_т\,. \qquad (11)$$

Система вышеприведенных уравнений устанавливает тесную взаимосвязь между энергетическими и температурными параметрами режимов работы ТН и КЗС.

Предложенная методика расчета и вышеприведенные уравнения были использованы для следующих типовых вариантов сушки:

– вариант 1 – сушка семян гороха;
– вариант 2 – сушка семян трав;
– вариант 3 – сушка семенного зерна;
– вариант 4 –сушка семян кукурузы;
– вариант 5 – сушка гречихи;
– вариант 6 – сушка продовольственного зерна пшеницы.

Параметры теплового режима сушки определены согласно [5, 6]. Наименьшие температурные напоры в испарителе и конденсаторе приняты равными 6 ºС.

При проверке возможности использования ТН для осушения и рециркуляции отработавшего СА относительная влажность воздуха на выходе сушильной камеры во всех вариантах принята равной 80%,

Результаты расчетов даны в табл. 1.

Анализ табличных данных позволил заключить, что применение ТН в комплекте с дополнительным нагревателем для осушения и рециркуляции отработавшего СА возможно при низкотемпературной сушке семян и семенного зерна при параметрах теплового режима работы ТН и КЗС, отвечающих неравенству (1) как условию совместности используемой системы уравнений.

В случае сушки гречихи и продовольственного зерна пшеницы (варианты 5 и 6) оказывается невозможным использование ТН в исследуемых условиях

Таблица 1. Расчет температур воздуха на выходе испарителя

Параметры, единицы величин	Источник, номер формулы	Вариант					
		1	2	3	4	5	6
t_1, ºС	Принято	50	60	70	55	90	120
t_2, ºС	Принято	30	28	35	35	35	42
d_2, г/кг	[5]	22,0	19,7	29,5	29,5	29,5	44,5
Δ, кДж/кг	Принято	–1250	–1750	–2000	–1500	–2000	–2000
$d_1 = d_3$, г/кг	[3]	16,5	12,0	21,5	24,3	17,0	26,5
t_3, ºС	[3]	22,0	17,0	26,2	28,2	22,5	29,5
Z_1	(3)	7,074	7,074	7,074	7,074	7,074	7,074
π_2, ºС	(4)	6,57	13,01	15,33	7,4	24,1	34,06
$t_{3.гр}$, ºС	(2)	20,6	17,0	23,8	23,3	35,3	59,7

в связи с невыполнением условия совместности системы уравнений. Расчетное значение температуры t_3 не удовлетворяет неравенству (1), т.к. оказывается меньше граничного значения температуры $t_{3.гр}$.

Дальнейшие расчеты выполнены для вариантов сушки 1, 2 и 3. При этом ставилась задача установить влияние на экономию теплоты и топлива при использовании ТН следующих параметров: влажности отработавшего СА, КПД тепловых электростанций и разности добавлений и расходов теплоты в сушильной камере.

При расчетах приняты следующие исходные данные: η_2 =0,92; η_3 = 0,91; $\delta t_1 = \delta t_2$ = 6 ºС; t_o= 5 ºС и два значения КПД тепловых электростанций: η_1 = 0,38 и η_1 = 0,51.

Анализ полученных результатов позволил установить, что экономия теплоты и топлива в КЗС при использовании ТН для осушения и рециркуляции отработавшего СА во многом определяется влажностью отработавшего в сушильной камере воздуха и КПД тепловых электростанций. Даже незначительное увеличение влажности отработавшего СА сопровождается существенным увеличением экономии теплоты и топлива.

Результаты расчетов, выполненных для сушки семенного зерна (вариант 3) в зависимости от влажности отработавшего СА и КПД электростанций, представлены на рис. 2.

Крайние левые точки на графиках характерны для применения ТН без дополнительных нагревателей. Очевидно из графиков, что использование ТН в комплекте с дополнительными нагревателями способствует увеличению эффекта энергосбережения.

Увеличение относительной влажности отработавшего СА (воздуха) от 72 до 85% при сушке семенного зерна сопровождается уменьшением удельных расходов теплоты от 5700 до 4400 кДж/кг при КПД электростанции η_1 = 0,38 или от 4250 до 3450 кДж/кг при КПД электростанции η_1 = 0,51. При этом экономия теплоты и топлива увеличивается соответственно от 38,5 до 53% и от 54 до 63%.

Во многом определяющим фактором в формировании условий возможного применения ТН для воздухоосушения в зерносушилках является значение разности добавлений и расходов теплоты в СК [3].

Поэтому соответствующий интерес вызывает анализ влияния этой величины на показатели энергоэффективности применения ТН с целью осушения и рециркуляции воздуха в КЗС.

Необходимо отметить, что применение ТН в анализируемых условиях возможно при повышенных по модулю значениях этой разности добавлений и расходов теплоты. Такие значения характерны для сушки гороха, фасоли, проса, рапса и др. культур, для которых снижение влажности за один проход через сушилку составляет от 2 до 4%.

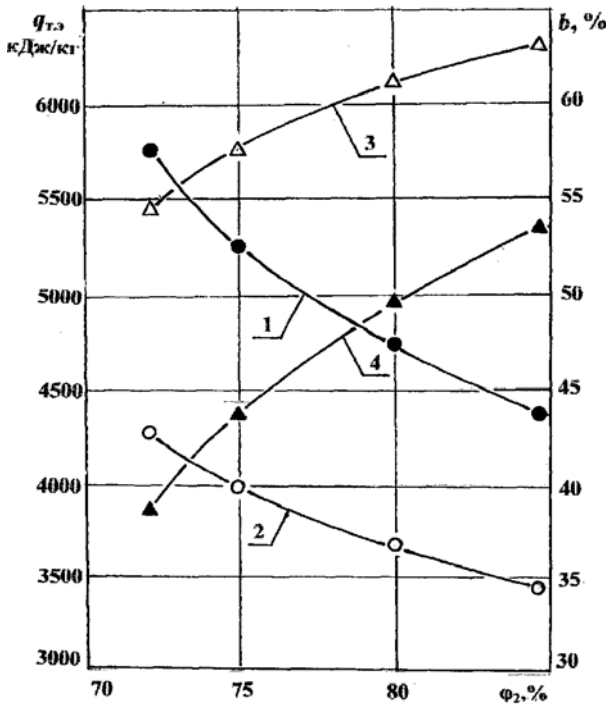


Рис. 2. Удельный расход теплоты и экономия теплоты и топлива при сушке семенного зерна с использованием ТН:
1 – удельный расход теплоты при КПД электростанции η_1 = 0,38; 2 – то же при КПД электростанции η_1 = 0,51; 3 – относительная экономия теплоты и топлива при η_1 = 0,51; 4 – то же при η_1 = 0,38.

Проводимая в настоящее время модернизация сушильного оборудования сопровождается увеличением доли испаряемой влаги в процессе охлаждения продукции. В результате происходит увеличение расходов теплоты на испарение 1 кг влаги в процессе сушки непосредственно в сушильной камере и значения по модулю величины Δ.

В связи с этими обстоятельствами процесс сушки во многих случаях может протекать при значениях Δ от –1000 до –3000 кДж/кг.

Расчет расходов теплоты при сушке семян гороха и трав при вышеуказанных исходных данных был выполнен в зависимости от величины Δ в допускаемом интервале ее значений (табл.2) Относительная влажность отработавшего в СК воздуха принята равной 80%.

Увеличение по модулю величины Δ связано с увеличением расходов теплоты непосредственно в сушильной камере и сопровождается увеличением расходов теплоты на сушку продукции. При этом увеличивается коэффициент преобразования ТН, что объясняется уменьшением разности температуры СА на выходе и входе конденсатора ТН и необходимой разности температур конденсации и испарения.

Таблица 2. Удельные расходы теплоты и относительная экономия теплоты и топлива

Параметры, единицы величин	Источник, номер формулы	Вариант сушки					
		1			2		
		при Δ, кДж/кг					
		–1250	–1750	–2250	–1750	–2250	–2750
$t_{3.гр}$, °С	(2)	20,55	16,5	13,7	15,0	14,3	12,3
t_3, °С	[3]	22,0	22,7	23,08	16.8	18,1	18.8
δt, °С	(5)	27,26	24,0	21,77	43.2	36,5	32,17
$q_н$, кДж/кг	(6)	140	707	1238	0	827	1497
l, кДж/кг	(7)	1110	1043	1012	1750	1423	1253
δ$t_{тн}$,	(8)	39,26	36,0	33,77	55,4	48,5	44,17
μ	[3]	4,67	4,96	5,16	3,3	3,86	4,24
$q_т$, кДж/кг	(10)	9410	10640	11890	8130	9072	10015
при η_1 = 0,38							
$q_{тэ}$, кДж/кг	(9)	3330	3760	4250	5005	4980	5230
b, %	(11)	64,5	64,5	64,1	38,5	45,2	47,8
при η_1 = 0,51							
$q_{тэ}$, кДж/кг	(9)	2520	3000	3520	3730	3940	4315
b, %	(11)	73,3	71,8	70,4	54,1	56,5	56,9

Относительная экономия теплоты и топлива в варианте сушки 1 несущественно зависит от величины Δ, а в варианте сушки 2 при η_1 = 0,38 заметно увеличивается с ростом величины Δ.

Согласно полученным данным влияние разности добавлений и расходов теплоты в сушильной камере на относительную экономию теплоты и топлива при сушке зерна и семян взаимосвязано с влиянием других параметров режимов работы КЗС и ТН.

Заключение

Использование ТН для осушения и рециркуляции отработавшего СА при сушке зерна и семян возможно при параметрах теплового режима сушки, отвечающих условию совместности системы уравнений, описывающих исследуемые процессы. Условия совместности формулируются в виде неравенства (1).

Температурные и энергетических параметры режимов работы КЗС и ТН однозначно определяются параметрами теплового режима сушки, наименьшими температурными напорами в конденсаторе и испарителе ТН, а так же показателями эффективности производства и передачи электрической и тепловой энергии. Искомые параметры режимов работы КЗС и ТН не могут быть приняты произвольно, а должны быть определены исходя из математической модели исследуемых процессов.

Расчетные значения коэффициента преобразования ТН находятся в пределах от 3 до 5,1 при принятых условиях использования ТН для осушения и рециркуляции отработавшего СА (воздуха).

Экономия теплоты и топлива в КЗС при использовании ТН в рассмотренных в данной работе условиях составляет от 38,5 до 73,5%.

Несмотря на приведенные высокие значения достигаемой экономии теплоты и топлива для решения вопроса о возможности использования предлагаемого технического решения требуется технико-экономическое обоснование. Особое значение здесь имеют стоимость топлива, тарифы на электрическую энергию и капитальные затраты.

При этом следует учесть, что необходимым является оборудование КЗС не только тепловым насосом, но и воздуховодами и вентиляторами для организации рециркуляции СА, а также фильтрами-обеспылевателями для очистки отработавшего СА от загрязнений – от пыли, шелухи и т.п. В связи с этим, потребуется решение ряда конструктивных проблем, что будет связано с увеличением капитальных затрат.

Представляется целесообразным использование ТН для осушения и рециркуляции отработавшего СА на шахтных зерносушилках, как наиболее распространенных на предприятиях сельского хозяйства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилов, О.Л. Экономия энергии при тепловой сушке / О.Л. Данилов, Б.И. Леончик. –М.: Энергоатомиздат, 1986. – 136 с.

2. Рэй, Д. Тепловые насосы/ Д. Рэй, Д. Макмайкл. – М.: Энергоиздат, 1982. – 224 с.

3. Цубанов, А.Г. К вопросу энергосбережения в конвективных зерносушилках / А.Г. Цубанов, А.Л. Синяков, И.А.Цубанов // Агропанорама, №3, 2009. – С. 22-27.

4. Янтовский, Е.И. Промышленные тепловые насосы/ Е.И. Янтовский, Л.А. Левин. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 128 с.

5. Жидко, В.И. Зерносушение и зерносушилки/ В.И. Жидко, В.А. Резчиков, В.С. Уколов – М.: Колос, 1982. – 239 с.

6. Малин, Н.И. Справочник по сушке зерна/ Н.И. Малин. – М.: Агропромиздат, 1986. – 159 с.

7. Цубанов, А.Г. Тепловые насосы – утилизаторы теплоты отработавшего сушильного агента / А.Г. Цубанов, А.Л. Синяков, И.А.Цубанов // Агропанорама, №2, 2010. – С. 27-31.

УДК 631.4 ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 25.07.2011

К ОЦЕНКЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВ

Ю.В. Чигарев, докт. физ.-мат. наук, профессор (БГАТУ; Западнопоморский технологический университет, г. Щетин, Республика Польша); И.С. Крук, канд. техн. наук, доцент (БГАТУ); А.С. Воробей, научн. сотр. (РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»); Ф.И. Назаров, инженер (БГАТУ)

Аннотация

В статье рассмотрен один из вариантов сохранения почвой требуемой структуры и плотности после воздействия сельскохозяйственного деворматора – деформирование пор, наполненных воздухом или водой, и способных к большому сопротивлению сжатия. В результате анализа воздействия внешних нагрузок на толстостенную пору, содержащую воздух или воду, получены зависимости для определения величины предельного радиального напряжения и критической нагрузки, при которых еще сохраняется поровое пространство.

One of the options required for soil structure and its density after the agricultural deformer treatment – pore deformation, filled with air or water, and capable to a great compression resistance – is described in the article. The analysis of external loads onto the thick-walled pore containing air or water resulted in the dependences for determining the value of maximum permissible radial stress and critical load at which the pore space is still reserved.

Введение

Переуплотнение почв сельскохозяйственными деформаторами (СД) связано с переупаковкой твердых частиц, что ведет к уменьшению порового пространства. Несмотря на большое количество научных работ по снижению уплотняющего воздействия СД на почву, в данной проблеме остается много нерешенных вопросов. Среди них вопрос о повышении несущей способности почвы. Много факторов, влияющих на несущую способность почвы, связано с ее структурой. Структура почвы является сильно неоднородной. Обычно почву рассматривают как трехфазную среду. Твердую и жидкую фазы почвы считают несжимаемыми. Поэтому деформирование почвы связано с газовой фазой, точнее говоря, с пористым строением.

Речь идет о порах, наполненных воздухом или водой, и способных к большому сопротивлению сжатия. При некоторых значениях внешних нагрузок на поверхность почвы, поры деформируются упругим образом и полностью восстанавливают свою форму после прохождения СД, обеспечивая почве сохранность структуры и начальную плотность. Однако существует такое внешнее нагружение от СД, которое ведет к замыканию пор, а, следовательно, к увеличению плотности почвы. В данной работе рассматриваются процессы деформирования пор.

Основная часть

Методика решения задачи

Рассмотрим толстостенную полую сферу, внутри которой находится воздух или вода. Пусть толщина стенки сферы будет равна h. Стенка (поверхность) сферы будет представлять собой также пористый материал, состоящий из твердых частиц почвы и воздуха (жидкости). Пористость поверхностного слоя до деформирования определится [1] из соотношения

$$\varepsilon_0 = \frac{r_{н0}^3}{r_{н0}^3 - r_{в0}^3}, \qquad (1)$$

где $r_{в0}$ – внутренний радиус сферы до деформации;

$r_{н0}$ – наружный радиус сферы до деформации.

При проезде СД по полю на пору будет действовать напряжение, которое по мере приближения СД будет возрастать. В этом случае толщина стенки поры изменяется, а ее пористость выражается формулой

$$\varepsilon = \frac{r_н^3}{r_н^3 - r_в^3}, \qquad (2)$$

где $r_в$ – внутренний радиус стенки сферы после деформирования;

$r_н$ – наружный радиус стенки сферы после деформирования.

Будем считать, что на поверхность почвы действует сосредоточенная сила P. Тогда, согласно формуле Буссиннеска, на наружную поверхность стенки поры будет действовать радиальное напряжение (рис.1) [2]

$$\sigma_R = \frac{3P\cos\alpha}{2\pi R^2}, \qquad (3)$$

где α – угол, составляемый радиусом-вектором R с вертикалью.

В силу малости сферы можно считать, что на ее наружной поверхности будет действовать равномер-

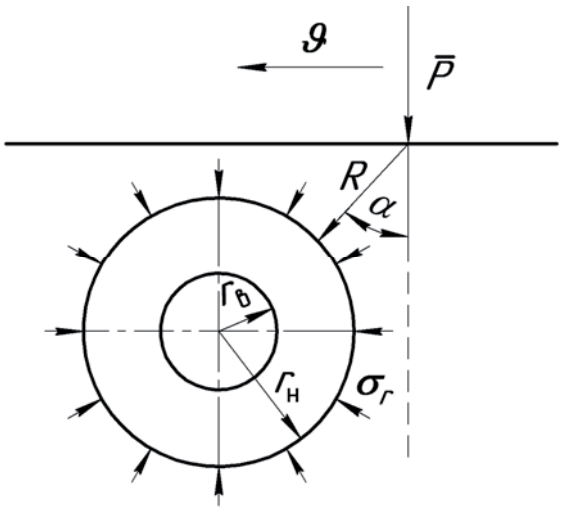


Рис. 1 Схема действия нагрузки на пору

но распределенная нагрузка (гидростатическое давление) (рис. 1), определяемая формулой (3).

В цилиндрической системе координат связь между напряжениями и деформациями, в случае упругого деформирования стенок сферы, определяется [1] следующими выражениями:

$$\sigma_{rr} = \sigma(r) = \frac{4G}{3r^3}\left(r_{в0}^3 \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon}{\varepsilon_0 - 1}\right); \quad (4)$$

$$\sigma_{\theta\theta} = \sigma_{\varphi\varphi} = \sigma(r) - \frac{2G}{3r^3}\left(r_{в0}^3 \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon}{\varepsilon_0 - 1}\right), \quad (5)$$

где $r^3 = r_0^3 - r_{в0}^3 \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon}{\varepsilon_0 - 1}$ – радиус, определяющий положение точки сферы после деформации;

r_0 – радиус, определяющий положение точки сферы до деформации;

$\sigma(r)$ – гидростатическое давление;

G – модуль упругости.

Уравнение равновесия

$$\sigma_{rr,r} + \frac{2\left(\sigma_{rr} - \sigma_{\theta\theta}\right)}{r} = 0 . \quad (6)$$

Условия на границе стенок сферической поры будут при

$$\left.\begin{aligned} &r = r_в; \Rightarrow \sigma_{rr} = 0 \\ &r = r_н \Rightarrow \sigma_{rr} = -\frac{3P\cos\alpha}{2\pi R^2} \end{aligned}\right\}. \quad (7)$$

Считая α и R постоянными величинами, из выражений (4), (5) и (6) получим

$$\sigma_R = \frac{4G\left(\varepsilon_0 - \varepsilon\right)}{3\varepsilon\left(\varepsilon_0 - 1\right)} . \quad (8)$$

Из выражения (8) определим пористость

$$\varepsilon = \frac{4G\varepsilon_0}{3\sigma_R(\varepsilon_0 - 1) + 4G} . \quad (9)$$

В случае упругого деформирования оболочки поры, связь между напряжением и деформацией можно представить в виде [1, 2]:

$$\sigma_R = eG, \quad (10)$$

где e – относительная упругая деформация.

Уравнение (9) с учетом (10) перепишем в виде:

$$\varepsilon = \frac{4\varepsilon_0}{3e(\varepsilon_0 - 1) + 4} . \quad (11)$$

Так как пористость должна быть величиной больше нуля, то, следовательно, будет выполнено условие:

$$\varepsilon_0 \le \frac{4}{3e} + 1. \quad (12)$$

В случае малых относительных деформаций $e < 1$, пористость будет выше, чем при больших относительных деформациях $e > 1$.

При увеличении относительной деформации $e \Rightarrow \infty$, можно считать: $\varepsilon_0 \approx 1$.

В случае выполнения равенства в (12), имеем

$$e = \frac{4}{3(\varepsilon_0 - 1)} . \quad (13)$$

Если $\varepsilon_0 = 1$, то соотношение (13) теряет смысл.

С учетом формул (3) и (8), можно получить выражение для прогнозирования нагрузки от СД в зависимости от упругих свойств почвы, начальной пористости и конечной, которая соответствовала бы агротехническим требованиям

$$P = \frac{8G\pi R^2\left(\varepsilon_0 - \varepsilon\right)}{9\varepsilon\left(\varepsilon_0 - 1\right)\cos\alpha} . \quad (14)$$

Как следует из выражения (8), напряжение на наружную поверхность стенки рассматриваемой сферы зависит от пористости до деформации и после нее, а также от упругих свойств почвы, образующих толщину поверхности сферической оболочки.

При увеличении нагрузки P могут появиться пластические деформации, при которых данная несущая способность почвы уменьшится, т.е произойдет уплотнение почвы. При заданных условиях нагружения можно записать

$$\sigma_{rr} = \sigma_{\theta\theta} = 2k^*, \quad (15)$$

где k^* – коэффициент пластичности [1, 2].

Действующее напряжение достигает предела текучести вначале на внутренней поверхности сферы при пористости ε_1 [1]

$$\varepsilon_1 = \frac{\varepsilon_0 G + k^*}{G + k^*} . \quad (16)$$

Граница раздела пластической и упругой областей движется к наружной поверхности с ростом нагрузки. Положим, что радиус границы раздела между упругой и пластической областями равен r_D. Тогда уравнение равновесия в пластической области имеет вид

$$\sigma_{rr,r} + \frac{4}{r}k^* = 0. \quad (17)$$

Когда $r_D = r_н$, то пористость определяется по формуле

$$\varepsilon_2 = \frac{G}{G + k^*}\varepsilon_0. \quad (18)$$

$$\frac{\partial \sigma_{rr}}{\partial r} = -\frac{4k^*}{r}. \quad (19)$$

При $k^* = const$ из выражения (19) получим

$$\sigma_{rr} = -4k^* \frac{dr}{r}. \quad (20)$$

Откуда после интегрирования на внутренней стенке имеем

$$\sigma_{rr} = -4k^*(\ln r_D - \ln r_в). \quad (21)$$

Выражение для напряжения на наружной стенке будет

$$\sigma_{rr} = -\sigma_R \frac{4Gr_{ВО}(\varepsilon_0 - \varepsilon)}{3(\varepsilon_0 - 1)}. \quad (22)$$

Из выражений (21) и (22) получим

$$\sigma_R = \frac{42k^*(\varepsilon_0 - 1)(\ln r_в - \ln r_D)}{4Gr_{в_0}(\varepsilon_0 - \varepsilon)}. \quad (23)$$

Учитывая выражения (3) и (23), получим значение силы *P*, при которой будет потеряна несущая способность стенки поры

$$P = \frac{\pi R^2 k^*(\varepsilon_0 - 1)(\ln r_в - \ln r_D)}{Gr_{в_0}(\varepsilon_0 - \varepsilon)\cos\alpha}. \quad (24)$$

Заключение

Радиальное напряжение σ_R, определяемое формулой (23), является критическим для сохранения объема порового пространства, так как переход в пластическое состояние будет характеризоваться замыканием пор (в почвогрунтах будет происходить переупаковка твердых и жидких частиц). Из уравнения (24) можно определить критическую нагрузку на почву, при которой будет происходить замыкание пор, а, следовательно, ухудшаться агрономические свойства почвы. Эта нагрузка может учитываться при прогнозировании давления на почву от сельскохозяйственной техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новые процессы деформации металлов и сплавов/ А.П. Колинов [и др.]; под общ. ред. А.П. Колинова. – М.: Высш. шк., 1986. – С. 351.

2. Чигарев, Ю.В. Математические основы механики почв/ Ю.В. Чигарев, П.Н. Синкевич. – Мн.: УП «Технопринт», 2004. – С. 163.

УДК 621.38 ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 15.06.2011

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКАМИ СВЕТА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВЛИЯНИЯ МОЩНОСТИ И СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА ИЗЛУЧЕНИЯ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ РОСТА ТЕПЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

Е.В. Галушко, канд. техн. наук, доцент, В.Л. Цвирко, аспирант, О.Ч. Ролич, канд. техн. наук, доцент (БГАТУ)

Аннотация

В статье обоснована структура системы автоматического управления источниками света на основе анализа влияния мощности, спектрального состава и параметров импульсного излучения на интенсивность роста тепличных культур. Выявлены оптимальные диапазоны параметров фотосинтетически активной радиации для приемлемого роста светолюбивых растений.

The article justifies the structure of automatic light controlling based on the analysis of the influence of power, spectral composition and parameters of pulsed radiation on the growth rate of the green house plants. The optimal parameter ranges of photo-synthetically active radiation for the acceptable growth of luciphile plants are defined.

Введение

В последнее время при досвечивании тепличных и декоративных культур в процессе их выращивания в условиях полного искусственного освещения в теплицах, на селекционных станциях и фитотронах всё больше внимания уделяется вопросу светокультуры растений [1].

В естественной среде в период вегетации растения редко испытывают острый недостаток солнечной

радиации, который приводил бы к их гибели. В то же время фотосинтетически активная радиация (ФАР) имеет особую значимость в условиях защищенного грунта, где из-за низкой облученности и короткой длины дня в осенне-зимние месяцы выращивание полноценных растений возможно только с применением источников искусственного света.

В связи с необходимостью расширения площадей под посадку растений в условиях защищенного грунта значительно возрастает роль и потребность в системах автоматического управления (САУ) источниками ФАР, имеющих высокую биологическую эффективность.

Основная часть

Фотосинтез и рост – два основных процесса жизнедеятельности растений, от сбалансированности которых зависит конечный урожай [2]. Оба этих процесса находятся в тесной зависимости от время-импульсных, спектральных и энергетических параметров света [3-5]. Известно, что в благоприятных условиях освещения и минерального питания у растений формируется листовая поверхность, фотосинтетическая деятельность которой способна полностью обеспечить ростовую функцию и репродуктивные процессы, закодированные в геноме. В неблагоприятных световых условиях у растений в процессе эволюции выработались компенсаторные механизмы, восполняющие недостаток одного параметра другим [1, 6]. Так, при низких интенсивностях света невысокий фотосинтез частично компенсируется усиленным ростом площади листьев, в то время, как при высоких интенсивностях света меньшая листовая поверхность может компенсироваться повышенной скоростью ассимиляции двуокиси углерода CO_2. В итоге улучшается количественный баланс поглощенной световой энергии, как у теневых, так и у световых растений.

Согласно основному закону фотохимии, только поглощенный свет может вызвать определенный эффект. В строго продуманных и точно поставленных экспериментах К.А. Тимирязеву впервые удалось показать, что поглощение пигментами света неравномерно по спектру, и максимум фотосинтеза (ассимиляции CO_2), как и максимум поглощения света хлорофиллом, соответствует красному спектру света. К.А. Тимирязевым был получен спектр действия фотосинтеза (рис. 1, кривая 1), выведенный путем измерения величины ответной реакции на воздействие светом узких участков спектра одинаковой интенсивности [1, 7].

Различными исследователями в той или иной форме подтверждена универсальность кривой спектра действия фотосинтеза зеленых листьев разных видов растений, в основе которых лежит общность структурных и функциональных характеристик зеленых пигментов, обеспечивающих фотосинтез листа [1, 8].

В связи с потребностью в разработке новых многоканальных САУ источниками ФАР и с учетом наличия у растений различных фоторецепторов, обеспечивающих поглощение энергии по всей области ФАР, важно знание ответной реакции растений на облучение их тремя основными областями ФАР: синей, красной и зеленой.

При синем спектре света поверхностная плотность клеток и хлоропластов, а также количество ингибиторов роста в листьях растений значительно больше, чем при

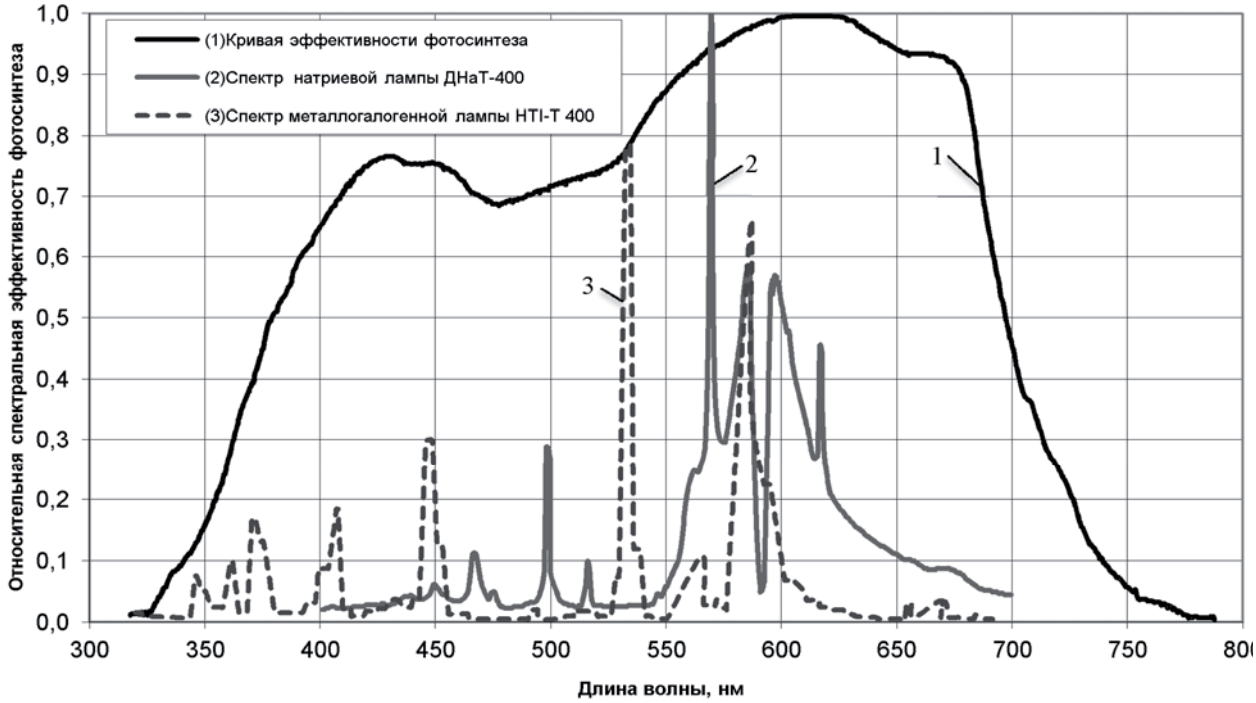


Рис. 1. Спектральные кривые:
1 – относительная спектральная эффективность фотосинтеза; 2 – излучения лампы ДНаТ-400;
3 – излучения лампы HTI-T 400

красном и зеленом спектре света. В этом случае наблюдается самый высокий фотосинтез на единицу площади листа, и у растений формируются укороченные стебли и толстые листья [3]. Синий спектр света снижает рост стебля и площадь листьев, что приводит к формированию растений с низкой продуктивностью.

Красный спектр света с максимумом излучения в диапазоне 640-670 нм способствует интенсивному росту листьев и осевых органов. При этом наблюдается самый высокий ростовой эффект, дополнительно стимулированный фоторецептором красного спектра света – фитохромом [4].

В зеленой области спектра с максимумом излучения в диапазоне 520-550 нм формируются тонкие листья с меньшим числом клеток и хлоропластов, и самым низким фотосинтезом на единицу площади листа, но самым высоким фотосинтезом в расчете на хлоропласт. Растения при этом характеризуются низкой продуктивностью.

Таким образом, спектральный состав света является сильным морфогенетическим фактором, регулирующим как ростовые, так и фотосинтетические реакции в системе целого растения. При этом наиболее оптимальными являются следующие соотношения энергии по спектру ФАР в источниках света для большинства сельскохозяйственных растений: 25-30% – в синей области (380-490 нм), 20% – в зеленой (490-590 нм) и 50% – в красной области (600-700 нм) [4, 7].

На рост растений оказывает влияние и интенсивность света, причем световое насыщение процессов роста наступает при более низких уровнях облученности, чем процесса фотосинтеза [3, 4].

При освещении растений в процессе выращивания светом различной интенсивности вплоть до насыщающей – 500 Вт/м^2 ФАР, равной максимальной интенсивности солнечного света, по мере увеличения интенсивности света растёт скорость фотосинтеза и размер листовой поверхности (рис. 2). Экспериментально установлено, что торможение ростовых процессов светом высоких интенсивностей наблюдается как у светолюбивых, так и у тенелюбивых растений [3, 4].

Таким образом, на основании анализа зависимостей (рис. 2), можно выделить следующие диапазоны интенсивностей:

– низкую интенсивность ФАР (минимально допустимая) – диапазон интенсивностей, при котором рост вегетативных органов происходит, но не образуются полноценные генеративные органы. При этом фотосинтез имеет низкие показатели. Светолюбивым растениям соответствуют интенсивности в диапазоне 15-30 Вт/м^2 (0,02-0,04 кал/(см^2·мин));

– оптимальную интенсивность ФАР – диапазон интенсивностей, при котором наблюдается максимальное накопление биомассы в единицу времени. Фотосинтез и рост хорошо сбалансированы. Для светолюбивых растений – это диапазон ФАР – 150-220 Вт/м^2 (0,21-0,32 кал/(см^2·мин));

– насыщающую интенсивность ФАР – максимальная интенсивность света, при которой достигается выход фотосинтеза на плато светового насыщения, то есть на максимальный фотосинтез (400 Вт/м^2 (0,57 кал/(см^2·мин)) и более). При этом наблюдается торможение роста стебля и других осевых органов. Растения приобретают низкорослую форму.

Процесс фотосинтеза определяется не только особенностями структуры и функциями пигментного аппарата, но и темновыми реакциями в растении.

Фотосинтез зеленых растений протекает в две стадии: первая из них объединяет световые реакции, идущие только под действием света, вторая – темновые реакции, которые могут происходить как в темноте, так и на свету. Упрощенно процесс протекания этих реакций представлен схемой на рис. 3. В световых реакциях энергия света поглощается хлорофиллом и другими пигментами фотосинтезирующих клеток и запасается в химической форме аденитрифосфата (АТФ) и в виде восстановленного никотинамида-дениндинуклеотидфосфата (НАДФН). Одновременно выделяется кислород. В темновых реакциях вещества, образовавшиеся в световой стадии, используются для восстановления двуокиси углерода CO_2 до глюкозы и других органических продуктов.

Скорости темновых реакций, в которых происходит восстановление CO_2 до глюкозы, регулируются время-импульсными, спектральными и энергетическими параметрами света. Поэтому, для поддержания требуемого развития растений в условиях защищенного грунта, возможно проводить импульсное облучение.

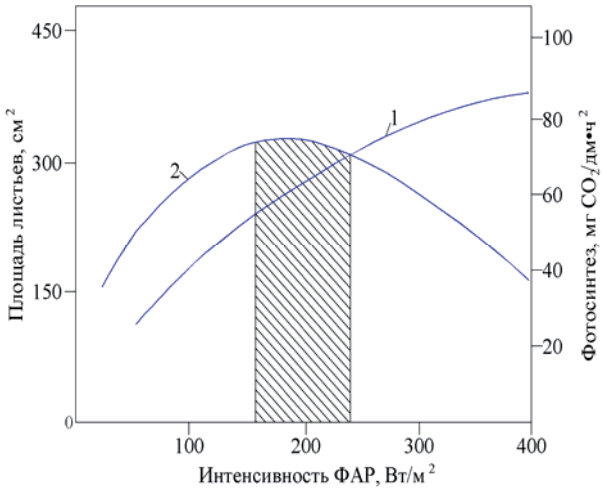


Рис. 2. Зависимость фотосинтеза (1) и роста площади листьев (2) от интенсивности света у растений редиса: заштрихованная область – диапазон интенсивностей, наиболее благоприятных для светолюбивых растений

На основании исследований Б.В. Коржа, установлено, что наиболее приемлемым для большинства растений является импульсный режим со световой длительностью 0,5…0,6 с и с темновой длительностью 1,0 с. При этом наиболее эффективно растения используют световую энергию при комбинированном облучении, заключающемся в чередовании тридцати

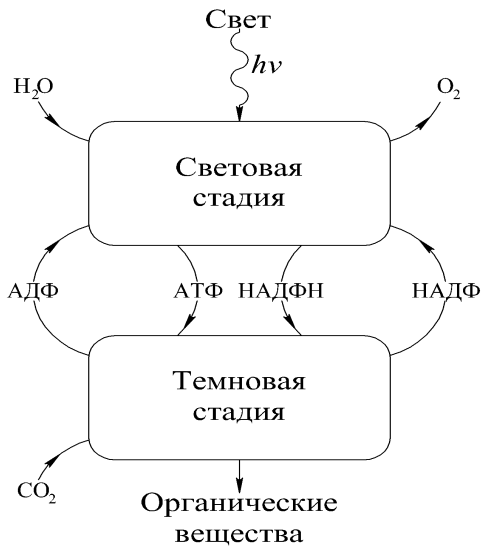


Рис. 3. Упрощенная схема световой и темновой стадий фотосинтеза:
АДФ – аденозиндифосфат; НАДФ – окисленная форма никотинамидадениндинуклеотидфосфата

секундного импульсного облучения с пятнадцати секундным непрерывным [5].

Современные распространенные оптические излучатели – аграрная лампа ДНаТ-400 и металлгалогенная HTI-T 400 фирмы «Philips», использующиеся в САУ ростом тепличных культур, не позволяют обеспечивать требуемых время-импульсных, спектральных и энергетических параметров света. Так, лампа ДНаТ-400 с линейчатым спектром, представленным кривой 2 на рис. 1, дает излучение в желто-оранжевой области спектра с максимумом 594 и 600 нм. Похожая ситуация наблюдается и у металлгалогенной лампы HTI-T 400 со спектральной кривой 3 на рис. 1. Кроме этого, люминесцентные лампы тяжелы в управлении интенсивностью их излучения и вообще не позволяют обеспечить импульсное облучение с длительностью в 500-600 мс, необходимое как для формирования темновой стадии роста растений, так и для энергосбережения.

Заключение

На основании вышеизложенного, можно сделать следующий вывод:

1. Наиболее оптимальным для светолюбивых растений является ФАР с интенсивностью 150-220 Вт/м^2 (0,21-0,32 кал/(см^2·мин)), с соотношением энергии по спектру – 30% в области 380-490 нм, 20% – в области 490-590 нм и 50% – в области 600-700 нм, с комбинированным облучением, заключающимся в чередовании тридцати секундного импульсного облучения (со световой длительностью 500-600 мс и с темновой длительностью 1,0 с) с пятнадцати секундным непрерывным излучением.

2. Применяя существующие мощные, с высоким коэффициентом полезного действия и относительно недорогие люминесцентные источники света, для достижения оптимальных параметров облучения тепличных культур спектр люминесцентных ламп необходимо дополнить (досветить) в синей области в диапазоне 400-450 нм и в красном спектральном диапазоне – 660-680 нм.

3. САУ источниками ФАР должна не только оптимизировать их интенсивность в условиях естественного солнечного или искусственного люминесцентного освещения, но и восполнять и корректировать его спектральный состав с учетом комбинированного импульсного режима облучения.

Следовательно, САУ должна иметь три контура управления: спектром, интенсивностью и время-импульсными параметрами облучения. Эта задача решается применением светодиодных источников с гибким управлением по интенсивности и малой постоянной времени включения или отключения в совокупности с современной элементной базой, позволяющей создать распределенную многоканальную систему стабилизации интенсивности излучения источников света на основе комбинации принципов широтно-импульсного управления со стабилизацией интенсивности излучения в импульсе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тихомиров, А.А. Светокультура растений: биофизические и биотехнические основы : учеб. пособ. / А.А. Тихомиров, В.П. Шарупич, Г.М. Лисовский. – Новосибирск: СО РАН, 2000. – 213 с.

2. Нишпорович, А. А. Фотосинтетическая деятельность растений и пути повышения их продуктивности. Теоретические основы фотосинтетической продуктивности / А. А. Нишпорович. – М.: Наука, 1972. – 511 с.

3. Протасова, Н. Н. Фотосинтез и рост высших растений, их взаимосвязь и корреляции. Физиология фотосинтеза / Н. Н. Протасова, В. И. Кефели. – М.: Наука, 1982. – 251 с.

4. Фотосинтетическая активность, рост и уровень природных регуляторов у растений, выращенных на свету различной интенсивности. Теоретические основы фотосинтетической продуктивности / Н. Н. Протасова [и др]. – М.: Наука, 1972. – 385 с.

5. Корж, В.Б. Использование коротких серий импульсного освещения для изучения процессов фотосинтеза дыхания зеленых растений на свету : автореф. дис. … канд. биологич. наук : 03.00.12 / В.Б. Корж ; Всесоюз. ордена Ленина и ордена Дружбы народов науч.-исслед. ин-т растениеводства им. Н.И. Вавилова. – Ленинград, 1976. – 25 с.

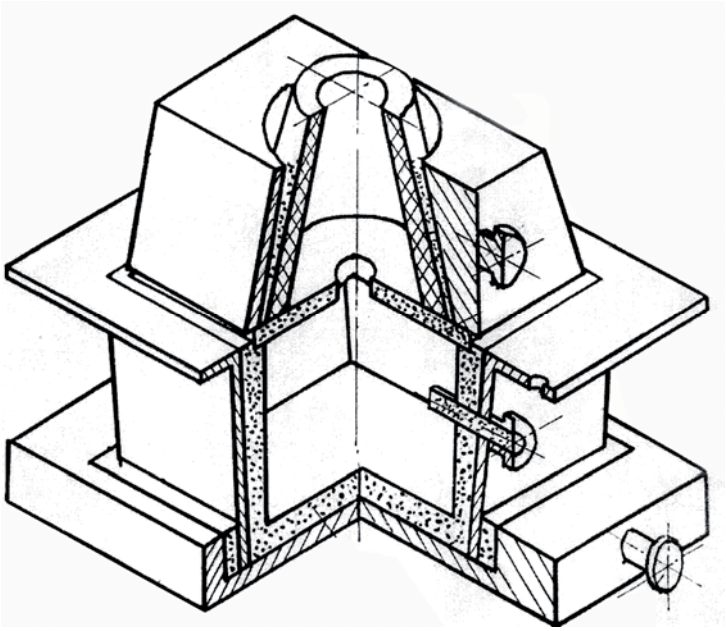
6. Куперман, И. А. Физиологические механизмы адаптации и устойчивости растений / И. А. Куперман. – Новосибирск: Наука, 1972. – 175 с.

7. Воскресенская, Н.П. Фотосинтез и спектральный состав света / Н.П. Воскресенская. – М.: Наука, 1965. – 312 с.

8. Базов, Д.И. Спектр действия фотосинтеза фотосистемы I / Д.И. Базов, Г.А. Санадзе // Материалы межфакультетской конф. Тбил. ун-та по естественным наукам: химия, биология, география, геология, Тбилиси, май 1984. – С. 153 – 165.

Литые штампы для изготовления деталей карданных передач

Предназначены для производства литых вставок штампов, используемых при изготовлении деталей карданных передач в ОАО «Белкард».



Основные технические данные

Масса вставок штампов	70...285 кг
Материал вставок штампов	высоколегированные инструментальные стали типа 5ХНМ, 5ХНМАФЛ, 4Х5МФСЛ, 3Х2В8М и др.
Материал оболочковых форм:	
- циркон	100%
- термореактивная смола	3,5%
Снижение расхода формовочной смеси	~ 50%
Повышение выхода годного штамповой стали	более 25%
Снижение расхода электроэнергии	более 20%

Применение данной конструкции литых штампов позволяет снизить трудоемкость изготовления штампованной оснастки, повысить стойкость вставок штампов, снизить расход формовочных материалов, снизить затраты на регенерацию смеси, уменьшить вредные выбросы в окружающую среду, значительно уменьшить энергопотребление при проведении работ.

УДК 535.333; 504.054 ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 30.05.2011

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ СПЕКТРАЛЬНОГО МЕТОДА АНАЛИЗА АЛКАЛОИДОВ ЛЮПИНА В ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ПРОДУКТАХ

А.А. Павич, аспирантка, С.М. Арабей, докт. физ.-мат. наук, доцент, В.А.Чернявский, канд. физ.-мат. наук (БГАТУ)

Аннотация

Выполнен анализ литературных данных спектральных свойств алкалоидов люпина. Экспериментально получены спектры комбинационного рассеяния солей спартеина и люпанина - двух основных алкалоидов люпина. Показана принципиальная возможность разработки спектрального метода анализа сельскохозяйственных продуктов на содержание алкалоидов.

The analysis of literary sources for spectral properties of lupine alkaloids is given. The Raman spectra of sparteine and lupanin salts are experimentally obtained, which are the basic lupine alkaloids. The essential opportunity of spectral method development for the analysis of alkaloid contents in agricultural products is shown.

Введение

Группа азотсодержащих циклических соединений, к которым относятся алкалоиды, синтезируется преимущественно растениями. Особенно богаты алкалоидами растения из бобовых, маковых, пасленовых, лютиковых, мареновых и других семейств, в которых они находятся в клеточной среде в растворенном виде. С одной стороны, растительные алкалоиды, обладая физиологическим действием на организм животных и человека, широко применяются в медицине и сельском хозяйстве для борьбы с вредителями. С другой стороны, в условиях острой проблемы обеспечения сельскохозяйственных животных высококачественными кормами, присутствие алкалоидов является сдерживающим фактором расширения кормовой базы. Среди культур, необходимых для приготовления некоторых видов кормов, уникальными являются различные сорта кормового люпина. В связи с тем, что все части этого растения в разной степени содержат горькие и ядовитые алкалоиды (спартеин, люпанин, люпинин и их производные) [1], может произойти отравление организма животных люпином в случае не соблюдения специальных мер защиты. Очевидно, что для расширения культуры люпина и использования его для кормовых целей огромное значение приобретает контроль количественного и качественного содержания в нем таких токсических веществ.

Алкалоиды люпина, как многоатомные органические молекулы, интенсивно изучались в течение многих десятилетий, главным образом из-за их биологической и биохимической активности [2]. Достаточно вспомнить их аналитическое использование как реактива при качественном определении катионов и идентификации аминов [3]. Рассматриваемый класс алкалоидов имеет длинную историю использования в медицине, особенно для возбуждения мускульного действия сердца и легкого [4]. Кроме того, Cu(II)-спартеиновый комплекс является модельным соединением для изучения биологической функции иона меди типа I в белках (синие медные протеины, участвующие в реакциях переноса электрона в некоторых растениях и бактериях), имеющего в качестве обязательных лигандов два атома азота [5].

Алкалоиды люпина и их производные являются подходящими бидентантными лигандами (молекулы с двумя координирующими атомами азота) для многих приложений, например, для устойчивого комплексообразования с ионами металлов 2А группы и ионами некоторых переходных металлов [6]. Спартеин, как естественный диамин, имеет широко распространенное использование как хиральный лиганд в асимметричном синтезе [7], т.е. в направлении стереоселективных синтезов. Во многих реакциях полимеризации алкалоидные металлокомплексы используются как катализаторы [8].

Для более глубококго понимания механизмов биоактивности алкалоидов люпина, а также для разработки новых спектральных методов контроля содержания алкалоидов люпина в продуктах природного и техногенного происхождения, необходимы систематические исследования их спектрально-люминесцентных свойств. Целью настоящей работы является анализ литературных данных спектральных свойств основных алкалоидов люпина и их металлокомплексов и полу-

чение экспериментальных сведений о связи химической структуры алкалоидов люпина (производные спартеина и люпанина) со спектральными свойствами, полученными методом комбинационного рассеяния (КР) света. Актуальность работы обусловлена необходимостью разработки научных основ простого и надежного спектрального метода контроля содержания алкалоидов (количественная и качественная оценка) в различных частях люпина как растения, а также в их зеленой массе и семенах, используемых непосредственно для скармливания животным или для приготовления комбикормов. Уровень новизны выполненнных исследований определяется отсутствием в литературе достоверных данных о спектрально-люминесцентных свойствах алкалоидов люпина.

Основная часть

Объекты исследования и методика эксперимента

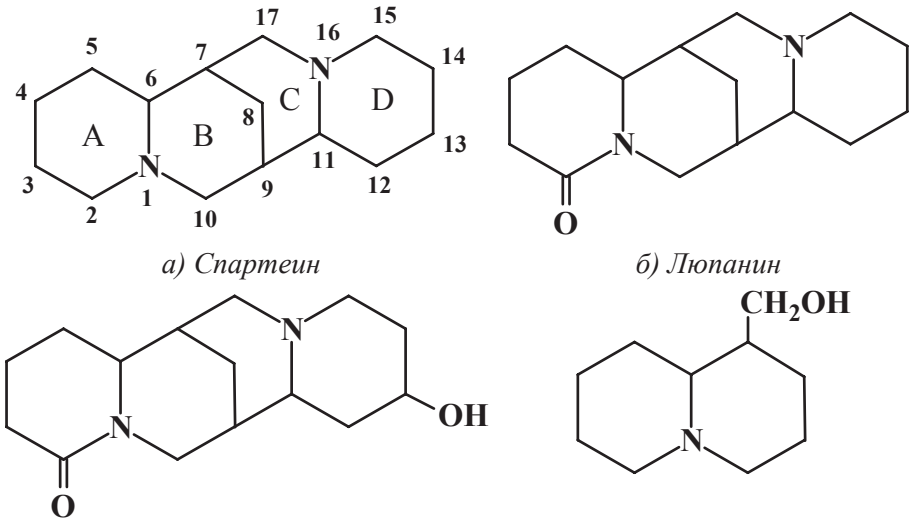
Различные сорта люпина содержат разнообразные по химическому строению алкалоиды. Однако по распространению и количественному содержанию основными из них являются спартеин ($C_{15}H_{26}N_2$), люпинин ($C_{10}H_{19}ON$), люпанин ($C_{15}H_{24}ON_2$) и гидроксилюпанин ($C_{15}H_{24}O_2N_2$). Химическая структура основных алкалоидов люпина, обозначения колец, входящих в их структуру и нумерация атомов изображены на рис. 1.

По химическому строению алкалоиды люпина представляют собой азотсодержащие органические вещества, у которых азот входит в состав двух замкнутых циклических хинолизидиновых группировок (A/B и C/D). Основой последних является бициклическое производное пиридина, включающее два конденсированных пиперидиновых кольца. Азот в молекуле алкалоидов люпина находится в третичной форме, т. е. не связан ни с атомами водорода, ни с другими атомными группами. Алкалоиды проявляют пространственную *цис-транс* изомерию, определяемую положением атомов водорода при C6 и C11 относительно центрального метиленового мостика C7-C8-C9. Гибкость тетрациклического скелета спартеина и его производных способствует конформационным изменениям [9]. При этом хинолизидиновая A/B система достаточно стойкая к конформационным перестройкам, и наоборот, C/D система способна к инверсии относительно атома азота N16, что и является причиной разнообразия конформационных структур. Структура алкалоидов люпина с двумя атомами азота делает их превосходными лигандами для образования металлических комплексов [6]. При взаимодействии алкалоидов с кислотами они образуют соли путем присоединения к атому азота алкалоида молекулы кислоты.

В настоящей работе объектами исследования были две коммерческие алкалоидные соли: спартеина сульфат пентагидрат ($C_{15}H_{26}N_2{\cdot}H_2SO_4{\cdot}5H_2O$) и люпанина перхлорат ($C_{15}H_{24}ON_2{\cdot}HClO_4$). КР спектры были получены на спектрографе «SpecrtaPro 500i», путем усреднения 30 сканирований. Источником возбуждающего света служил полупроводниковый лазер с непрерывным монохроматическим излучением ($\lambda_{изл}$ = 532 нм). Образцы для исследований были в виде кристаллических мелкодисперсных порошков алкалоидов, помещенных в тонкие капиллярные стеклянные трубки.

Результаты и их обсуждение

В литературе изучению спектральных свойств алкалоидов люпина и их металлокомплексов методами оптической спектроскопии не уделено достаточного внимания. Спектрально-люминесцентные исследования данного класса соединений практически отсутствуют. Основные результаты применения методов оптической ультрафиолетовой (УФ), видимой и инфракрасной (ИК) спектроскопии, а также КР-спектроскопии, описанные в литературе, могут быть обобщены следующим образом.



а) Спартеин *б) Люпанин*

в) Гидроксилюпанин *г) Люпинин*

Рис.1. Химические структуры основных алкалоидов люпина, обозначение колец и нумерация атомов

Электронные спектры поглощения

В электронных спектрах поглощения спартеина и его метил- и оксопроизводного, зарегистрированных в ацето-

нитриле, наблюдается единственная полоса в УФ области при 202, 202 и 206 нм сответственно, отнесенная к π-π-переходу [10]. Соответствующий максимум полосы имеет молярный коэффициент экстинкции в пределах $\varepsilon = 7400\text{-}9800\ M^{-1}\cdot см^{-1}$. В спектре поглощения спартеина в метаноле [9] в УФ области также проявляется интенсивная полоса с максимумом при 202 нм. Эти результаты коррелируют с более ранними данными по УФ-поглощению алкалоидов люпина, обобщенными в [11,12]. В частности, было показано, что оксиспартеин и люпанин имеют единственный максимум при ~214 нм ($\log\varepsilon = 3.8$), люпанина перхлорат в 95% этаноле – при ~215 нм ($\log\varepsilon = 3.7$), α-изоспартеин в эфире – при ~216 нм ($\log\varepsilon = 3.79$), спартеин в эфире – при ~214 нм ($\log\varepsilon = 3.71$). Люпинин, который представляет собой половину скелета спартеина, обладает поглощением в области 200 нм с $\varepsilon \approx 4000\ M^{-1}\cdot см^{-1}$ [12].

Видно, что разные алкалоиды имеют практически идентичные УФ-полосы поглощения. Это может быть обусловлено тем, что только третичные атомы азота являются хромофорами в головных мостиках хинолизидиновых систем. Однако незначительное влияние на УФ спектры алкалоидов люпина может оказать наличие в структуре карбонильной группы, смежной с третичным азотом. В работе [11] отмечено, что введение единственной изолированной двойной связи, например, как в случае 5,6-дигидро-17-оксоспартеина или 2,3-дигидро-17-оксоспартеина, заметно влияет на УФ спектр (смещение полосы до ~245 нм ($\log\varepsilon \approx 4.00$)).

Большинство спектров поглощения алкалоидов и их солей получено в полярных растворителях (этанол, метанол или вода). Это является одной из причин отсутствия тонкой структуры спектральных полос, и, следовательно, отсутствия их характеристичности для разных алкалоидов. Последнее является серьезным препятствием для разработки спектральных методов качественного и количественного анализа содержания алкалоидов люпина в природных и техногенных продуктах. Другое препятствие обусловлено расположением полос поглощения на границе вакуумной УФ области. В области длин волн короче 200 нм кварц становится непрозрачным (основной материал оптических элементов при УФ исследованиях) и начинается поглощение излучения атмосферным кислородом, что требует использования специальных вакуумных спектральных приборов.

Существенные изменения электронных спектров поглощения наблюдаются для металлокомплексов алкалоидов. В литературе электронные спектры поглощения приведены для медных [5,9,13,14], кобальтовых [14] и литиевых [10] комплексов спартеина, а также предложены варианты их интерпретации. Связывание иона металла с двумя атомами азота спартеинового бидентантного лиганда (образование устойчивого металлокомплекса) приводит к появлению в УФ, видимой и ИК области спектра металлокомплекса полос поглощения различной полуширины и интенсивности. Согласно [13], для Cu(II)-спартеиновых комплексов в области 200-350 нм возникают полосы, соответствующие переходам с внутрикомплексным переносом заряда от лиганда к металлу ($\varepsilon \approx 3000\text{-}5000\ M^{-1}\ см^{-1}$). Наблюдаемый в области 500-1000 нм широкий и асимметричный контур поглощения, состоящий, по крайней мере, из трех наложившихся полос, соответствует полосам d-d переходов иона металла ($\varepsilon \approx 200\text{-}900\ M^{-1}\ см^{-1}$). Для некоторых медных комплексов наблюдается широкая межлигандная полоса поглощения при 1400-1500 нм ($\varepsilon \approx 100\text{-}300\ M^{-1}\ см^{-1}$). Для производных спартеина, исследованных в [10], комплексообразование с $LiClO_4$ вызывает появление широкой полосы очень низкой интенсивности, лежащей в диапазоне 230-380 нм. Эти данные показывают, что металлокомплексы алкалоидов обладают необходимыми свойствами для проведения спектрально-люминесцентных исследований в видимой области спектра. Вместе с тем, полосы поглощения имеют сильное уширение, что не способствует решению проблемы спектральной идентификации отдельных алкалоидов.

Спектры инфракрасного поглощения

Метод инфракрасной (ИК) сектроскопии находит широкое применение для идентификации и количественного анализа различных химических соединений, которые основаны на известных корреляциях между спектральными ИК полосами соединений и их химическим строением.

Равновесную конфигурацию молекулы спартеина (одного из конформеров) можно условно отнести к точечной группе низшей симметрии C_2. Спектры ИК поглощения спартеина и его металлокомплексов характеризуются большим количеством узких полос умеренной интенсивности. Появление этих полос обусловлено большим количеством колебательных состояний алкалоидной молекулярной системы (к примеру, спартеин имеет 123 нормальных колебания). Несмотря на то, что нормальные колебания спартеина имеют сложную форму для молекулы такого размера, большинство из них спектрально разрешены в ИК спектрах, а многие идентифицированы и по форме.

Еще в 50-ые годы прощлого столетия Бохлмэнн устновил [15], что в области 2500-2840 $см^{-1}$ спектра ИК поглощения свободных оснований алкалоидов люпина проявляются полосы валентных С-Н колебаний, в которых участвуют атомы водорода на углеродах, присоединенных к атомам азота N1 и N16, и находящиеся в *транс*-аксиальном положении к орбита-

ли неподеленной пары электронов атомов азота (колебания атомов водорода при С2, С6, С10 и при С11, С15, С17, ориентированных *транс*-аксиально относительно орбиталям неподеленных пар электронов третичных атомов азота N1 и N16 соответственно). Так, для спартеина в этой области наблюдаются две полосы при 2795 и 2760 см$^{-1}$ (*транс*-полосы Бохлмэнна), которые смещены в низкочастотную область относительно «нормальных» С-Н валентных колебаний (2800-3000 см$^{-1}$). Согласно [15], наблюдаемое спектральное смещение является следствием взаимодействия неподеленной пары электронов азота и электронов соседних *транс*-аксиальных С-Н связей. Подтверждением такой интерпретации является, во-первых, существенное понижение частоты одного из отмеченных С-Н колебаний при замене Н17 водорода дейтерием [16] – $\nu_{C\text{-}D} \approx 2170$ см$^{-1}$. Во-вторых, присоединение металла к N атомам алкалоида приводит к исчезновению *транс*-полос Бохлмэнна [10,14], что является следствием включения неподеленной пары электронов атомов азота в бидентантную координацию металла. Важно отметить, что появление *транс*-полос имеет место и в случае, когда скоординирован даже только один атом азота алкалоида [16].

Частоты и интенсивности ИК полос спартеина при 786 и 737 см$^{-1}$ также являются характеристичными и они соответствуют С-Н деформационным колебаниям. При комплексообразовании эти две полосы сдвигаются на 10-30 см$^{-1}$ в низкочастотную область. Слабые полосы в области 410-470 см$^{-1}$ соотнесены с валентными колебаниями металл – спартеиновый азот (Me-N) [13]. Такое соотнесение подтверждено методом изотопного замещения чистого металла. [7]. В работе [17] измерены спектры поглощения и колебательного кругового дихроизма спартеина, которые интерпретированы на основе *ab initio* расчетов. Получено неплохое согласие теоретических и экспериментальных частот и интенсивностей полос поглощения в средней ИК области. Необходимо отметить, что большинство колебательных полос ИК спектра алкалоидов соответствуют колебаниям сложной формы.

Спектры комбинационнго рассеяния

Спектры комбинационного рассеяния света практически не использовались в литературе для изучения молекул алкалоидов люпина. Насколько известно, только в работе [18] представлен КР спектр (область 200-2500 см$^{-1}$) спартеина сульфата пентагидрата в KBr, который не был подвергнут глубокому анализу. В настоящей работе исследованы КР спектры спартеина сульфата пентагидрата и люпанина перхлората, полученные на кристаллических мелкодисперстных порошках алкалоидов, помещенных в стеклянные капилляры (рис.2).

Анализ молекулярных КР спектров позволяет

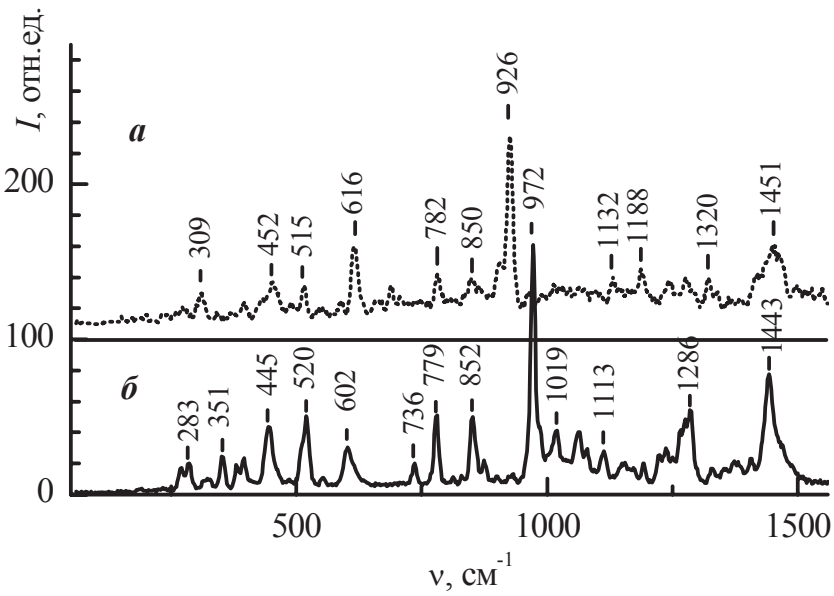


Рис.2. КР спектры люпанина перхлората (а) и спартеина сульфата пентагидрата (б).

изучать строение электронных оболочек, а также молекулярные колебательные движения, которые обуславливают данный вид светового рассеяния. Как видно из рис.2, изученные молекулы проявляют сложные и богатые линиями КР спектры. Спектральный анализ по КР спектрам на содержание алкалоидов может быть основан на том, что каждая молекула алкалоида имеет свой индивидуальный спектр собственных частот, как результат влияния на частоты колебаний незначительных изменений химического строения молекул. Для успешной интерпретации КР спектра вещества, содержащего смесь алкалоидов, необходимо выделить несколько линий, которые могут быть уверенно отнесены к спекрам индивидуальных соединений. Наиболее благоприятной ситуацией в этом случае является наличие интенсивных линий предполагаемого алкалоида. Полученные спектры показывают, что в КР спектрах спартеина сульфата пентагидрата и люпанина перхлората наблюдается по одной интенсивной линии при 972 и 926 см$^{-1}$ соответственно, которые могут быть выбраны как наиболее пригодные для анализа. Их спектральное смещение на 46 см$^{-1}$ устраняет возможность переналожения этих аналитических КР линий при реализации спектрального качественного и количественного анализа

– основное требование при разработке данного аналитического метода. Важно отметить, что локальное окружение незначительно влияет на спектральное положение выделенных аналитических линий: аналогичная линия спартеина сульфата пентагидрата в KBr наблюдается при 977 см$^{-1}$ [18]. Анализ колебательных частот двух алкалоидов в исследованной области показывает соответствие многих наблюдаемых частот, что может свидетельствовать об их отнесении к колебаниям атомов алкалоидного скелета, одинакового для двух исследуемых алкалоидов. Очевидно, что более обоснованная интерпретация КР спектров может быть выполнена с привлечением квантово-химических расчетов частот и формы возможных колебательных движений, не только изученных в настоящем сообщении алкалоидных молекул, но и их производных, в том числе и металлокомплексов.

Заключение

В работе выполнен анализ литературных данных (оптическая ультрафиолетовая (УФ), видимая и инфракрасная (ИК) спектроскопии, а также КР-спектроскопия) спектральных свойств основных алкалоидов люпина. Сделан научно обоснованный вывод о возможности создания простого и надежного спектрального метода контроля содержания алкалоидов в различных сортах люпина как растения, а также в их зеленой массе и семенах, используемых непосредственно для приготовления кормов животным. Показано, что для разработки спектрального метода могут быть использованы высокоразрешенные ИК или КР спектры веществ, содержащих алкалоиды.

Экспериментально получены КР спектры солей двух основных алкалоидов люпина – спартеина и люпанина в области 250-1500 см$^{-1}$. В спектрах выделены интенсивные линии, которые могут быть использованы в качестве основы при разработке спектрального аналитического метода (аналитические линии). Уровень новизны выполненнных исследований определяется отсутствием в литературе данных по разрешенным спектрам КР алкалоидов люпина и их возможным применением для качественного и количественного спектрального анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мироненко, А.В. Биохимия люпина / А.В. Мироненко. – Минск: Наука и техника, 1975. – 312 с.

2. Wink, M. / Quinolizidine alkaloids: biochemistry, metabolism and function in plants and cell suspension cultures / M.Wink // Planta Medica. – 1987. – Vol. 53, Issue 6. – P. 509-514.

3. Welcher, F.J. Organic Analytical Reagents / F.J.Welcher. – Vol. IV, Van Nostrand: Princeton, N. Y., 1984. – P. 243.

4. McCawley, E.L. The Alkaloids, Chemistry and Physiology / E.L. McCawley. – Vol.V, R.H.F. Manske, Ed. – Academic Press, New York, N. Y., 1955. – P. 93, 123.

5. A Mimic Molecule of Blue Copper Protei. Active Site [(-)-Sparteine-*N,N'*](maleonitriledithiolato-*S,S'*) copper (II) / Y.-J. Kim [et al.] // Inorganic Chemistry. – 2001. – Vol. 40, No. 17. – P. 4481-4484.

6. Dichloro[(-)-sparteine-*N,N'*] copper (II) / S. Lopez [et al.] // acta crystallographica. – 1998. – Vol. C54, Issue 3. – P. 355-357.

7. Preparation of meso-1,3-diphenylallyllithium·(-)-Sparteine - its crystal structure and reactions / F. Marr [et al.] // Tetrahedron: Asymmetry. – 2002. – Vol. 13, Issue 23. – P. 2587-2592.

8. Vibrational circular dichroism spectra of selected chiral polymers / J.L. McCann [et al.] // Mikrochimica Acta (Suppl). – 1997. – Vol. 14. – P. 809-810.

9. Jasiewicz, B. Sparteine and α-Isosparteine Complexes with Zn(II) and Cu(II): Structure and Spectroscopic Properties / B. Jasiewicz // Mini-Reviews in Organic Chemistry. – 2009. – Vol. 6, No. 4. – P. 275-282.

10. Synthesis and Spectroscopy of $LiClO_4$ Complexes of (–)-Sparteine, 2-Methyl- and 2-Oxosparteine, and 2-Cyano-2-methylsparteine / B. Jasiewicz [et al.] // Zeitschrift für Naturforschung B. – 2003. – Vol. 58b, No. 11. - P. 1133–1140.

11. Sangster, A.W. Ultraviolet spectra of alkaloids / A.W. Sangster, K.L. Stuart // Chemical Reviews. – 1965. – Vol. 65, No 1. – P. 69-130.

12. Chiroptical studies. Part LXXXVII. Circular dichroism of some sparteine alkaloids / W. Klyne [et al.] // Journal of the Chemical Society Perkin Transactions 1. – 1974. – P. 2565-2570.

13. Stereoelectronic properties of metalloenzymes-III. A soluble tetrahedral coordination complex of copper(II)-dichloro(Sparteine) copper (II) / S.-N. Choi [et al.] // Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry. – 1975. – Vol. 37, Issue 10. – P. 2087-2090.

14. Diffuse Reflectance Spectroscopy Applied to Solid-State 2-Methylsparteine Metal Complexes / B. Jasiewicz [et al.] // Polish Journal of Chemistry. – 2003. – Vol. 77. – P. 117-122.

15. Bohlmann, F. Lupinen-Alkaloide. VIII. Zur Konfigurationsbestimmung von Chinolizidin-Derivaten / F. Bohlmann // Chemische Berichte. – 1958. – Vol. 91, Issue 10. – P. 2157-2167.

16. Conformation of the C_{15} lupine alkaloid / M. Wiewiorowski [et al.] // Canadian Jourilal of Chemistry. – 1967. – Vol. 45, No. 13. – P. 1447-1457.

17. Vibrational Circular Dichroism Study of (-)-Sparteine / P. Bouř [et al.] // The Journal of Physical Chemistry A. – 1997. – Vol. 101, No. 50. – P. 9783-9790.

18. Спектроскопические свойства пентагидрата сульфата спартеина – алкалоида люпина / В.А. Чернявский [и др]// Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем: сборник статей Международной научной конференции, Минск, 21-23 июня 2006 г. / – Минск, 2006. – Том I. – С. 168-170.

УДК 631.15:33+001.895:63 ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 27.06.2011

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИЙ В АПК

А.А. Бевзелюк, канд. экон. наук, доцент (БГАТУ)

Аннотация

В статье рассмотрены возможности совершенствования экономического анализа инноваций и инвестиционных проектов. Сделаны предложения по улучшению методов оценки эффективности новой техники и инвестиций.

The possibilities of improvement of economic analysis in the innovation activity sphere and investment projects are described in the article. Some suggestions dealing with the methods of evaluation of new technologies and investment are given to the readers.

Введение

К важнейшим факторам коммерциализации инноваций относится экономическая оценка и планирование. В то же время в Беларуси бизнес-проектирование нововведений является наиболее слабым звеном в цикле «наука – производство». Как результат – создание новых технологий зачастую ограничивается этапом технологического «сырья», не развит трансфер технологий, предприятиям и инвесторам не хватает выгодных предложений, а реализованные проекты не всегда эффективны. Эти проблемы в значительной мере вызваны недостатками методик по обоснованию и планированию проектов. В этой связи в статье рассмотрены методические проблемы экономического анализа инвестиций и инноваций, сделаны предложения по его совершенствованию, использованию компьютерных технологий оценок проектов.

Основная часть

Определение эффективности новых технологий в аграрном секторе по сравнению с другими отраслями характеризуется большей сложностью. Это обусловлено вариантностью агротехнологий и условий их использования, разнообразием машинных агрегатов, специфическими рисками и факторами. В бывшем СССР оценка новшеств в АПК среди других отраслей выделялась наличием государственного стандарта [1] и множества нормативно-методических материалов [2, 3]. Ряд методик, в том числе союзного масштаба [4], был разработан белорусскими специалистами. Типовые формулы для различных объектов инноваций обеспечивали единообразие и сопоставимость оценок. Несколько модификаций метода приведенных затрат позволяли учесть особенности оценки агрегатов, срок службы машин, производительность и т. д.

В постсоветский период актуальность многих положений указанных методик существенно снизилась. Потребовались точные оценки эффекта с позиции выгоды субъектов хозяйствования. Об актуальности проблемы свидетельствуют частые замены национальных инструкций [5-9]. С начала XX века они менялись в 2002, 2004, 2005, 2007 и 2008 годах, но так и не стали надежными инструментами для планирования и анализа. Разработанная в 2006 г. специальная компьютерная программа по оценке эффективности использования результатов исследований и разработок оказалась малопригодной для практики.

Действующие в настоящее время Правила по инвестиционному бизнес-планированию [8] переусложнены и методически ограничены. В частности, они не предусматривают расчеты эффекта замены действующей техники, сравнительного эффекта проектов, национального эффекта и т. д. В результате создаются условия для формального отношения к анализу проектов и манипулирования показателями эффекта. Более того, выполнение требований нормативных материалов может нанести ущерб. Так, в методических рекомендациях [9] критерием отбора инновационных разработок служит показатель чистого дисконтированного дохода. Данное методическое положение отражает частный случай выбора лучшего варианта и необоснованно распространено на все инновации. Как следствие, высокоэффективные, на рубль затрат, но не требующие больших затрат проекты будут отклонены. Приоритет получат дорогие проекты, набравшие эффект за счет увеличения массы вложений, даже при их низкой рентабельности.

Специалисты неоднократно обращали внимание на недостатки обоснования проектов, приводящие к убыткам [10-12]. Ограничимся только одним примером. В одной из областей страны для получения бюджетных средств была завышена эффективность зерносушилок. После строительства сушилок выяснилось, что расчетный срок окупаемости составляет не проектные шесть лет, а превышает тысячу лет.

Между тем, в Беларуси имеются простые общедоступные инструменты, позволяющие существенно повысить уровень экономического анализа проектов. Например, в Белорусском государственном аграрном

техническом университете (БГАТУ) разработаны и апробированы соответствующие учебно-практические материалы, накоплен положительный опыт их использования. Расчеты эффективности проектов можно выполнять без использования или с использованием специальных компьютерных программ, включая Интернет-сайт (www.belinvest.of.by). Типовые оценки проектов при известных исходных данных выполняются подготовленными специалистами за 15 – 30 минут.

Простота экономических оценок создает основу для развития ситуационного анализа. В широком смысле ситуационный анализ предполагает изучение факторов эффекта техники, мероприятия, проекта в различных сферах при меняющихся условиях. Конкретная ситуация может определяться природно-климатическими и погодными условиями, состоянием почвы, засоренностью поля сорняками и другими характеристиками. По степени учета стоимостных показателей целесообразно выделить три вида анализа.

Анализ **«факторы эффекта»** предполагает выявление факторов-отличий, влияющих на экономические показатели. К факторам относятся: изменение методов обработки почвы, силосования и хранения кормов, рабочей скорости машин, качества посева, уборки урожая и т. п. Анализ может включать ранжирование факторов по важности, изучение причинно-следственных связей, возможных условий использования инноваций, профилактических мер для снижения негативных воздействий.

Анализ **«затраты - результат»** направлен на получение стоимостных оценок объекта или явления в различных ситуациях. Так, капиталоемкость обработки почвы и посева зависит от многих факторов. Для техники западных производителей капиталоемкость может составлять при обороте пласта 1600 евро/га, при обороте пласта в условиях «дикого» поля – 1800 евро/га, при безотвальной системе – 1080 евро/га, при безотвальной системе с применением инновационной машины – 1060 евро/га и т. д.

Отечественная техника обычно имеет лучшие показатели капиталоемкости, но может уступать, например, по качеству. Как следствие, могут увеличиваться производственные издержки на выполнение работы, расход кормов, потери урожая. Анализ «затраты - результат» просто воспринимается, характеризует экономическое проявление факторов эффекта, однако не дает представления об итоговой пользе инновации.

Наиболее полное экономическое исследование представляет анализ **«затраты-выгоды»**, включая составляющую **«оценка ущерба».** Исследование обеспечивает решение множества задач: определение целесообразности инвестиций, стоимости инновации доходным методом, выгоды сельхозпроизводителя и страны в целом и т. д.

Использование компьютерных программ упрощает учет длительных периодов и динамики показателей, связанных со спецификой садоводства, животноводства, севооборота, изменением плодородия почвы, а также расширяет возможности изучения множества вариантов и ситуаций. В табл. 1 показано меню видов оценок проектов (агротехнологий, машин, методов ветеринарной медицины, средств защиты растений и т. д.) в зависимости от базового варианта. Формы документов и алгоритмы расчетов подготавливаются автоматически исходя из вида оценки и других заданных параметров.

Абсолютный эффект показывает выгоду проекта или агротехнологии в случае, если не производится замена действующей технологии. Базового варианта нет.

Эффект замены действующего варианта показывает пользу проекта или технологии при условии, что базовый (заменяемый) вариант конкурентоспособен и будет продолжен в случае отказа от нового варианта. В частности, базовый вариант может представлять удобрение навозом, а новый – использование навозных компостов. При отрицательном эффекте целесообразно продолжение действующего варианта.

Сравнение вариантов обеспечивает выбор более эффективного проекта. Отбор проектов по стоимостным показателям эффекта (табл. 1) ориентирован на использование фактора масштаба, увеличение объема вложений при допустимой цене ресурсов. Для автоматизированного отбора проектов по удельным показателям эффекта на вышеуказанном сайте предусмотрена функция **«поиск проектов»** по сроку окупаемости, величине капвложений и другим параметрам.

Таблица 1. Меню видов оценок в зависимости от базового варианта

Меню	Назначение оценок и пояснения
Абсолютный эффект проекта	Оценка целесообразности проекта. Оценка стоимости объекта доходным методом
Замена варианта на менее затратный*	Оценка целесообразности замены действующего варианта (базового варианта). Расчеты прироста стоимости объекта и эффекта проекта наращивания стоимости
на более доходный	
Сравнение вариантов по затратам*	Сравнение вариантов - проектов. Отбор проектов по стоимостным показателям эффекта. Оценка преимущества лучшего предложения (проекта или варианта проекта)
по доходу	
Расчет эффекта дополнительных затрат	Расчеты эффекта замены и сравнительного эффекта, вызванного дополнительными затратами
**Варианты тождественны по целевому результату, например по объему выполняемой работы.*	

Расчет эффекта дополнительных затрат отражает известную закономерность снижения прироста результата от каждой последующей порции затрат при заданной технологии, например затрат на удобрения и полив в растениеводстве.

Применение компьютерных технологий экономического анализа не требует больших расходов, однако необходимо обучение специалистов, а также повышение заинтересованности в квалифицированном бизнес-проектировании новаций и инвестиций.

Заключение

Недостатки действующих методик оценки эффективности новой техники и проектов отрицательно влияют на темпы развития предприятий и страны в целом. Выход – в улучшении организации и применении современных технологий экономического анализа. Возможности для этого есть. Определенный опыт использования современных технологий подготовки и экспертизы проектов накоплен в БГАТУ. Массовое применение новых инструментов инвестиционного анализа сдерживается организационными факторами и необходимостью обучения пользователей. Требуется совершенствование соответствующих нормативно-методических материалов и развитие инновационного образования специалистов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Техника сельскохозяйственная: методы экономической оценки: ГОСТ 23728-88-ГОСТ 23730-88. – М., 1988.

2. Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. – М., 1980.

3. Основные положения методики определения экономической эффективности новой техники, изобретений и рационализаторских предложений в тракторном и сельскохозяйственном машиностроении. – М., 1987.

4. Рекомендации по организации внедрения и расчету экономической эффективности от внедрения законченных научно-исследовательских, опытно- конструкторских и проектно-технологических работ по монтажу, техническому обслуживанию, ремонту машин и оборудования животноводства. – Минск: ВНИИТИМЖ, 1986.

5. Инструкция по оценке эффективности использования в народном хозяйстве республики результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ: утв. Постан. Совета Министров Респ. Беларусь 18 мая 2002 г., № 637.

6. Инструкция по оценке эффективности использования результатов исследований и разработок в промышленности: утв. постан. Гос. Комитета по науке и технологиям Респ. Беларусь и Нац. академии наук Беларуси 22 декабря 2004 г., № 8/3.

7. Правила по разработке бизнес-планов инвестиционных проектов: утв. пост. Министерства экономики Респ. Беларусь 31.08. 2005 г., № 158 (в редакции 2005 года).

8. Правила по разработке бизнес-планов инвестиционных проектов: утв. постановлением Министерства экономики Респ. Беларусь 31.08. 2005 г., № 158 (в редак. постанов. Министерства экономики Респ. Беларусь от 07.12. 2007 г., № 214).

9. Методические рекомендации по оценке эффективности научных, научно-технических и инновационных разработок: утв. совместным пост. Гос. Комитета по науке и технологиям Респ. Беларусь и Нац. академии наук Беларуси 03.01.2008, № 1/1.

10. Жишкевич, А.К. Совершенствование гос. регулирования использования и погашения иностранных кредитов в Респ. Беларусь: автореф.… дис. канд. эконом. наук: / А.К. Жишкевич. – Минск: НИЭИ Минэкономики Республики Беларусь, 2001.

11. Мирончук, С., Шемет Н. О некоторых аспектах инвестиционной деятельности в Брестской области/ С. Мирончук, Н. Шемет // Банковский вестник, 2008. – № 11. – С. 52-57.

12. Рубашевская, Е. Инвестиционная деятельность в Витебской области/ Е. Рубашевская // Банковский вестник, 2009. – № 4. – С. 47-52.

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

Журнал “Агропанорама” включен в список изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономическим (АПК) и сельскохозяйственным наукам (зоотехния).
Журнал выходит раз в два месяца, распространяется по подписке и в розницу в киоске БГАТУ. Подписной индекс в каталоге Республики Беларусь: для индивидуальных подписчиков - 74884, предприятий и организаций - 748842.
Стоимость подписки на второе полугодие 2011 года: для индивидуальных подписчиков - 35580 руб., ведомственная подписка - 69999 руб.

УДК 631.143 ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 13.03.2011

АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОРПОРАТИВНЫХ ФОРМИРОВАНИЙ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

С. А. Шелест, аспирант (БГАТУ)

Аннотация

В статье раскрывается специфика агропромышленной корпорации и анализируется деятельность интегрированных формирований АПК в Беларуси. Проведен корреляционно-регрессионный анализ на примере корпоративных формирований Минского региона, который позволяет представить корпоративные формирования как одну из перспективных форм функционирования предприятия в условиях нестабильности экономических процессов.

The specificity of Agroindustrial Corporation is explained. The activity of the integrated formations of AIC in Belarus is analyzed. A correlation-regress analysis on the basis of corporate formations in Minsk region has been carried out, which lets the corporate formation to be presented as the most perspective form of enterprise functioning in the conditions of economic instability.

Введение

Объектом исследования в данной публикации являются сельскохозяйственные организации с различной степенью корпоратизации и предприятия традиционных форм хозяйствования Минской области.

Предмет исследования – валовой доход в сельскохозяйственных организациях корпоративных и главенствующих форм хозяйствования Минского региона.

Цель исследования – анализ изменения валового дохода в организациях новых и традиционных форм хозяйствования Минской области.

В мире широкое распространение получили крупные корпорации и объединения, основанные на интеграции по всей технологической цепочке движения продукции – от сырья до готовых товаров. Эти объединения вобрали в себя преимущества кооперации и интеграции, а также плюсы внутрикорпоративной специализации и диверсификации.

Советские крупные предприятия не являлись полноценными хозяйственниками. Наиболее важные функции инвестирования, маркетинга, НИОКР и другие были переданы отраслевым министерствам и ведомствам.

Направленность аграрного сектора экономики на инновационный путь развития вызывает необходимость изменения в организации и функционировании агропродовольственного производства.

Существующие ныне взаимоотношения между сельхозпроизводителями и перерабатывающими предприятиями проявляются в основном в двух формах:

1. Созданные на базе перерабатывающего предприятия акционерные общества (АО), где сельхозпроизводители остаются в стороне от управления АО;
2. Образование из сельскохозяйственных предприятий структурных подразделений перерабатывающего предприятия, что помимо вышеназванного приводит к потере юридической и хозяйственной самостоятельности.

В дополнение к этому, необходимо также указать на следующие недостатки:

– неэквивалентность обмена между сферами АПК;

– недостаток опыта хозяйственного управления администраций акционерных обществ и сельскохозяйственных предприятий в новых экономических условиях;

– разобщённость сельскохозяйственных производителей;

– распылённость контрольного пакета акций;

– недостаточная юридическая грамотность.

Разрешить данные противоречия призвана агропромышленная интеграция, которая находит воплощение в определенных организационно-хозяйственных формах соединения сельскохозяйственных и промышленных предприятий – от простых к более сложным агропромышленным формированиям. Наиболее оптимальной представляется корпорация.

Агрокорпорация – объединение головной и дочерних предприятий в сферах сельскохозяйственного, промышленного производства, агросервиса, торговли, инвестиций и научной деятельности.

Беларусь имела позитивные примеры существования подобных объединений уже в 90-х годах прошлого столетия (Жлобинская аграрная финансово-промышленная группа, Оршанское товарищество). Некоторые корпоративные формирования и в наше время эффективно функционируют, адаптировавшись к условиям рыночной экономики (Гродненское и Витебское объединения хлебопродуктов, Дзержинский агрокомбинат) [1].

Всё агропромышленное производство должно быть построено на принципах многоуровневой продуктовой кооперации и интеграции.

В будущем данные структуры могут перерастать в более сложные формы (финансово-промышленные группы, концерны, холдинги) с участием государства и без него.

Корпоративные объединения особенно значимы в целях сохранения устойчивости во время реорганизации народного хозяйства, так как упрощают данный процесс, сохраняют эффективное государственное воздействие при сокращении прямого контроля [2].

Зарубежный опыт свидетельствует о необходимости сохранения собственности государства на крупных предприятиях, где возможно создание эффективного управления посредством корпоратизации – создания акционерного общества с контрольным пакетом акций у государства. В результате должна повыситься заинтересованность самого предприятия в росте прибыли и минимизации издержек на вложенный капитал, а также в случае эффективного функционирования будет происходить рост котировочной стоимости акций на фондовом рынке [2].

Максимальную восприимчивость к инвестициям проявляют различные виды хозяйственных обществ.

Более эффективны акционерные общества, в силу гибкости и мобильности акционерного капитала, который упрощает процесс слияния, объединения, доверительного управления.

Наиболее успешно работают интегрированные формирования с одной формой собственности [3]. Для этого происходит преобразование сельскохозяйственного производственного кооператива в акционерное общество, общество с ограниченной ответственностью с целью концентрации акций у инвестора. Зачастую это сопровождается укрупнением и позволяет хозяйствам войти в состав структуры на правах дочернего предприятия или же головное акционерное общество, на месте существующих сельскохозяйственных производственных кооперативов (СПК) учредить частные унитарные предприятия с закреплением за ними имущества.

Существующие СПК являются промежуточной организационно-правовой формой сельхозорганизации, так как содержат в себе два фактора, сдерживающие инициативу инвестора: подразумевают трудовое участие каждого члена, управление в них не зависит от размера доли в капитале [4].

Можно заключить, что наиболее приемлемыми организационно-правовыми формами процесса корпоратизации являются корпоративные формирования в виде хозяйственных обществ и унитарных предприятий.

Основная часть

Важнейшей составляющей повышения устойчивости развития предприятий АПК является выявление аспектов, сдерживающих их развитие, определение возможностей увеличения объемов получения валового дохода и выявление резервов роста эффективности функционирования субъектов хозяйствования.

С целью анализа устойчивого развития экономики группы предприятий, расположенных на территории Березинского, Борисовского, Крупского, Логойского, Смолевичского, Червенского районов Минской области, за 2009 год в количестве 76 сельскохозяйственных организаций, был проведен эконометрический анализ.

Одним из показателей эффективности функционирования корпоративных формирований является валовой доход. В связи с этим, возникает необходимость определения факторов его увеличения. На результативный показатель влияет ряд факторов, многие из которых поддаются количественному анализу.

Наибольшее влияние оказывают следующие факторы: среднегодовая стоимость основных средств (млн. руб.), производственные затраты без амортизации (млн. руб.), среднегодовая численность работников (чел.), оплата труда (млн. руб.), площадь сельскохозяйственных угодий (га), балл сельскохозяйственных угодий, энергетические мощности (л.с), покупка кормов (млн. руб.), покупка животных (млн. руб.), минеральные удобрения (млн. руб.). Для исследования процессов корпоратизации были выделены такие корпоративные признаки как наличие собственной промышленной переработки с.-х. организации, организационно-правовая форма акционерного общества и унитарного предприятия. Их выбор был предопределён пунктом 2 Указа Президента РБ № 660 от 1 апреля 2010 г. «О некоторых вопросах создания и деятельности холдингов в Республике Беларусь», согласно которому был определен круг лиц, которые могут быть участниками холдинга в Республике Беларусь:

– хозяйственные общества (общества с ограниченной ответственностью, общества с дополнительной ответственностью, закрытые и открытые акционерные общества), в которых управляющая компания владеет 25 % и более простых (обыкновенных) акций (долей в уставных фондах);

– унитарные предприятия.

Наличие собственной промышленной переработки с.-х. продукции является фактором стабилизации и подъема экономики АПК, а также способствует снижению издержек производства, переработки, хранения и реализации продукции, финансового риска, уменьшения посреднических звеньев при реализации товаров. В дальнейшем данные мощности по производству и переработке с.-х. продукции могут перерасти в агрокорпоративные формирования.

В ходе исключения несущественных факторов и расщепления стоимости основных средств на 2 периода (1999-2005 гг.) и (2006-2009 гг.) с целью изучения их влияния на валовой доход до начала действия Программы возрождения и развития села и в течении периода ее функционирования была построена корреляционно-регрессионная модель формирования валового дохода.

Из данной модели также были исключены энергетические мощности, как несущественный фактор.

Стоимость основных средств в 1999-2005гг. оказывала положительное влияние на валовой доход, а в 2006-2009 гг. – отрицательное, что, вероятно, вызвано неупорядоченными переоценками основных средств, или же тем, что основные средства за период 2006-2009гг. значительно обновились, но еще недостаточно полно (табл. 1).

Данный показатель свидетельствует о том, что оплата труда в сельском хозяйстве находится на од-

Таблица 1. Корреляционно-регрессионная модель формирования валового дохода за 2009 год

Показатели	Коэффициенты регрессии	t-статистика
Валовой доход, млн. руб.	-4118	-3,270
Стоимость основных средств 1999-2005 годов, млн.руб.	0,037	1,056
Стоимость основных средств 2006-2009 годов, млн.руб.	-0,051	-1,380
Производственные затраты без амортизации, млн. руб.	0,472	3,660
Оплата труда среднегодового работника, млн. руб.	338,630	2,243
Покупка кормов, млн. руб.	-0,336	-1,320
Покупка животных, млн. руб.	-148,000	-1,000
Наличие собственной промышленной переработки с.-х. организации	42,629	0,072
Акционерное общество	233,910	0,063
Унитарное предприятие	1299,500	0,348

Таблица 2. Группировка по уровню эффективности использования ресурсов

Показатели	Кисп< 1	Кисп> 1	среднее значение
Валовой доход, млн. руб.	2170	5129	3454
Стоимость основных средств 1999-2005 годов, млн.руб.	17795	19292	18444
Стоимость основных средств 2006-2009 годов, млн. руб.	15658	21135	18035
Производственные затраты без амортизации, млн. руб.	10418	15321	12546
Среднегодовая численность работников, чел.	184	213	197
Оплата труда, млн. руб.	1396	2079	1692
Площадь с.-х. угодий, га	4524	4420	4479
Балл с.-х. угодий	27	27	27
Энергетические мощности, тыс. л.с.	13	14	14
Покупка кормов, млн. руб.	1617	3943	2626
Покупка животных, млн. руб.	1	1	1
Минеральные удобрения, млн. руб.	853	784	823
Наличие собственной промышленной переработки с.-х. организации, %	63	65	64
Акционерные общества, %	17	9	13
Унитарные предприятия, %	30	22	26
Услуги по улучшению земель	81	23	56
Услуги по транспортировке грузов	127	121	124
Услуги по ремонту техники	71	52	63
в т. ч. % хозяйств Борисовского района	20	35	26

ном из наименьших уровней среди отраслей народного хозяйства, и что необходимо предусмотреть её повышение.

Покупные корма уменьшают валовой доход, что вызвано неэквивалентностью обмена и покупки между сельскохозяйственными организациями и комбинатами хлебопродуктов зерна на комбикорма.

Покупка же животных отрицательно влияет на валовой доход, что вызвано покупкой у населения животных недостаточно высоких кондиций и потребностью улучшения обеспеченности качественным молодняком от специализированных животноводческих организаций.

Среди корпоративных признаков, таких как наличие собственной промышленной переработки и торговой сети, а также принадлежность к организационным формам хозяйствования, наиболее чувствительным к процессу корпоратизации (акционерные общества и унитарные предприятия), наибольшее влияние на рост валового дохода оказывает принадлежность к акционерным обществам и унитарным предприятиям, что подтверждает правильность дальнейшего изучения влияния корпоративных признаков на итоговые показатели, характеризующие результат функционирования сельскохозяйственных организаций.

Из табл. 2 следует, что эффективная группа сельхозорганизаций характеризуется большим размером основных производственных ресурсов при меньшей площади сельхоз- угодий и меньшей стоимости минеральных удобрений. Данные параметры при лучшей эффективности их использования позволяют получить в 2,4 раза больший валовой доход. Следует отметить, что эффективная группа имеет больший удельный вес организаций с собственной промышленной переработкой и торговой сетью (65% против 63% в неэффективной группе).

Самый большой удельный вес хозяйства Борисовского района занимают в эффективной группе – 34,8%, в то время как в неэффективной – 20%. Исходя из этого, можно заключить, что данный район имеет высокий потенциал развития и углубления процессов кооперации и интеграции.

Затем по каждой группе была построена корреляционная модель формирования валового дохода (табл. 3).

Отдача основных средств 1999-2005 гг. в эффективной группе значительно больше и положительна.

Влияние основных средств 2006-2009 гг. отрицательно, что объясняется ещё не наступившим сроком окупаемости данных средств. А существенная разница размеров влияния в группах объясняется тем, что

Таблица 3. Корреляционные модели формирования валового дохода

Показатели	Группа с низким уровнем использования ресурсного потенциала		Группа с высоким уровнем использования ресурсного потенциала	
	Коэффициенты	*t-статистика*	*Коэффициенты*	*t-статистика*
Валовой доход, млн. руб.	673,420	1,260	-1691,481	-3,991
Стоимость основных средств 1999-2005 годов, млн.руб.	-0,010	-0,531	0,041	2,133
Стоимость основных средств 2006-2009 годов, млн.руб.	-0,011	-0,582	-0,041	-2,731
Производственные затраты без амортизации, млн. руб.	0,201	3,101	0,492	6,712
Оплата труда среднегодового работника, млн. руб.	-40,051	-0,461	216,221	3,611
Покупка кормов, млн. руб.	-0,042	-0,331	-0,342	-2,131
Покупка животных, млн. руб.	53,663	0,881	-141,773	-2,232
Наличие собственной промышленной переработки	230,641	0,801	25,031	0,142
Акционерное общество	579,26	1,361	2496,371	2,651
Унитарное предприятие	0,00	0,00	2254,674	1,932

эффективные хозяйства приобрели новой техники в гораздо больших количествах, и которая оказывает более существенное влияние на результативный показатель.

Затраты на производство здесь также эффективнее используются (0,2 млн. руб. против 0,49 млн. руб.). Материальное стимулирование в рассматриваемых хозяйствах более продуктивно (216 млн. руб. и - 40 млн. руб.).

Покупные корма и животные хуже влияют на результативный показатель, что вызвано нехваткой собственных и предполагает расширение производства данных видов.

Наличие корпоративных признаков в эффективных хозяйствах в большей мере влияет на валовой доход по сравнению с неэффективной группой.

Результаты данных моделей позволили построить сложную группировку исследуемых показателей (табл. 4).

Наибольший процент организаций с промышленной переработкой находится в подгруппе k=2,2 (75%), акционерных обществ – в группе k=0,4 (29%), унитарных предприятий – k=0,2 (38)% и k=2,2 (33%).

Наивысшая доля хозяйств Борисовского района присутствует в эффективных группах с коэффициентами использования ресурсного потенциала k=1,5 и k=2,2 (36,4% и 33,3%), наименьшая – в неэффективных k=0,2 и k=0,4 (23,1% и 21,4%). Это даёт основания

Таблица 4. Сложная группировка показателей формирования валового дохода

Группы сельскохозяйственных организаций по эффективности использования ресурсного потенциала	Валовый доход, млн. руб.	Стоимость основных средств 1999-2005 годов, млн.руб.,	Стоимость основных средств в 2006-2009 годов, млн.руб.	Производственные затраты без амортизации, млн. руб.	Среднегодовая численность работников, чел	Оплата труда, млн. руб.	Площадь с.-х. угодий, га	Балл с.-х. угодий	Энергетические мощности, тыс. л.с.	Покупка кормов, млн. руб.	Покупка животных, млн. руб.	Минеральные удобрения, млн. руб.	Наличие собственной промышленной переработки с.-х. организации, %	Акционерные общества, %	Унитарные предприятия, %	Услуги по улучшению земель	Услуги по транспортировке грузов	Услуги по ремонту техники	в т. ч. % хозяйств Борисовского района
Кисп=0,2	1545	14831	13641	8274	158	1165	4451	28	12	699	1	851	63	6	38	140	117	83	23,1
Кисп=0,4	2884	21182	17964	12868	214	1660	4607	27	15	2665	1	856	64	29	21	13	139	57	21,4
Кисп <1	**2150**	**17699**	**15593**	**10349**	**183**	**1389**	**4521**	**27**	**13**	**1587**	**1**	**853**	**63**	**17**	**30**	**81**	**127**	**71**	**22,2**
Кисп = 1,5	1826	12403	11331	6551	181	993	4136	26	12	529	1	649	55	0	9	20	37	44	36,4
Кисп = 2,2	8157	25606	30122	23360	242	3075	4680	27	17	7073	1	908	75	17	33	26	197	59	33,3
Кисп >1	**4991**	**19005**	**20727**	**14955**	**212**	**2034**	**4408**	**27**	**14**	**3801**	**1**	**778**	**65**	**9**	**22**	**56**	**124**	**63**	**34,8**

предположить, что этот регион в наибольшей мере подходит для применения перспективных моделей организации управления аграрным производством.

Наибольший размер услуг по улучшению земель и ремонту техники принадлежит самым неэффективным хозяйствам (k=0,2) – 140 млн. руб. и 83 млн. руб. соответственно, а транспортных услуг – самым эффективным (k=2,2) – 197 млн. руб. Данный факт свидетельствует о том, что названные услуги, за исключением транспортных, крайне невыгодны для хозяйств и требуют кардинальных изменений посредством развития кооперации и интеграции между названными субъектами хозяйственной деятельности. Транспортные услуги в целом выгодны для сельскохозяйственных организаций, что связано с легкостью контроля за их качеством и простотой оплаты.

Заключение

Таким образом, эконометрический анализ позволяет определить степень воздействия важнейших факторов производства на уровень формирования валового дохода и представить корпоративные формирования как одну из перспективных форм функционирования предприятия в условиях нестабильности экономических процессов, как в нашей республике, так и за её пределами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусаков, В. Каким должно быть кооперативно-интеграционное устройство национального АПК / В. Гусаков // Аграрная экономика. – 2008. – № 6. – С. 2-11.

2. Федоренчик, Е.Л. Важнейшие аспекты формирования корпоративных структур / Е.Л. Федоренчик // Белорусская экономика: анализ, прогноз, регулирование. – 2001. – №4. С. 29-36.

3. Ушачёв, И. Интеграционные отношения в агропромышленном производстве России / И. Ушачёв // АПК: экономика, управление. – 2003. – № 8. – С.12-16.

4. Актуальные проблемы и направления реформирования агропромышленного комплекса Беларуси / В. Гусаков [и др.] // Агроэкономика. – 2003. – № 6. – С. 3-6.

УДК 330.064 ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 26.10.2010

ПРИМЕНЕНИЕ СУБД ACCESS 2007 ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧЕТА БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ

А.А. Слуквина, студентка (БГАТУ)

Аннотация

Разработана база данных «Предприятие», позволяющая менеджеру-экономисту оперативно вести учет производства и движения молочной продукции на молокоперерабатывающем предприятии, а также собирать внешнюю информацию для анализа, оптимизируя тем самым время на сбор, хранение, обработку внутренней и внешней экономической информации предприятия.

The database "Enterprise" was developed. It allows the managing economist to keep records of dairy production and flow at the milk processing enterprise as well as to collect the external information for analysis, thereby optimizing the time for collection, storage and processing of internal and external economic information of the enterprise.

Введение

Информация в настоящее время выходит на первый план среди прочих ресурсов предприятия. Особенность экономической информации заключается в том, что она представляет собой большое количество изучаемых процессов и явлений, является громоздкой для восприятия и обработки.

На молокоперерабатывающем предприятии циркулирует большой поток внешней и внутренней экономической информации. Проблемой КУП «Городской молочный завод № 1» является оптимальная организация, структурирование и хранение информации о процессах производства и сбыта продукции, а также сбора внешней экономической информации. Удобное ее представление, извлечение и последующий достоверный анализ позволят сократить время на принятие управленческих решений, а это, в свою очередь, позволит молокозаводу получить конкурентное преимущество перед другими предприятиями аналогичного профиля и адаптироваться к условиям изменения внешней и внутренней среды. Поэтому в настоящее время поиск надежного способа обработки экономической информации на предприятии является важной актуальной проблемой.

Преимущественно для оперативной обработки информации на любом предприятии используются коммерческие программные автоматизированные системы. Как правило, популярные автоматизированные системы («1С: Предприятие», «Галактика», «Парус») имеют высокую стоимость, что снижает их

доступность, требуют специального обучения и переобучения персонала, а также дополнительной настройки программы для конкретного предприятия, - все это увеличивает затраты предприятия, замедляет рост производительности труда специалистов и, как следствие, «тормозит» обработку информации и принятие оперативных управленческих решений.

Как известно, базы данных (БД) служат ядром, информационной базой автоматизированных систем. Современные технологии баз данных и знаний являются одним из определяющих факторов успеха в любой отрасли бизнеса, обеспечивая хранение корпоративной информации, предоставление пользователям актуальной информации для принятия эффективных решений [1]. Подавляющее большинство деловых операций сегодня записывается, отслеживается и анализируется в виде данных, хранящихся в реляционных системах [2].

Ведение правильной ценовой политики – задача каждого предприятия. Для того чтобы формировать цены, необходимо проанализировать множество экономической информации и в итоге принять правильное управленческое решение. Обмен прайс-листами с конкурентами является одной из составляющих формирования ценовой политики КУП «Городской молочный завод № 1». Задача специалиста экономического профиля состоит в качественном сборе, представлении и хранении информации об отпускных ценах на продукцию для последующего анализа.

В настоящее время сбор и передача экономической информации между молокоперерабатывающими предприятиями, а также ее последующая обработка имеют ряд проблем:

– сбор информации от организаций осуществляется посредством различных имеющихся систем представления и способов передачи информации;

– наличие высоких денежных и временных затрат на телефонные деловые переговоры, так как в основном сбор и передача информации осуществляется посредством телефакса;

– ввод информации в существующую БД, а также ее (информации) обработка производится на предприятии вручную.

На молокозаводе уже существует реляционная БД, однако ее крупным недостатком является то, что она не позволяет производить качественный сбор, обработку и анализ поступающей информации от конкурирующих предприятий (в данном случае обмениваться прайс-листами для успешного ведения ценовой политики на предприятии). Изучение прайс-листов конкурентов – одна из рыночных составляющих ведения ценовой политики предприятия. Этим обуславливается выбор и использование при решении данной проблемы другой системы, которая была бы доступна специалисту и решала бы эту задачу.

Основная часть

Для организации автоматизированного оперативного учета экономической информации на предприятии КУП «Городской молочный завод № 1» изначально на основе Microsoft Access (версия 2007) был сформирован проект базы данных «Предприятие», включающий следующие подобласти: «Справочная информация», «Производство продукции», «Распределение молочной продукции». Сформированная база данных «Предприятие» позволяет:

– вести учет периодической информации по показателям экономической эффективности предприятий, занимающихся выпуском молочной продукции, а также оперативной информации об отпускных ценах на основные молочные продукты, как отдельных предприятий-конкурентов, так и розничных цен в целом по областным центрам Республики Беларусь;

– производить анализ внешней информации и проводить политику предприятия в связи с существующими тенденциями на внутреннем рынке;

– оперативно вести учет расхода сырья и применения необходимого оборудования для производства молочной продукции;

– своевременно распределять готовую молочную продукцию заказчикам согласно договорам и накладным.

В итоге, на основе имеющейся информации (а именно: трех предметных областей) был разработан пользовательский интерфейс (рис. 1) в виде автоматизированной системы, предоставляющей доступ к информации каждой предметной области. Система позволяет специалисту экономического профиля управлять процессами сбора, хранения, обработки и анализа внешней и внутренней информации предприятия, вести учет экономической информации по процессам производства и распределения молочной продукции. Автоматизированная система призвана облегчить труд специалиста и представить информацию в удобном виде, позволяя сократить время на поиск, обработку и анализ экономической информации.

Рис. 1. Автоматизированная система производства и движения молочной продукции на предприятии (на основе базы данных «Предприятие»)

Как известно, работа с базой данных в современных системах неотъемлемо связано с обменом ин-

формацией между различными программами. В данном случае базу данных «Предприятие» можно использовать на КУП «Городской молочный завод № 1» в качестве звена в цепи передачи-обработки информации, осуществлять взаимодействие персонала при формировании ценовой политики предприятий, производить обмен прайс-листами посредством электронной почты Office Outlook 2007, импорта файлов Excel с занесением информации в базу данных для сравнительного анализа. Взаимодействие Office Access 2007 с Microsoft Office Outlook 2007 позволяет создавать и отправлять сообщения электронной почты с формами для ввода данных. Обработка ответов с заполненными получателями формами производится в соответствии с заранее определенными требованиями. Например, при выборе автоматической обработки ответов содержимое форм добавляется в соответствующую таблицу базы данных сразу после их получения. Эта новая возможность позволяет сэкономить время, затрачиваемое на ввод данных, полученных от пользователей и произвести своевременный анализ информации. Пример формы для заполнения представлен на рис. 2.

После того, как одиножды будет заполнена форма-сообщение, в следующий раз при сборе информации в целях предупреждения повторного внесения данных и сокращения времени на их изменение (добавление), форму-сообщение можно экспортировать из базы данных в файл Excel и отправить предприятию, работники которого заполняли форму. Специалистам следует модифицировать лишь некоторые данные (в данном случае – цены).

Выводы

База данных «Предприятие», разработанная посредством Microsoft Access 2007, позволяет автоматизировать работу экономиста-управленца, структурировать и хранить большие объемы экономической информации, является связующим элементом в процессе взаимодействия персонала предприятий в сфере формирования ценовой политики, и для принятия управленческих решений является основой, на которой предприятие будет организовывать, планировать свою деятельность, а также повышать конкурентоспособность предприятия.

«Автоматизированная система производства и движения молочной продукции на предприятии», разработанная на основе базы данных «Предприятие», включает в себя три подсистемы: «Справочная информация», «Производство продукции», «Распределение молочной продукции» и позволяет накапливать и анализировать внешнюю и внутреннюю экономическую информацию предприятия, вовремя оформлять необходимую документацию, вносить, извлекать, анализировать информацию для принятия управленческих решений.

Разработанная система имеет ряд следующих преимуществ:

– позволяет производить сбор информации в базу данных «Предприятие» посредством электронной почты Outlook Express (вносить данные посредством заполненной формы-сообщения), а также импортировать информацию из полученных файлов Excel, привести прайс-лист к единому шаблону, заполняемому каждым предприятием;

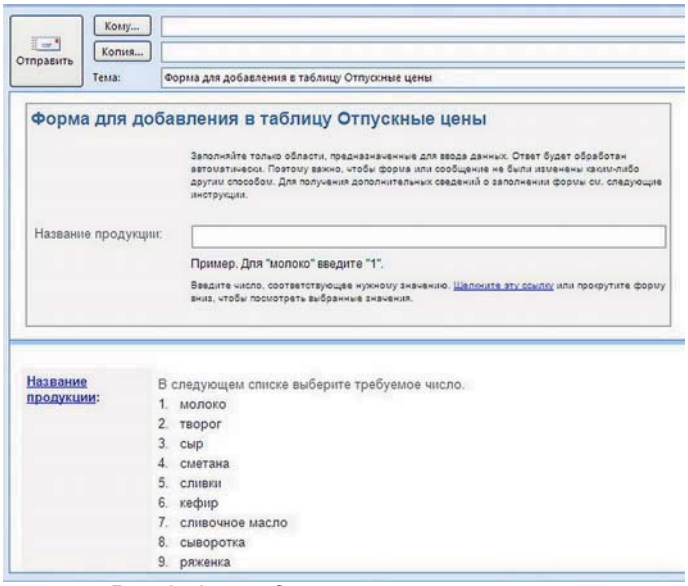


Рис. 2. Форма для заполнения получателем

– внедрение системы позволит снизить издержки на организацию сбора требуемой информации;

– позволит автоматически вносить информацию в базу данных при получении формы-сообщения электронной почты, а также импорта данных из файлов Excel.

Базу данных «Предприятие» можно использовать на молокоперерабатывающем предприятии КУП «Городской молочный завод № 1», а также можно выделить в отдельный информационный объект раздел базы данных «Справочная информация о молочном подкомплексе Республики Беларусь», который может послужить справочным материалом для студентов.

ЛИТЕРАТУРА:

1 Змитрович, А.И. Базы данных и знаний: учеб. пособие / А. И. Змитрович, В.В. Апанасович, В.В. Сканун. – Минск: Изд. центр БГУ, 2007. – 364 с.: табл., ил.

2 Бекаревич, Ю.Б. Access 2007: самоучитель/ Ю.В. Бекаревич, Н.В. Пушкина. – С-Петербург, 2007. – 720 с.: ил.

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

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

Основные технические данные

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

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

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

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

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

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

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

1) рукопись, подготовленная в электронном виде, должна быть набрана в текстовом редакторе Word версии 6.0 или более поздней. Файл сохраняется в формате «doc»;

2) текст следует сформатировать без переносов и выравнивания правого края текста, для набора использовать один из самых распространенных шрифтов типа Times (например, Times New Roman Cyr, Times ET);

3) знаки препинания (.,!?:;...) не отделяются пробелом от слова, за которым следуют, но после них пробел обязателен. Кавычки и скобки не отделяются пробелом от слова или выражения внутри них. Следует различать дефис«-» и длинное тире «–». Длинное тире набирается в редакторе Word комбинацией клавиш: Ctrl+Shift+«-». От соседних участков текста оно отделяется единичными пробелами. Исключение: длинное тире не отделяется пробелами между цифрами или числами: 1991-1996;

4) при наборе формул необходимо следовать общепринятым правилам:

а) формулы набираются только в редакторе формул Microsoft Equation. Размер шрифта 12. При длине формулы более 8,5 см желательно продолжение перенести на следующую строчку;

б) буквы латинского алфавита, обозначающие:

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

в) элементы, обозначаемые буквами греческого и русского алфавитов, набираются шрифтом прямого начертания;

г) цифры набираются шрифтом прямого начертания;

д) аббревиатуры функций набираются прямо;

е) специальные символы и элементы, обозначаемые буквами греческого алфавита, использованные при наборе формул, вставляются в текст только в редакторе формул Microsoft Equation.

ж) пронумерованные формулы пишутся в отдельной от текста строке, а номер формулы ставится у правого края.

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

3. Рисунки, графики, диаграммы необходимо выполнять с использованием электронных редакторов и вставлять в файл документа Word. Изображение должно быть четким, толщина линий более 0,5 пт, размер рисунка по ширине: 5,6 см, 11,5 см, 17,5 см и 8,5 см.

4. Цифровой материал должен оформляться в виде таблиц. Каждая таблица должна иметь заголовок и номер (если таблиц несколько). 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 9x12 см. В электронном виде фотографии представляются отдельно в файлах формата “tif” с разрешением 300 dpi.

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

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

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

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

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

Дополнительно в структуру статьи могут быть включены:

• индекс УДК;
• перечень принятых обозначений и сокращений.

5. Литература должна быть представлена общим списком в конце статьи. Библиографические записи располагаются в алфавитном порядке на языке оригинала или в порядке цитирования. Ссылки в тексте обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

6. Статьи из научно-исследовательских или высших учебных заведений направляются вместе с сопроводительным письмом, подписанным директором и приложенной экспертной справкой по установленной форме.

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

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

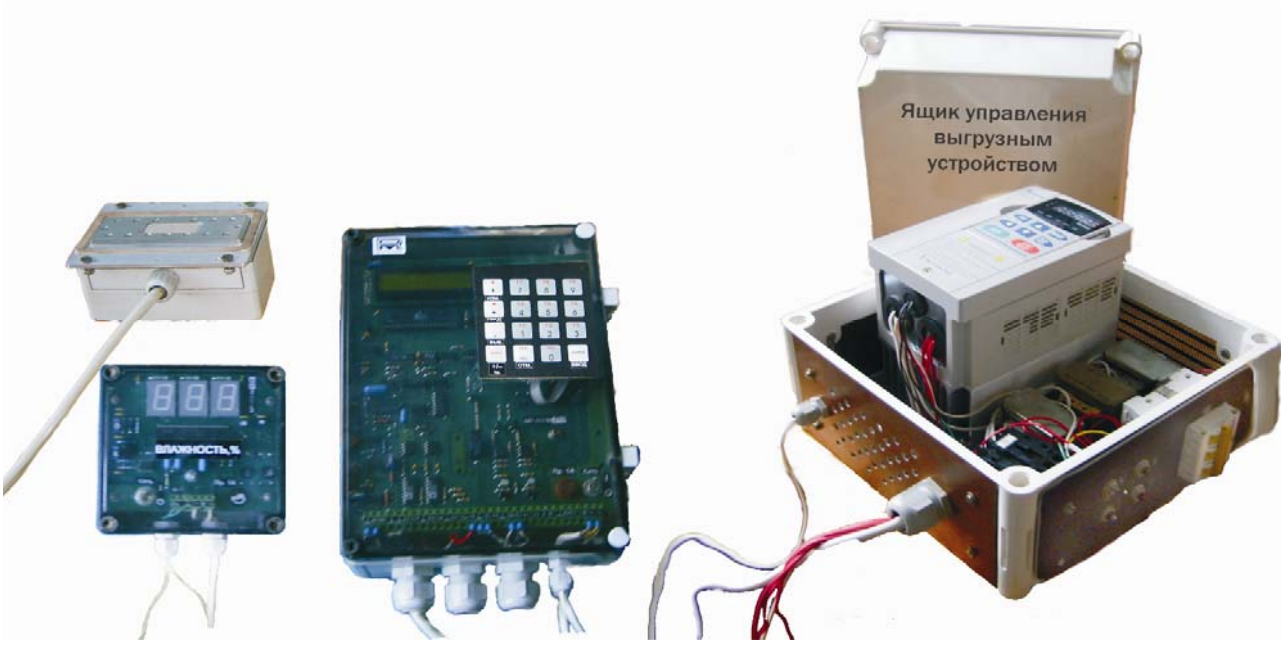
9. Плата за опубликование научных статей не взимается.

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

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

Система управления производительностью зерносушилки по температурно-влажностным параметрам

Предназначена для непрерывного контроля температуры, влажности зерна в процессе сушки и управления режимом выгрузки из колонковой или шахтной зерносушилки.



Основные технические данные

Диапазон контролируемой влажности зерна	от 9 до 30%
Погрешность измерения:	
- влажности (не более)	0,5%
- температуры (не более)	0,5°С
Диапазон регулирования производительности	0…100%
Мощность устройства управления электроприводом	до 3 кВт

Контроллер имеет унифицированный аналоговый выход 4…20 мк и интерфейс RS-485.

Применение системы управления электроприводом позволяет оптимизировать технологический процесс сушки по влажности и температуре зерна, предотвращает перегрев зерна, обеспечивает экономию газа или жидкого топлива.

9 772078 713007 11004