



ISSN 2078-7138

АГРОПАНОРАМА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

№ 1
февраль
2021

*Снижение удельных энергозатрат на обработку почвы
катковыми приставками с кольчато-прутковыми
рабочими органами*

*Совершенствование дождевальных машин применением
дождеобразующих устройств с регулируемыми
гидравлическими характеристиками*

*Влияние формы и размеров корнеплодов на характер
распространения ультразвуковых колебаний
в жидких средах*

*Рекомендации по использованию агрегатов вторичного
рынка в многофункциональных стендах для контроля
качества ремонта агрегатов трансмиссии
и гидропривода*



НАШИ ИЗДАНИЯ



Швед, И.М. Диспергирование навоза в закрытых навозохранилищах миксером с самоочищающимися лопастями / И.М. Швед. – Мн.: БГАТУ, 2020. – 140 с.

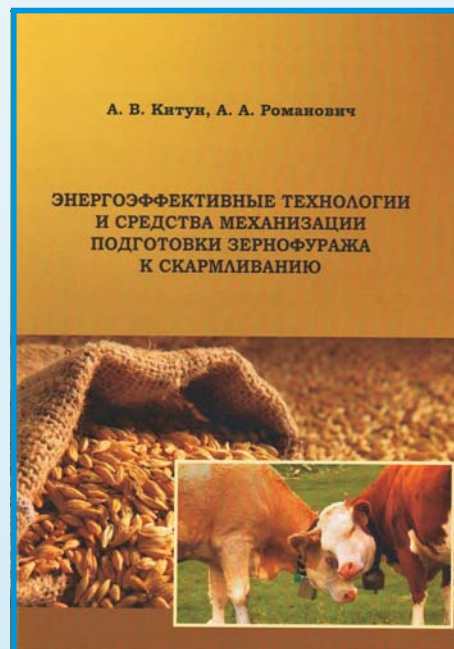
В монографии рассматриваются способы и технические средства для диспергирования жидкого навоза в навозохранилищах. Ключевое внимание уделяется теоретическим и экспериментальным исследованиям по определению оптимальных конструкционно-технологических параметров миксера для навоза. Представлены аналитические зависимости по определению параметров мешалки и технологических параметров миксера.

Адресуется научным работникам, преподавателям, аспирантам, студентам, а также широкому кругу специалистов, чья деятельность связана с проблематикой перемешивания жидкого навоза в навозохранилищах.

Китун, А.В. Энергоэффективные технологии и средства механизации подготовки зернофуража к скармливанию / А.В. Китун, А.А. Романович. – Мн.: БГАТУ, 2020 – 156 с.

Рассмотрены способы подготовки зернофуража к скармливанию и машины для их реализации, приведено теоретическое обоснование параметров многофункционального модульного измельчителя кормов и гидродиспергатора. Изложена методика экспериментальных исследований по определению их оптимальных конструктивных параметров.

Издание предназначено магистрантам, аспирантам, конструкторам и научным работникам.



Андруш, В.Г. Минимизация техногенных опасностей при стендовой обкатке автотракторных двигателей /В.Г. Андруш [и др.]. – Мн.: БГАТУ, 2020. – 260 с.

Монография посвящена исследованию стендовой обкатки ремонтируемых автотракторных двигателей. Проведено математическое планирование многофакторного эксперимента с целью изучения влияния факторов на мощность механических потерь двигателя в процессе обкатки.

Будет полезна научным работникам, преподавателям высших и средних специальных учебных заведений, аспирантам, магистрантам, студентам и инженерно-техническим специалистам агропромышленного комплекса.



АГРОПАНОРАМА 1 (143) февраль 2021

Издается с апреля 1997 г.

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

Учредитель
Белорусский государственный
аграрный технический университет

Главный редактор
Иван Николаевич Шилов

Заместитель главного редактора
Игорь Степанович Крук

Редакционная коллегия:

Г.И. Гануш	М.А. Прищепов
Л.С. Герасимович	А.С. Сайганов
Е.П. Забелло	В.Н. Тимошенко
П.П. Казакевич	Н.К. Толочко
А.Н. Карташевич	В.П. Чеботарёв
И.П. Козловская	Н.С. Яковчик

Е.В. Сенчуров – ответственный секретарь
Н.И. Цындрин – редактор

Компьютерная верстка
В.Г. Леван

Адрес редакции:

Минск, пр-т Независимости, 99/1, к. 220
Тел. (017) 272-47-71 Факс (017) 258-41-16

Прием статей и работа с авторами:

Минск, пр-т Независимости, 99/5, к. 602, 608
Тел. (017) 385-91-02, 355-22-14
Факс (017) 272-25-71
E-mail: AgroP@bsatu.by

БГАТУ, 2021.

Формат издания 60 x 84 1/8.

Подписано в печать с готового оригинала-макета 23.02.2021 г. Зак. № 140 от 23.02.2021 г.

Дата выхода в свет 28.02.2021 г.

Печать офсетная. Тираж 100 экз.

Статьи рецензируются.

Отпечатано в ИПЦ БГАТУ по адресу: г. Минск, пр-т Независимости, 99/2

ЛП № 02330/316 от 30.01.2015 г.

Выходит один раз в два месяца.

Подписной индекс в каталоге «Белпочта» - 74884.

Стоимость подписки на журнал на 1-е п/г 2021 г.:

для индивидуальных подписчиков - 31,95 руб.;

ведомственная - 33,51 руб.;

Цена журнала в киоске БГАТУ - 9,35 руб.

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

СОДЕРЖАНИЕ

Игорь Stanisлавович Нагорский – выдающийся деятель белорусской агроинженерной науки

(к 90-летию со дня рождения).....2

Сельскохозяйственное машиностроение. Металлообработка

И.С. Крук, Ф.И. Назаров, Ю.В. Чигарев

Снижение удельных энергозатрат на обработку почвы катковыми приставками с кольчато-прутковыми рабочими органами.....6

Т.А. Варфоломеева

Определение вертикальной нагрузки на ведущие колеса трактора.....9

А.М. Кравцов, Д.С. Шахрай

Совершенствование дождевальных машин применением дождеобразующих устройств с регулируемыми гидравлическими характеристиками.....14

Технологии производства продукции растениеводства и животноводства. Зоотехния

Н.Н. Вечер, Т.М. Дайнеко

Особенности возделывания амаранта метельчатого (*Amaranthus paniculatus* L.) на зеленую массу.....19

Е.В. Таразевич

Изучение репродуктивных показателей самок радужной форели и оценка пищевой ценности икры и мяса.....22

Технологии переработки продукции АПК

В.С. Корко

Влияние формы и размеров корнеплодов на характер распространения ультразвуковых колебаний в жидких средах.....26

Энергетика. Транспорт

В.А. Коротинский, В.Ф. Клинова

Исследование эффективности инновационной системы энергообеспечения агрогородков с использованием биогазовых комплексов.....31

С.С. Нефедов, В.И. Елифанов, К.В. Гаркуша

Методика расчета концентраторной системы с многоугловыми жалюзийными гелиостатами.....35

Технический сервис в АПК. Экономика

Н.А. Петришев, И.М. Макаркин, В.С. Герасимов,

А.О. Капусткин, А.С. Саяпин, Д.А. Жданко

Рекомендации по использованию агрегатов вторичного рынка в multifunctionальных стендах для контроля качества ремонта агрегатов трансмиссии и гидропривода.....40

И.П. Козловская

Проблемы и направления развития рынка тепличных овощей в Республике Беларусь.....45

ИГОРЬ СТАНИСЛАВОВИЧ НАГОРСКИЙ – ВЫДАЮЩИЙСЯ ДЕЯТЕЛЬ БЕЛОРУССКОЙ АГРОИНЖЕНЕРНОЙ НАУКИ

(К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)



17 февраля исполнилось 90 лет со дня рождения академика Национальной академии наук Беларуси и Российской академии сельскохозяйственных наук, доктора технических наук, профессора Игоря Станиславовича Нагорского.

И.С. Нагорский родился 17 февраля 1931 г. в г. Бобруйске. После окончания в 1948 г. с золотой медалью средней школы, поступил на факультет механизации Белорусской сельскохозяйственной академии. Получив диплом с отличием, в 1953 г. поступил в аспирантуру Института торфа АН БССР по специальности «Сельскохозяйственное торфоиспользование». Диссертационную работу выполнял под руководством члена-корреспондента АН БССР, профессора Ф.А. Опейко, общение с которым способствовало раскрытию незаурядных математических способностей и становлению его как серьезного теоретика и методиста-исследователя.

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

ным сотрудником. Проводимые им исследования по взаимодействию рабочих органов активного и пассивного действия с торфом позволили обосновать движения частиц торфа в криволинейном потоке, что легло в основу создания средств механизации для заготовки торфа на удобрение, добычи мелкокускового торфа, устройств для уплотнения торфяной крошки.

В 1961 году по приглашению академика М.Е. Мацепуро Игорь Станиславович перешел на работу в Центральный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства (ЦНИИМЭСХ) Нечерноземной зоны СССР на должность старшего научного сотрудника лаборатории технологических проблем животноводства. Используя накопленные при подготовке кандидатской диссертации знания, он провел интересную и актуальную работу по изучению физико-механических и технологических свойств кормовых материалов, процессов дозирования кормов лопастным и транспортерным питателями. Результаты этих исследований были использованы при разработке перспективных технологий и технических средств для механизации кормоприготовления, применение которых позволило рационально использовать зернофураж и местные кормовые ресурсы (травяную и мясокостную муку, сухой жом, рапсовые шроты и другие), а также существенно сократить транспортные расходы.

И.С. Нагорский одним из первых в Беларуси начал систематически применять при проведении исследований самую передовую технику того времени – аналоговые вычислительные машины. Новое перспективное направление развития агроинженерной науки позволило молодому ученому в полной мере проявить свои познания в области моделирования процессов взаимодействия рабочих органов с сельскохозяйственными материалами, и в 1964 г. Игорь Станиславович в возрасте 33 лет назначен на должность заведующего лабораторией автоматизации и моделирования сельскохозяйственных агрегатов.

В этот период, под руководством и при непосредственном участии Игоря Станиславовича, многими белорусскими исследователями впервые освоены методы решения инженерных задач на основе анализа динамических систем. Разработаны вопросы статистической динамики систем автоматического управления сельскохозяйственными агрегатами, созданы средства автоматизации технологических процессов зерноуборочных комбайнов, оптимизации режимов загрузки двигателей энергонасыщенных тракторов, автоматического вождения корнеклубнеуборочных машин. Им выполнены экспериментально-теоретические исследования и разработаны положения по проектированию систем управления мобильными сельскохозяйственными машинами, работающими в условиях нестационарных случайных воздействий, разработаны научные основы исследования динамики таких систем методами математического моделирования, а также сформирована ведущая белорусская научная школа по проблемам автоматизации механизированных процессов в сельском хозяйстве.

Научные результаты этих работ приведены в цикле трудов научно-методического характера. Первым из них является опубликованная в 1966 году вместе с В.К. Чумаком статья «Обработка осциллограмм на аналоговой

вычислительной машине». Затем вышли публикации: «К разработке статистической динамики сельскохозяйственных машин», «Применение аналоговых вычислительных машин для определения характеристик случайных процессов» и многие другие, заложившие основу нового направления агроинженерной науки и формирования научной школы. В 1976 году вышла монография И.С. Нагорского «Оптимизация сложных систем механизированного сельскохозяйственного производства», актуальность которой особо проявилась при переходе к массовому применению ПЭВМ в научных исследованиях. Научное обобщение выполненных работ позволило И.С. Нагорскому в 1978 г. успешно защитить диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук.

В 1979 году вышла монография И.С. Нагорского «Моделирование сельскохозяйственных агрегатов и их систем управления», соавтором и редактором которой являлся известный руководитель Ленинградской агроинженерной научной школы профессор А.Б. Лурье. В этой книге приведены материалы исследований, по праву относящиеся к классической теории моделирования процессов и систем механизированного сельскохозяйственного производства. В 1980 г. И.С. Нагорскому присвоено ученое звание профессора по специальности «Автоматическое управление и регулирование, управление технологическими процессами (по отраслям сельскохозяйственного производства)».

С 1980 года начинается новый этап научной деятельности Игоря Станиславовича. Он был назначен заместителем директора ЦНИИМЭСХ по научной работе. В этот период в научных трудах И.С. Нагорского разработана концепция технического обеспечения отраслей сельскохозяйственного производства республики. В ней обоснованы оценочные показатели и пути формирования рациональной системы машин с учетом затрат на ее создание и эксплуатацию, экологической состоятельности, сокращения номенклатуры технических средств, комплексной механизации технологических процессов, экономии трудовых и материально-энергетических ресурсов. Реализуя эту концепцию, коллектив НПО «Белсельхозмеханизация» разработал для интенсивных технологий производства новые комплексы сельскохозяйственных машин, которые выпускаются промышленными предприятиями страны. Было налажено сетевое планирование выполнения важнейших разработок, обеспечивающее параллельное проведение научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ, изготовление и испытание макетных и опытных образцов, что позволило по многим разработкам уменьшить сроки их проведения в 2-3 раза.

В 1983 г. И.С. Нагорский назначен на должность директора института. Предвидя важность и перспективность формирования крупных научных структур, объединяющих под единым творческим началом научно-исследовательские, конструкторские и производственные организации, он приложил значительные усилия для создания на базе ЦНИИМЭСХ Научно-производственного объединения «Белсельхозмеханизация», первым генеральным директором которого был до 1998 г. В 1999-2005 годах – советник при дирекции, затем главный научный сотрудник РУНИП «Институт механизации сельского хозяйства НАН Беларуси».

В 1988 г. Игорь Станиславович был избран членом-корреспондентом ВАСХНИЛ по специальности «Механизация и электрификация процессов сельскохозяйственного производства», а в 1991 г. – действительным



*И.С. Нагорский представляет разработки ЦНИИМЭСХ
первому премьер-министру независимой Беларуси В.Ф. Кебичу*

членом (академиком) ВАСХНИЛ.

В труднейшие 90-е годы талант и мудрость И.С. Нагорского как руководителя, авторитет ученого, умение разбираться в людях и опираться на коллектив позволили не только сохранить костяк института, но и сплотить его для решения важнейших задач по становлению сельскохозяйственного машиностроения независимой Беларуси. Принципиальность и глубокие знания позволяли Игорю Станиславовичу быть настоящим лидером научного коллектива, в котором было много ярких творческих индивидуальностей, а также вызвали уважение руководства отрасли и авторитет в среде научной общественности республики.

В 1992 году вместе с группой ведущих ученых-аграриев, работавших в научных организациях ставшей независимой страны Беларуси, И.С. Нагорский принял активное участие в создании Академии аграрных наук Республики Беларусь и был утвержден академиком в ее первом составе, а также возглавил Отделение механизации и переработки сельскохозяйственной продукции.

Несомненны заслуги Игоря Станиславовича в становлении новой Академии аграрных наук и обеспечении научного сопровождения отечественного сельского хозяйства в технической области.

Вместе с тем И.С. Нагорский активно развивал сотрудничество ученых Беларуси с представителями аграрной науки других стран. Он начал практиковать выезды научных сотрудников в Польшу, Германию, Францию, Голландию, Индию и другие страны на выставки, конференции и иные научные мероприятия, что способствовало повышению уровня разработок новой белорусской техники.

После включения Академии аграрных наук Республики Беларусь в состав НАН Беларуси, 18 апреля 2003 года И.С. Нагорский был избран действительным членом (академиком) Национальной академии наук Беларуси.

Все эти годы И.С. Нагорский продолжал активную научно-организационную деятельность. Он являлся научным руководителем раздела «Механизация и энергетика» государственной научно-технической программы «Агропромкомплекс», а позднее был научным координатором раздела «Сельхозмеханика» государственной программы ориентированных фундаментальных исследований «Земледелие и растениеводство» и научным руководителем заданий этого раздела. В родном институте И.С. Нагорский до самого последнего дня входил в состав дирекции и являлся заместителем председателя Ученого Совета.

Академик И.С. Нагорский постоянно и плодотворно занимался подготовкой научных кадров высшей квалификации. Он являлся председателем совета по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора технических наук по специальностям 05.20.01 – «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» и 05.18.01 – «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства» в Институте механизации сельского хозяйства НАН Беларуси.



*Специализированный совет по защите докторских диссертаций
ЦНИИМЭСХ Нечерноземной зоны СССР (1995 год)*

Им был создан и продолжительное время оставался единственным в СССР специализированный совет по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в сельском хозяйстве)», в состав которого входили известные ученые-автоматчики из всей огромной страны. Авторитет И.С. Нагорского в этой области науки был и остается непререкаемым.

Игорь Станиславович активно сотрудничал с организациями высшего образования по аттестации научных кадров. Он был заместителем председателя совета по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в сельском хозяйстве)» в Белорусском государственном аграрном техническом университете (БГАТУ) и членом совета по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.20.01 – «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.

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

На протяжении всей своей жизни И.С. Нагорский поддерживал самую тесную связь со своей «альма матер» – Белорусской государственной сельскохозяйственной академией: преподавал, работал с аспирантами и докторантами, руководил дипломными проектами, участвовал в работе научных мероприятий. Многие преподаватели защитили диссертации в Советах, работавших под его руководством, или при его оппонировании.

Требовательность И.С. Нагорского к диссертантам на защитах способствовала высокому уровню диссертаций и была настоящей школой подготовки действительно высококвалифицированных научных кадров.

Продолжая традиции академика М.Е. Мацепуро, по инициативе И.С. Нагорского в БГАТУ была создана совместная с ЦНИИМЭСХ кафедра «Основы научных исследований и проектирования», на которой он постоянно вел преподавательскую работу, разработал и читал курс лекций по математическому моделированию технологических процессов и объектов сельскохозяйственного производства магистрантам, аспирантам и соискателям.

Игорь Станиславович создал свою научную школу, которая занималась решением вопросов автоматизации средств механизации сельского хозяйства и математического моделирования сельскохозяйственных машин и агрегатов с целью обоснования на стадии их проектирования рациональных параметров конструкции и режимов работы, обеспечивающих качественное выполнение технологических операций. Под его руководством выполнили и защитили диссертации 7 докторов и 22 кандидата технических наук.

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

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

Творческой результативности, высоким достижениям возглавляемых коллективов, авторитету и уважению в научном сообществе способствовали незаурядные личные качества И.С. Нагорского. Еще учась в БГСХА, он показывал отличные результаты в учебе и при этом серьезно занимался спортом, был неоднократным чемпионом студенческой спартакиады республики по спортивной гимнастике.

Игоря Станиславовича всегда отличали прогрессивные взгляды на решение важных производственных и научных проблем, энергичность, демократичность, большие организаторские способности, доброжелательность и отзывчивость.

Академик И.С. Нагорский остается признанным авторитетом для ученых-аграриев Республики Беларусь, внесшим неоценимый вклад в развитие агроинженерных исследований в нашей стране, одним из тех, кто опережал свое время.

И.Н. Шило,
*ректор БГАТУ,
докт. техн. наук, профессор*

Д.И. Комлач,
*генеральный директор
РУП «НПЦ НАН Беларуси по
механизации сельского хозяйства»,
канд. техн. наук*

В.Н. Дашков,
докт. техн. наук, профессор

УДК 631.312

СНИЖЕНИЕ УДЕЛЬНЫХ ЭНЕРГОЗАТРАТ НА ОБРАБОТКУ ПОЧВЫ КАТКОВЫМИ ПРИСТАВКАМИ С КОЛЬЧАТО- ПРУТКОВЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

И.С. Крук,

проректор по научной работе – директор НИИМЭСХ БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Ф.И. Назаров,

доцент каф. технологий и механизации животноводства БГАТУ, канд. техн. наук

Ю.В. Чигарев,

профессор каф. теоретической механики и теории механизмов и машин БГАТУ, докт. ф.-м. наук, профессор

В статье рассмотрены вопросы обработки почвы катковыми приставками с кольчато-прутковыми рабочими органами. Приведена методика инженерного расчета удельных энергетических затрат катковых приставок с кольчато-прутковыми рабочими органами в зависимости от их параметров (диаметр, длина и шаг прутков, диаметр диска, масса катка) и условий работы.

Ключевые слова: катковая приставка, кольчато-прутковый рабочий орган, энергозатраты.

The article deals with the issues of soil cultivation with roller attachments with ring-rod working units. The technique of engineering calculation of specific energy consumption of roller attachments with ring-rod working units, depending on their parameters (diameter, length and pitch of bars, disc diameter, roller weight) and operating conditions is presented.

Keywords: roller attachment, ring-rod working unit, energy consumption.

Введение

Обработка почвы является наиболее энергоемким и трудоемким процессом в технологии возделывания и уборки сельскохозяйственных культур. С целью повышения качества основной обработки почвы и снижения энергетических затрат на последующие технологические операции в конструкциях плугов применяются различные дополнительные устройства для разделки и поверхностной обработки почвенных пластов. Они обеспечивают крошение, уплотнение, рыхление и выравнивание поверхностного слоя на почвах легкого и среднего механического состава, на тяжелых – обеспечивают качественное крошение. В качестве дополнительных устройств применяют различные типы катков [1].

Исследованию процесса взаимодействия различных типов катков с почвой посвящены труды В.А. Желиговского, С.С. Саакяна, М.Н. Летошнев, В.В. Кацыгина, В.А. Новичихина, С.Ф. Тряпичкина, В.И. Скорика, В.П. Мармалюкова, З.И. Избасаровой, В.В. Голубева, Ю.А. Виноградова и др [1, 2]. Анализ исследований показал, что в качестве дополнительных устройств для поверхностной обработки почвенного пласта в пахотных агрегатах, рекомендуется применять катки с кольчатыми и прутковыми элементами [1].

Целью работы является определение влияния конструктивных и технологических параметров катковых приставок с кольчато-прутковыми рабочими органами на удельные энергетические затраты.

Основная часть

Кольчато-прутковый почвообрабатывающий рабочий орган (рис. 1) является комбинацией кольчато-шпорового и кольчато-зубчатого катков и представляет собой набор колец, снабженных прутками цилиндрической формы. Прутки устанавливаются на удалении от кромки диска, что улучшает крошение крупных глыб. На ось диска устанавливаются с зазором, что позволяет катку самоочищаться [3, 4]. Прутки, углубляясь, крошат и уплотняют нижний подпо-

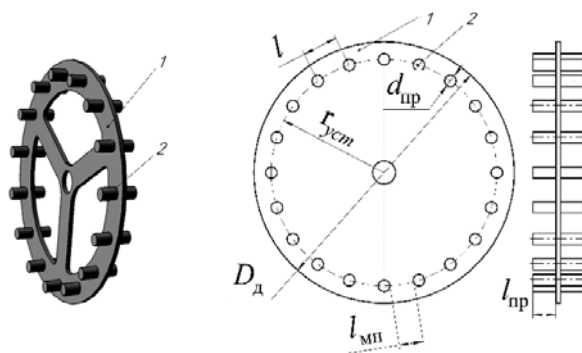


Рисунок 1. Основные параметры кольчато-пруткового рабочего органа:

1 – диск; 2 – уплотняющие элементы; $d_{пр}$ – диаметр прутка; D_d – диаметр диска; $r_{уст}$ – радиус окружности, на которой установлены прутки; $l_{пр}$ – длина прутка; l – расстояние между центрами прутков на диске; $l_{мп}$ – межпрутковое расстояние

верхностный слой почвы, а выходя из нее, разрыхляют верхний поверхностный слой.

С целью оценки энергетических затрат на обработку почвы катковой приставкой с кольчато-прутковыми рабочими органами определим удельные энергетические затраты E по следующей зависимости [5]:

$$E = \frac{A}{S_{\text{уч}}}, \quad (1)$$

где A – энергетические затраты, Дж;
 $S_{\text{уч}}$ – площадь обработанного участка, м².

$$A = P_c \cdot L, \quad (2)$$

где P_c – сопротивление секции рабочих органов катковой приставки, Н;

L – длина гона, м.

$$S_{\text{уч}} = b_{\text{пр}} \cdot L, \quad (3)$$

где $b_{\text{пр}}$ – ширина захвата приставки, м.

Тяговое сопротивление катковой приставки можно определить по формуле [6]:

$$P_c = f_{\text{п}} G_{\text{пр}}, \quad (4)$$

где $f_{\text{п}}$ – коэффициент сопротивления перекатыванию;

$G_{\text{пр}}$ – вес секции катковой приставки, Н.

Академиком Горячкиным В.П. предложена формула для определения коэффициента сопротивления перекатывания [6]:

$$f_{\text{п}} = \frac{3}{4} \sqrt{\frac{h_{\text{пр}}}{2r_{\text{уст}}}}, \quad (5)$$

где $h_{\text{пр}}$ – глубина погружения катка в почву (рис. 1), м;

$r_{\text{уст}}$ – радиус окружности, на котором установлены прутки, м.

Максимальная плотность почвы в зоне уплотнения прутка достигается при его заглублении на глубину, равную радиусу. Дальнейшее его заглубление ведет лишь к увеличению глубины распространения уплотнения, поэтому глубину погружения приставки находим по формуле

$$h_{\text{пр}} = \frac{D_{\text{д}} - r_{\text{уст}}}{2}, \quad (6)$$

где $D_{\text{д}}$ – диаметр диска (рис. 1), м.

Из опыта применения различных катков в нашей стране и за рубежом известно, что катки общего и специального назначения изготавливаются диаметром в пределах от 200 до 700 мм. Для кольчато-шпоровых катков рекомендуемый диаметр – 300...545 мм [1; 7; 8; 9; 10; 14].

Радиус окружности, на которой следует устанавливать прутки относительно центра диска:

$$r_{\text{уст}} = \frac{l^2}{d_{\text{пр}}}, \quad (7)$$

где l – расстояние между центрами прутков на диске (рис. 1), м;

$$l = \frac{2h_1 - d_{\text{пр}} \cdot \cos \varphi_2 + d_{\text{пр}} \cdot \sin \varphi_2 \cdot \operatorname{ctg} \varphi_1}{\operatorname{ctg} \varphi_1}, \quad (8)$$

где h_1 – глубина уплотнения, м;

φ_1 – угол внутреннего трения почвы, град;

φ_2 – угол трения почвы о металл, град.

Вес секции катковой приставки можно определить по формуле

$$G_{\text{пр}} = m_{\text{кпр}} \cdot g, \quad (9)$$

где $m_{\text{кпр}}$ – масса катковой приставки, кг;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Массу секции катковой приставки можно определить по формуле

$$m_{\text{кпр}} = \frac{\pi \rho_{\text{ст}} (b_{\text{пр}} + l_{\text{мп}})}{4l_{\text{пр}} + 2l_{\text{д}} + 2l_{\text{мп}}} \left(\frac{\pi D_{\text{д}} d_{\text{пр}}^2 l_{\text{пр}}}{b_{\text{пр}} + l_{\text{мп}}} + \frac{D_{\text{д}}^2 l_{\text{д}}}{2} \right), \quad (10)$$

где $\rho_{\text{ст}}$ – плотность материала прутка, г/см³;

$l_{\text{мп}}$ – межпрутковое расстояние, м;

$D_{\text{д}}$ – диаметр диска, м;

$d_{\text{пр}}$ – диаметр прутка, м;

$l_{\text{пр}}$ – длина прутка, м;

$l_{\text{д}}$ – ширина диска, м.

Межпрутковое расстояние (рис. 1) найдем по формуле

$$l_{\text{мп}} = l - d_{\text{пр}}. \quad (11)$$

Этот параметр должен быть не более 0,05 м, что соответствует допустимому агропотребованию размеру почвенных комков после прохода приставки [1].

Допустимый диаметр прутка при условии, что вес приставки минимален, определяется по формуле

$$\begin{aligned} [d_{\text{пр}}] = & \left(2k_{\text{см}} h_{\text{пр}} g \rho_{\text{ст}} l_{\text{пр}}^2 + \frac{l_{\text{пр}}^2 \cdot g n_{\text{пр}} k_{\text{см}} h_{\text{пр}} [\sigma_{\text{ст}}^2]}{3v_{\text{пр}}^2 E_{\text{п}}} \right) + \\ & + \left(\left(2k_{\text{см}} h_{\text{пр}} g \rho_{\text{ст}} l_{\text{пр}}^2 + \frac{l_{\text{пр}}^2 \cdot g n_{\text{пр}} k_{\text{см}} h_{\text{пр}} [\sigma_{\text{ст}}^2]}{3v_{\text{пр}}^2 E_{\text{п}}} \right)^2 - \right. \\ & \left. - 4 \left(g^2 \rho_{\text{ст}}^2 l_{\text{пр}}^2 + n_{\text{пр}}^2 k_{\text{см}}^2 h_{\text{пр}}^2 \right) k_{\text{см}}^2 h_{\text{пр}}^2 l_{\text{пр}}^2 \right)^{\frac{1}{2}} \times \\ & \times \left(g^2 \rho_{\text{ст}}^2 l_{\text{пр}}^2 + n_{\text{пр}}^2 k_{\text{см}}^2 h_{\text{пр}}^2 \right)^{-1}, \end{aligned} \quad (12)$$

где $k_{\text{см}}$ – коэффициент объемного смятия почвы, Н/см³;

$n_{\text{пр}}$ – количество прутков, шт;

$v_{\text{пр}}$ – скорость прутка в момент удара, м/с;

$[\sigma_{\text{ст}}]$ – допустимое напряжение, Па;

$E_{\text{п}}$ – модуль упругости прутка (модуль Юнга), Па.

Диск с прутками совершает плоскопараллельное движение, значит в момент удара скорость прутка

$$v_{\text{пр}} = \sqrt{v_{\text{кпр}}^2 + v_{\text{к}}^2 - 2v_{\text{к}} \cdot v_{\text{кпр}} \cdot \sin \alpha_{\text{пр}}}, \quad (13)$$

где $v_{\text{кпр}}$ – скорость катковой приставки, м/с;

$v_{\text{к}}$ – окружная скорость прутка в точке удара, м/с;

$$v_{\text{к}} = \omega_{\text{п}} \cdot r_{\text{уст}}, \quad (14)$$

где $\omega_{\text{п}}$ – угловая скорость прутка, с^{-1} .

На рисунке 2 приведен график зависимости допустимого диаметра прутка от его длины при условии, что $k_{\text{см}} = 2 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^3$, $\rho_{\text{ст}} = 7826 \text{ кг/м}^3$; $E_{\text{п}} = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ [11-13].

Из приведенного графика видно, что с увеличением длины прутка его допустимый диаметр также увеличивается. На диске обычно устанавливается от 48 до 60 прутков, количество которых определяется его конструктивными параметрами и находится по формуле

$$n_{\text{пр}} = \frac{\pi D_{\text{д}}}{l} = \frac{\pi D_{\text{д}}}{d_{\text{пр}} + l_{\text{мп}}}. \quad (15)$$

Применение прутков с большей длиной приводит к увеличению массы катка, следовательно, и массы катковой приставки (рис. 3), даже с учетом того, что увеличение длины прутка увеличивает расстояние между катками и сокращает их количество в секции катковой приставки.

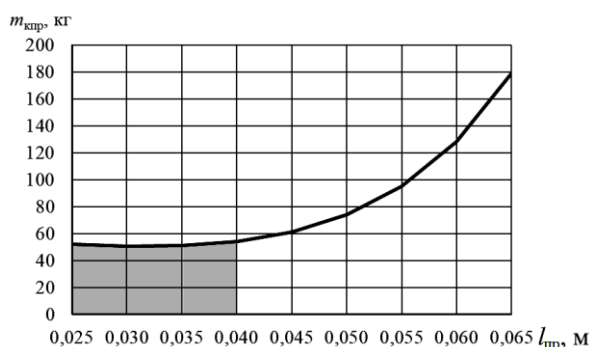


Рисунок 3. Графики зависимости массы катковой приставки $m_{\text{кпр}}$ от длины прутка $l_{\text{пр}}$ при соответствующем допустимом его диаметре $[d_{\text{пр}}]$

С учетом формул (2) – (5) формула (1) примет вид

$$E = \frac{3m_{\text{кпр}} \cdot g}{4 \cdot b_{\text{пр}}} \sqrt{\frac{h_{\text{пр}}}{2r_{\text{уст}}}}. \quad (16)$$

При условии, что длина прутка и его диаметр не влияют на коэффициент перекачивания, по формуле (16) с учетом формул (6) – (15) определим удельные затраты энергии на обработку почвы катковыми приставками с кольчато-прутковыми рабочими органами (рис. 4).

Из рисунка 4 видно, что наименьшие удельные энергетические затраты на обработку почвы катковой приставкой с кольчато-прутковыми рабочими органами достигаются при длине прутка $l_{\text{пр}}$ в пределах от 0,025 до 0,040 м и их диаметре 0,02 м.

Заключение

Получены зависимости, позволяющие определить удельные энергетические затраты на обработку почвы в зависимости от параметров приставок с кольчато-прутковыми рабочими органами (диаметр, длина и шаг прутков, диаметр диска, масса катка) и условий работы.

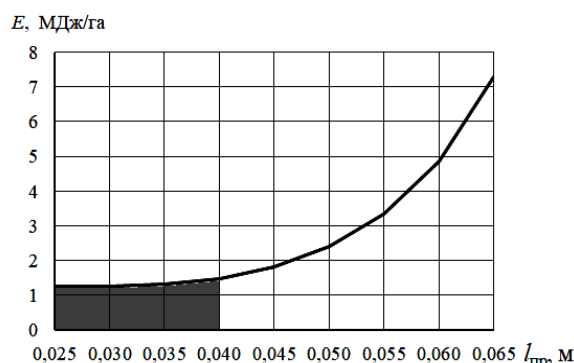


Рисунок 4. График зависимости удельных энергетических затрат на обработку почвы катковыми приставками с кольчато-прутковыми рабочими органами от длины прутка $l_{\text{пр}}$ при соответствующем допустимом его диаметре $[d_{\text{пр}}]$

Установлено, что наименьшие удельные энергетические затраты на обработку почвы катковой приставкой с кольчато-прутковыми рабочими органами достигаются при длине прутка $l_{\text{пр}}$ в пределах от 0,025 до 0,040 м и диаметре 0,02 м.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Проектирование катковых приставок для пахотных агрегатов. Рекомендации / И.С. Крук [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2017. – 104 с.
2. Назаров, Ф.И. Обоснование конструктивных и технологических параметров кольчато-прутковых катков / Ф.И. Назаров, И.С. Крук // Агропанорама. – 2019. – № 4. – С. 7-13.
3. Секция дискового почвообрабатывающего орудия: пат. 22430 Респ. Беларусь, МПК А 01В 21/08 / И.С. Крук, В.А. Агейчик, Ф.И. Назаров, Д.С. Мазур; заяв. Белор. гос. аграрн. технич. ун-т. – № а 20170226; заявл. 15.06.2017; опубл. 28.02.2019 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2019. – № 1. – С. 215.
4. Секция почвообрабатывающей дисковой бороны: пат. 22376 Респ. Беларусь, МПК А 01В 21/08 / И.С. Крук, В.А. Агейчик, Ф.И. Назаров, Д.С. Мазур; заяв. Белор. гос. аграрн. технич. ун-т. – № а 20170225; заявл. 15.06.2017; опубл. 28.02.2019 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2019. – № 1. – С. 215.
5. Ерзамаев, М.П. Повышение эффективности вспашки разработкой и применением способа ярусной обработки почвы и комбинированного плуга: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / М.П. Ерзамаев; Самарская ГСХА. – Пенза, 2012. – 19 с.
6. Горячкин, В.П. Собрание сочинений: в 3 т. / В.П. Горячкин; ред. Н.Д. Лучинский. – М.: Колос, 1965. – Т. 1. – 720 с.
7. Аминов, С. Обоснование параметров уплотнительного катка к предпосевному орудью для хлопководства: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / С. Аминов. – Янгиль, 1988. – 160 с.

8. Кленин, Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Н.И. Кленин, В.А. Сакун. – М.: Колос, 1994. – 751 с.
9. Кнаус, А.А. Совершенствование катка-выравнивателя для подготовки почвы к посеву: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / А.А. Кнаус. – Новосибирск, 1987. – 163 с.
10. Рожков, П.Н. Исследование процесса взаимодействия гладких катков с почвой и обоснование их формы: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01 / П.Н. Рожков; МИМСХ. – Харьков, 1975. – 27 с.
11. Прочностной расчет параметров уплотняющих элементов почвообрабатывающих кольчато-прутковых катков / И.С. Крук [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства: сб. статей /

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»; редкол.: П.П. Казакевич (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2018. – С. 55-62.

12. Кушнарев, А.С. Механико-технологические основы обработки почвы / А.С. Кушнарев, В.И. Кочев. – Киев: Урожай, 1989. – 139 с.

13. Панов, И.М. Физические основы механики почв / И.М. Панов, В.И. Ветехин. – К.: Феникс, 2008. – 266 с.

14. Прайс-лист на технику. Обработка почвы. Посев. Защита растений. – Введ. в действие 01.01.2015. – Alpen: LEMKEN GmbH&Co. KG, 2015. – 436 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 02.02.2021

УДК 629.366.032

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ НА ВЕДУЩИЕ КОЛЕСА ТРАКТОРА

Т.А. Варфоломеева,

ст. преподаватель каф. тракторов и автомобилей БГАТУ

В статье предложена методика анализа вертикальной нагрузки между мостами в зависимости от конструктивных параметров и эксплуатационных факторов трактора.

Ключевые слова: трактор, кинематика, вертикальная нагрузка, планетарный редуктор, силы.

A method for calculating the vertical load between axles depending on the design parameters and operational factors of a tractor is presented in the article.

Keywords: tractor, kinematics, vertical load, planetary gear, forces.

Введение

Анализ эксплуатации современных колесных тракторов в составе машинно-тракторного агрегата в хозяйствах Беларуси позволяет сделать вывод о том, что тенденция наращивания доли использования колесных полноприводных тракторов с высоким отношением мощности двигателя к массе трактора продолжает сохраняться [1].

Для сельскохозяйственного машиностроения весьма актуально при выполнении полевых работ решение проблемы повышения тягово-сцепных свойств тракторов, предотвращения переуплотнения почв в результате воздействия мобильных средств. Необходимо разрабатывать и применять способы и меры по снижению уплотняющего возделывания трактора на почву [2]. Этому должны способствовать расчетные методы исследуемых процессов на основе теоретических зависимостей и алгоритмов взаимодействия ходовых систем, снабженных пневматическими шинами с деформируемыми основаниями.

Величина вертикальной нагрузки на колеса трактора в наибольшей степени влияет на эксплуатационные качества машинно-тракторного агрегата при движении. Применение планетарных редукторов в конечных передачах заднего моста колесного тракто-

ра вызывает при выполнении технологических операций перераспределение вертикальной нагрузки между задним и передним мостами трактора.

Точность расчетных формул зависит от выбора определяющих уравнений, моделирующих закономерности движения звеньев и узлов трактора.

Условия качения колеса определяются, с одной стороны, его движением по поверхности, а с другой – взаимодействием с корпусом трактора и силовой передачей. При этом передается момент, приложенный к ступице ведущего колеса, и момент, действующий на остов трактора, который при расчете взаимодействия ведущего колеса с опорной поверхностью не учитывается.

Цель настоящей работы – разработать методику анализа вертикальной нагрузки на колеса трактора между передним и задним мостами в зависимости от конструктивных параметров и эксплуатационных факторов трактора «БЕЛАРУС» тяговых классов 3 и 5.

Основная часть

При движении трактора происходит перераспределение реакций грунта на передние и задние колеса. Степень перераспределения определяет управляемость трактора. Уменьшение нагрузки на передние колеса отрицательно сказывается на продольной

устойчивости трактора, снижая нагрузку, приходящуюся на задние ведущие колеса, и ухудшает сцепные качества трактора. Перераспределение нагрузки на колеса зависит также от типа агрегируемой машины. Если машина имеет опорные колеса, то часть вертикальной составляющей тягового сопротивления воспринимается ими. Для улучшения тяговых качеств трактора и уменьшения буксования ведущих колес применяют корректоры вертикальных нагрузок.

Конструктивные параметры трактора также оказывают влияние на перераспределение нормальных нагрузок между передними и задними колесами. Одним из самых нагруженных узлов трактора является конечная передача, которая после колесного двигателя первой в силовой цепи воспринимает динамические нагрузки от перекачивания колесного двигателя и крюкового усилия. Конечная передача служит для увеличения общего передаточного числа трансмиссии, а в некоторых случаях для обеспечения необходимого дорожного просвета трактора. Она состоит из остова, двигателя и подвески.

Динамическая нагруженность деталей и узлов колесных тракторов связана с перемещением трактора при переменном режиме, которая проявляется в виде крутильных и изгибных колебаний в трансмиссии, колебаний подрессорных и непрорессоренных масс трактора, а также при воздействии реактивных силовых факторов упруго-закрепленных агрегатов.

При неустановившемся движении на горизонтальной поверхности, действующие нагрузки в общем случае определяются вертикальными нагрузками на оси трактора, сопротивлением агрегируемых машин, силой инерции и сопротивлением воздуха, крутящимися моментами, подводимыми к ведущим колесам, и моментами инерции всего агрегата. Реактивные силы при этом определяются как касательные силы тяги и силы сопротивления движению и вертикальные реакции [3].

Для упрощения анализа динамики колесного трактора рассмотрим расчетную схему в статике.

На рис. 1 приведен общий случай ускоренного движения машины с прицепом на подъем под углом α к горизонтали. Машина имеет задние ведущие и передние ведомые колеса диаметром соответственно $2r_k$ и $2r_n$ [4].

При прямолинейном движении на трактор действуют в продольной плоскости следующие внешние силы и реакции.

Вес трактора G приложен в центре тяжести машины. Положение центра тяжести зафиксировано на схеме двумя координатами: про-

дольной a и вертикальной h_g . Первая из них представляет собой расстояние от центра тяжести до прямой, проведенной через геометрическую ось ведущих колес перпендикулярно поверхности пути, а вторая – расстояние от центра тяжести до опорной поверхности колес. Нормальные реакции дороги Y_k на ведущие колеса и на ведомые колеса. Реакция Y_k смещена на расстояние a_k , а реакция Y_n – на расстояние a_n от прямых, проведенных через оси соответствующих колес перпендикулярно их опорной поверхности, P_{kp} – тяговое сопротивление, P_w – сила сопротивления воздуха, трактор расположен на опорной поверхности, под углом α , P_{fn} – сила сопротивления перекачиванию, база трактора – L [4]. На трактор действует толкающая сила X_k , равная [5]:

$$X_k = P_k - P_f, \quad (1)$$

где P_k – касательная сила тяги ведущих колес, кН;
 P_f – сила сопротивления перекачиванию трактора, кН.

Развиваемый двигателем крутящий момент передается через механизм трансмиссии к ведущим колесам трактора, поскольку частота вращения колес меньше частоты вращения коленчатого вала двигателя, то зависимость между крутящим моментом ведущего колеса M_k и крутящим моментом двигателя M_o зависит от типа трансмиссии.

Для ступенчатой передачи определим M_o по формуле [6]:

$$M_o = M_k \cdot i_{mp} \cdot \eta_{mp}, \quad (2)$$

где i_{mp} – передаточное число трансмиссии;

η_{mp} – КПД трансмиссии.

Передаточное число трансмиссии определим по

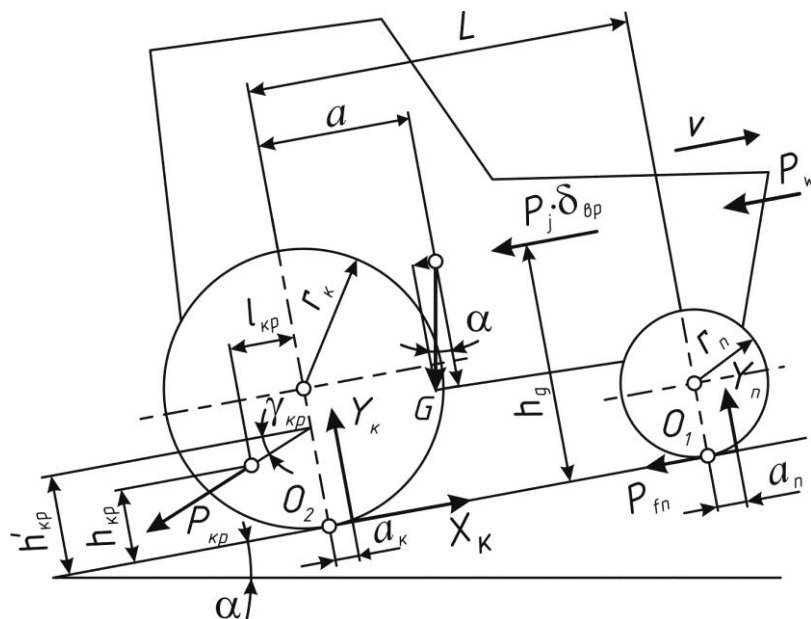


Рисунок 1. Схема сил и моментов, действующих на колесный трактор в продольной плоскости в общем случае движения

11

$$P_{f_2} = \frac{M_f}{r_\partial} = \frac{a_n \cdot Y_n}{r_n}, \quad (10)$$

где r_n – радиус качения ведомого колеса, м;
Момент сопротивления перекачиванию ведущих колес трактора находим по уравнению [8]:

$$M_f = P_{f_2} \cdot r_\partial \quad (11)$$

Учитывая уравнения (10) и (11), получаем [8]:

$$a_n \cdot Y_n = P_{f_2} \cdot r_n = Y_n \cdot f_2 \cdot r_\partial \quad (12)$$

если $r_n \approx r_\partial$,

$$a_n = \frac{Y_n \cdot f_2 \cdot r_\partial}{Y_n} = f_2 \cdot r_\partial, \quad (13)$$

где f_2 – коэффициент сопротивления перекачиванию ведомого колеса.

Крутящий момент двигателя трактора ($\kappa\text{гс}\cdot\text{м}$) найдем по уравнению [6]:

$$M_\kappa = 716,2 \frac{N_e}{n_n}, \quad (14)$$

где N_e – эффективная мощность двигателя, кВт;
 n_n – частота вращения коленчатого вала, мин^{-1} .

При установившемся движении, из-за увеличения давления на опорную поверхность, коэффициент сцепления и радиус качения уменьшаются, а коэффициент нагрузки ведущих колес с задними ведущими колесами в зависимости от способа агрегатирования может изменяться в различных пределах. Масса трактора изменяется в зависимости от загрузки крюковым усилием.

Коэффициент сцепления φ_{cy} для залежи и грунтовой дороги обычно принимают 0,6...0,8; для вспаханного поля – 0,5...0,7; для поля, подготовленного под посев – 0,4...0,6 [4, 5].

Статическое значение нагрузки на задние колеса трактора вычисляем по формуле [8]:

$$\lambda_\kappa = (0,67 - 0,7)G = \frac{Y_\kappa}{G}.$$

Тогда величину момента в эпицикле запишем следующим образом:

$$M_p = K_1 \cdot r_\partial \cdot \varphi_{cy} \cdot G \cdot \lambda_\kappa \quad (15)$$

при $P_{кр} = 0$

$$M_p = K_1 \cdot r_\partial \cdot (f_1 \cdot Y_\kappa + f_2 \cdot Y_n), \quad (16)$$

где f_1 – коэффициент сопротивления перекачиванию ведущего колеса трактора.

Подставив M_p в уравнение (7), получим:

$$\begin{cases} G \cdot a - Y_\kappa \cdot a_\kappa - Y_n(L + a_n) + \\ + K_1 \cdot r_\partial \cdot f_1 \cdot Y_\kappa + K_1 \cdot r_\partial \cdot f_2 \cdot Y_n = 0 \\ G(L - a) - Y_\kappa(L - a_\kappa) + Y_n \cdot a_n + \\ + K_1 \cdot r_\partial \cdot f_1 \cdot Y_\kappa + K_1 \cdot r_\partial \cdot f_2 \cdot Y_n = 0 \end{cases} \quad (17)$$

Для колесного трактора при работе с задним ведущим мостом (передний мост отключен) имеем следующие уравнения:

$$\begin{cases} G \cdot a - Y_\kappa \cdot a_\kappa - Y_n(L + a_n) + \\ + K_1 \cdot f_1 \cdot r_\partial \cdot Y_\kappa + K_1 \cdot f_2 \cdot r_2 \cdot Y_n = 0 \\ G(L - a) - Y_\kappa(L - a_\kappa) + Y_n \cdot a_n + \\ + K_1 \cdot f_1 \cdot r_\partial \cdot Y_\kappa + K_1 \cdot f_2 \cdot r_2 \cdot Y_n = 0 \end{cases} \quad (18)$$

$$\begin{cases} Y_\kappa(K_1 \cdot r_\partial \cdot f_1 - a_\kappa) = \\ = Y_n(L + a_n - K_1 \cdot r_\partial \cdot f_2) - G \cdot a; \\ Y_\kappa(K_1 \cdot r_\partial \cdot f_1 - L + a_\kappa) = \\ = -Y_n(a_n + K_1 \cdot r_2 \cdot f_2) - G \cdot (L - a) \end{cases} \quad (19)$$

После преобразования уравнений (18) и (19) равнодействующую нормальных реакций почвы на ведомое колесо трактора без нагрузки на крюке запишем следующим образом:

$$\begin{aligned} Y_n = & \left(G \cdot a (K_1 \cdot r_\partial \cdot f_1 - L + a_\kappa) - G(L - a) \times \right. \\ & \times (K_1 \cdot r_\partial \cdot f_1 - a_\kappa) \times [(L + a_\kappa - K_1 \cdot r_2 \cdot f_2) \times \\ & (K_1 \cdot r_\partial \cdot f_1 - L + a_\kappa) + (L + a_\kappa - K_1 \cdot r_2 \cdot f_2) \times \\ & \times (K_1 \cdot r_\partial \cdot f_1 - L + a_\kappa)(K_1 \cdot r_\partial \cdot f_1 - a_\kappa) \times \\ & \left. \times (a_n + K_1 \cdot r_2 \cdot f_2) \right]^{-1} \end{aligned} \quad (20)$$

Подставим данные колесного трактора «БЕЛАРУС» тягового класса 3 в выражение (20):

$G = 5,0 \text{ т}$, $a_\kappa = 0,01 \text{ м}$, $L = 3 \text{ м}$, $K_1 = 0,5$, $f_1 = 0,2$, $r_\partial = 0,6 \text{ м}$.

Получим равнодействующую нормальных реакций почвы на ведомые колеса трактора без нагрузки на крюке $Y_n = 1,65 \text{ т}$

При наличии крюкового усилия равнодействующую нормальных реакций почвы на ведущие колеса трактора определим по уравнению:

Заключение

1. Величина вертикальной нагрузки на колеса трактора в движении определяет управляемость на колеса трактора, сцепные и другие эксплуатационные качества в зависимости от типа агрегатирования сельскохозяйственной машины с трактором, конструктивных параметров машинотракторного агрегата.

2. Одним из самых нагруженных узлов трактора при движении является конечная передача заднего моста, служащая для увеличения общего передаточного числа трансмиссии применением планетарного редуктора, вызывающего появление реактивного момента и перераспределение вертикальной динамической нагрузки между передним и задним мостами трактора.

3. Предложенная методика позволяет уточнить вертикальную нагрузку на ведущие колеса трактора между передним и задним мостами в зависимости от конструктивных параметров проектируемых тракторов «БЕЛАРУС» тягового класса 3 и 5.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бобровник, А.И. Показатели трактора «БЕЛАРУС» со сдвоенными колесами при повороте / А.И. Бобровник, Т.А. Варфоломеева // Агропанорама. – 2019. – №3. – С. 5-9.
2. Бобровник, А.И. Улучшение эксплуатационных качеств ходовых систем тракторов «БЕЛАРУС» / А.И. Бобровник, Т.А. Варфоломеева, М.А. Струк // Мелиорация. – 2015. – №2. – С. 173-186.
3. Зезетко, Н.И. Определение оптимального положения центра тяжести колесного трактора / Н.И. Зезетко // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2014. – № 2. – С. 20-25; 136.
4. Тракторы. Теория: учебник для студентов вузов по спец. «Автомобили и тракторы» / В.В. Гуськов [и др.]; под общ. ред. В.В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.
5. Скотников, В.А. Проходимость машин / В.А. Скотников, А.В. Понаморов, А.В. Климов. – Минск: Наука и техника, 1982. – 328 с.
6. Чудаков, Д.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля / Д.А. Чудаков. – М.: Колос, 1972. – 381 с.
7. Шарипов, В.М. Конструирование и расчет тракторов / В.М. Шарипов. – М.: Машиностроение, 2004. – 592 с.
8. Кутьков, Г.М. Тракторы и автомобили / Г.М. Кутьков. – М.: Колос, 2004. – 503 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 20.11.2020

$$\begin{cases} G \cdot a - Y_K \cdot a_K - Y_n(L + a_n) + \\ + K_1 \cdot r_\partial (f_1 \cdot Y_K + f_2 \cdot Y_n) + K_1 r_\partial P_{кр} = 0 \\ G(L - a) - Y_K(L - a_K) + Y_n \cdot a_n - \\ - K_1 \cdot r_\partial (f_1 \cdot Y_K + f_2 \cdot Y_n) + K_1 \cdot r_\partial \cdot P_{кр} = 0 \end{cases} \quad (21)$$

$$\begin{cases} Y_K(K_1 r_\partial f_1 - a_K) = Y_n(L + a_n - K_1 r_\partial f_2) - \\ - G \cdot a - K_1 r_\partial P_{кр} = 0 \\ Y_K(K_1 r_\partial f_1 - L + a_K) = -Y_n(a_n - K_1 r_\partial f_2 - \\ - G(L - a) - K_1 r_\partial P_{кр} = 0 \end{cases} \quad (22)$$

После преобразования уравнений (21) и (22) равнодействующую нормальных реакций почвы на ведомые колеса трактора при нагрузке на крюке запишем следующим образом:

$$\begin{aligned} Y_n = & \left[(G \cdot a + K_1 \cdot r_\partial \cdot P_{кр}) (K_1 \cdot r_\partial \cdot f_1 - L + a_K \cdot K) - \right. \\ & - \left[G(L - a) - K_1 \cdot r_\partial \cdot P_{кр} \right] (K_1 \cdot r_\partial \cdot f_1 - a_K) \left. \right] \times \\ & \times \left[(L + a_n - K_1 \cdot r_\partial \cdot f_2) (K_1 \cdot r_\partial \cdot f_1 - L + a_K) + \right. \\ & + \left. (a_n - K_1 \cdot r_\partial \cdot f_2) (K_1 \cdot r_\partial \cdot f_1 - a_K) \right]^{-1} \end{aligned} \quad (23)$$

Подставим данные колесного трактора «БЕЛАРУС» тягового класса 3 в выражение (23):

$G = 5,0 \text{ т}$, $a_K = 0,01 \text{ м}$, $L = 3 \text{ м}$, $K_1 = 0,5$, $f_1 = 0,2$, $P_{кр} = 3 \text{ Н}$, $r_\partial = 0,6 \text{ м}$.

Получим равнодействующую нормальных реакций почвы на ведомые колеса трактора при нагрузке на крюке $Y_n = 2 \text{ т}$.

Наибольших значений реактивный момент в заднем мосту достигает при номинальной загрузке колесного трактора (при работе с нагрузкой на крюке в тяжелых почвенных условиях).

Для колесного трактора «БЕЛАРУС» тягового класса 3 при движении на вспаханном поле (коэффициент сцепления $\varphi = 0,6$) реактивный момент в заднем мосту определим по формуле:

$$\begin{aligned} M_p = & K_1 \cdot r_\partial \cdot \varphi_{сц} G \lambda_K = 0,6 \cdot 0,5 \times \\ & \times 0,6 \cdot 5,0 \cdot 0,7 = 630 \text{ кгс} \cdot \text{м} \end{aligned}$$

Методика анализа вертикальной нагрузки на колеса трактора в динамике, в зависимости от конструктивных параметров трактора и эксплуатационных факторов, достигает наибольших значений при нагрузке на крюке.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН ПРИМЕНЕНИЕМ ДОЖДЕОБРАЗУЮЩИХ УСТРОЙСТВ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

А.М. Кравцов,

зам. декана агроэнергетического факультета БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Д.С. Шахрай,

ст. преподаватель каф. моделирования и проектирования БГАТУ, магистр техн. наук

Статья посвящена совершенствованию дождевальных машин за счет применения дождеобразующих устройств с регулируемыми гидравлическими характеристиками. Предложена схема управления дождевальными насадками с регулируемыми параметрами дождя.

Ключевые слова: орошение сельскохозяйственных культур, дождевание, дождевальная насадка, водовоздушный эжектор, дождевальная машина, параметры искусственного дождя, схема управления.

The article deals with improvement of sprinkler machine through the use of rain-forming devices with adjustable hydraulic characteristic. A control scheme for sprinkler nozzles with adjustable rain parameters is proposed.

Keywords: crop irrigation, sprinkler irrigation, sprinkler, water-air ejector, sprinkler machine, parameters of artificial rain, control scheme.

Введение

Обеспечение продовольственной безопасности – одна из главных социально-экономических задач государства [1]. Решение этой задачи направлено на обеспечение внутренних потребностей в продовольствии, а также на наращивание экспорта. Причем экспорт сельскохозяйственной продукции является важным источником доходов для экономики Республики Беларусь. Поэтому наряду с увеличением объемов выпуска продукции, перед агропромышленным комплексом страны стоит задача повышения ее конкурентоспособности. Для этого необходимо повышать качество продукции при одновременном снижении ее себестоимости, которая существенно зависит от затрат производственных ресурсов.

Научные исследования и практические расчеты показали [2], что основным резервом снижения ресурсоемкости продукции растениеводства является существенное повышение урожайности сельскохозяйственных культур.

Урожайность сельскохозяйственных культур зависит от природно-климатических условий страны. Республика Беларусь относится к зоне с рискованным земледелием, что сказывается на нестабильности получаемых урожаев. При этом в связи с продолжающимся изменением климата наблюдаются существенные отклонения погодных показателей от значений предыдущих многолетних наблюдений [3-5], происходит долгосрочное повышение среднегодовой температуры, чаще возникают экстремальные погод-

ные условия. Главной проблемой для сельского хозяйства является увеличение неравномерности распределения атмосферных осадков, что приводит к увеличению засушливых периодов в весенне-летний сезон, которые чередуются дождливыми периодами и ливнями большой интенсивности. Недостаток влаги во время засух, особенно в вегетационный период, приводит к существенному снижению урожайности и ухудшению качества продукции растениеводства.

В нестабильных погодных условиях одним из перспективных направлений значительного повышения продуктивности в растениеводстве является широкое применение искусственного орошения. Существуют различные способы орошения [6]. Среди новых технологий, получивших развитие в последние десятилетия, можно выделить капельный полив. Однако технико-экономические расчеты показывают [7], что с учетом природно-климатических условий и обеспеченности водными ресурсами, в Республике Беларусь системы капельного полива могут иметь ограниченное применение, например, при выращивании растений в закрытом грунте. В условиях Беларуси необходимо развивать другие виды орошения, в том числе дождевание [8, 9].

В России, Украине и Беларуси накоплен большой опыт производства и эксплуатации дождевальной техники [10-13]. Однако в этих странах, в том числе и в Республике Беларусь, три десятилетия назад появилась устойчивая тенденция к сокращению орошаемых земель. Одной из причин этого является устаревший парк дождевальной техники. Построен-

ные преимущественно в 1980 – 1990 годы оросительные системы морально и физически устаревают. В современных условиях возникает необходимость совершенствования технологий и технических средств искусственного орошения, позволяющих обеспечивать значительную экономическую отдачу и быструю окупаемость затрат. Следует отметить, что тенденция сокращения орошаемых земель в настоящее время преодолена только в Российской Федерации, благодаря реализации целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы» [14]. В последние годы серьезные шаги для увеличения площади орошаемых земель предпринимаются в Украине. Так, 21 октября 2020 года правительством одобрен План мероприятий по реализации Стратегии орошения и дренажа в Украине до 2030 года [15].

Одним из направлений совершенствования дождевальной техники [9; 16; 17] является получение искусственного дождя с заданными параметрами. У существующих дождевальных машин ограничена возможность регулирования параметров дождя, что может приводить к перерасходу воды и переувлажнению почвы, разрушению структуры почвенного слоя и развитию водной эрозии, вымоканию растений или недостатку влаги и так далее. Разработка и применение дождевальных машин, способных создавать дождь с заданными параметрами, позволит повысить качество полива и обеспечит универсальность, то есть возможность осуществления различных видов полива без необходимости смены или регулировки рабочих органов.

Цель работы – совершенствование дождевальных машин за счет применения дождеобразующих устройств с регулируемыми гидравлическими характеристиками и автоматическим поддержанием заданных параметров искусственного дождя.

Основная часть

В Белорусском государственном аграрном техническом университете разработана дождевальная насадка с регулируемыми параметрами дождя [18]. В состав дождевальной насадки входит эжектор [19] для подсоса в поток воды определенного количества воздуха и получения дождя с регулируемой дисперсностью капель и интенсивностью полива.

Дождевальная насадка (рис. 1) включает: подающий патрубок 1; корпус эжектора 2 с приемной камерой 3; сопло 4 с отверстием диаметром d_c ; всасывающий патрубок 5 с запорно-регулирующим устройством 6; цилиндрическую горловину 7 с внутренним диаметром d_r ; дефлектор 8. Сопло 4 в виде диафрагмы имеет одно осевое отверстие в тонкой стенке толщиной $\delta \leq 0,2 \cdot d_c$.

Принцип работы дождевальной насадки с регулируемыми параметрами дождя заключается в следующем. По подающему патрубку 1 в приемную камеру 3 поступает поток рабочей жидкости с рас-

ходом Q_p , который проходя через отверстие сопла 4 с диаметром d_c , преобразуется в высокоскоростную струю. Далее струя поступает в цилиндрическую горловину 7 с внутренним диаметром $d_r > d_c$, где в результате взаимодействия потока рабочей жидкости с окружающим воздухом происходит увлечение его в поток с образованием вакуума, что приводит к подосу через всасывающий патрубок 5, приемную камеру 3 и зазор $L_{вс}$ пассивной среды (воздуха) с расходом $Q_{п.}$. В результате на выходе из цилиндрической горловины 7 образуется водно-воздушная смесь с суммарным расходом $Q_{см.}$. Выходя из цилиндрической горловины 7, водно-воздушный поток ударяется о дефлектор 8 и выбрасывается на орошаемое поле. При сходе с наружной кромки дефлектора 8 поток без образования пленки сразу распадается на капли, что повышает ветроустойчивость факела дождя. Это достигается за счет того, что при смешивании жидкости с пузырьками газа нарушается сплошность потока. В результате газожидкостный поток не способен оказывать сопротивление растягивающим усилиям, возникающим при его расширении в дефлекторе.

Регулирование интенсивности полива и дисперсности капель осуществляется за счет того, что корпус эжектора 2 дождевальной насадки имеет приемную камеру 3, которая сообщена с всасывающим патрубком 5, оснащенным запорно-регулирующим устройством 6 для поддержания заданного коэффициента подсоса

$$k_{п} = \frac{Q_{п.}}{Q_p} \quad (1)$$

Коэффициент подсоса $k_{п}$ одноструйного эжектора с компактной струей находится в пределах 0...3,5 [20]. Однако на практике целесообразно ограничить максимальное значение коэффициента подсоса $k_{п}$ величиной не более 2,5, так как превышение этого значения приводит к существенному снижению коэффициента полезного действия эжектора.

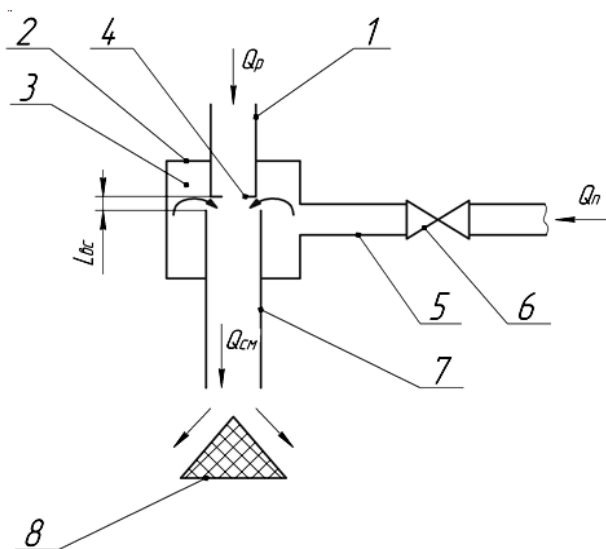


Рисунок 1. Схема дождевальной насадки

Известно, что параметры дождя, такие как интенсивность полива и дисперсность капель, зависят от ряда факторов, основной из которых – скорость V истечения струи на дефлектор. Если коэффициент подсоса $k_{\text{п}} = 0$, то есть подача воздуха в поток рабочей жидкости с расходом $Q_{\text{р}}$ отсутствует, тогда из уравнения расхода скорость истечения

$$V = V_{\text{р}} = \frac{Q_{\text{р}}}{\omega_{\text{г}}}, \quad (2)$$

где $\omega_{\text{г}}$ – площадь живого сечения потока на выходе из горловины 7, мм^2 (рис. 1), которая определяется по формуле:

$$\omega_{\text{г}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{г}}^2}{4},$$

где $d_{\text{г}}$ – диаметр горловины, мм.

При открытии запорно-регулирующего устройства 6 начинается подсос воздуха с расходом $Q_{\text{п}}$ и скорость истечения водно-воздушной струи будет определяться уравнением:

$$V = V_{\text{см}} = \frac{Q_{\text{см}}}{\omega_{\text{г}}} = \frac{Q_{\text{р}} + Q_{\text{п}}}{\omega_{\text{г}}}, \quad (3)$$

или с учетом уравнений (1) и (2)

$$V = V_{\text{см}} = V_{\text{р}} \cdot (1 + k_{\text{п}}). \quad (4)$$

Таким образом из формулы (4) видно, что скорость истечения водно-воздушной струи $V = V_{\text{см}}$ будет увеличиваться с увеличением коэффициента подсоса $k_{\text{п}}$, который для принятой конструкции эжектора может изменяться, как было отмечено выше, в пределах $k_{\text{п}} = 0 \dots 3,5$. Это позволит в широком диапазоне изменять дисперсность капель и интенсивность полива без необходимости смены или регулировки рабочих органов.

Исследования показали [17], что комплектование дождевальной насадки эжектором для управления параметрами дождя не приводит к дополнительным потерям энергии при условии соблюдения оптимальных геометрических параметров устройства.

Для практического использования предлагается новая конструкция дождевальной насадки с регулируемыми параметрами дождя [18], которая представлена на рис. 2.

Принципиально насадка на рис. 2 соответствует схеме, представленной на рис. 1. Обозначение элементов насадки (позиции 1-5 и 7-8) на рис. 1, 2 совпадают. Запорно-регулирующее устройство 6 на рис. 2 не показано. Таким образом, дождевальная насадка с регулируемыми параметрами искусственного дождя (рис. 2) включает: подающий патрубок 1; корпус эжекто-

ра 2 с приемной камерой 3; сопло 4; всасывающий патрубок 5; цилиндрическую горловину 7; дефлектор 8, установленный на планку 9, зафиксированную крепежными болтами 10; контргайку 11.

Конструкция насадки (рис. 2) позволяет в период пуско-наладочных работ производить замену сопла 4, регулировку зазора $L_{\text{вс}}$ за счет изменения положения цилиндрической горловины 7 и регулировку зазора $L_{\text{вып}}$ за счет изменения положения дефлектора 8. Также предлагаемая конструкция дождевальной насадки предусматривает установку различных видов дефлекторов.

Для применения в дождевальных машинах новых насадок разработана схема, представленная на рис. 3.

Схема управления функционирует следующим образом: вода подается насосной установкой (на рис. 3 не показана) в водопровод 1. Требуемый суммарный расход воды $\Sigma Q_{\text{р}}$, подаваемой в водопровод 1, поддерживается в автоматическом режиме расходомером 6 с дистанционной передачей показаний и регулирующим клапаном 4 с электромашинным приводом. Из водопровода 1 вода распределяется в дождевальные насадки 3 с расходом $Q_{\text{р}}$ на каждую насадку. Дождевальные насадки 3 оснащены эжекторами, всасывающие патрубки которых присоединены к общему воздухопроводу 2. При работе дождевальных насадок 3, благодаря встроенному эжектору, в поток воды подсасывается воздух с расходом $Q_{\text{п}}$. Суммарный расход подсасываемого воздуха $\Sigma Q_{\text{п}}$ в автоматическом режиме поддерживается расходомером 7 с дистанционной передачей показаний и регулирующим клапаном 5 с электромашинным приводом. Автоматическое регулирование клапанов 4 и 5 с электромашинным приводом осуществляется электронным блоком управления 8, который получает данные от расходомеров 6 и 7.

Суммарные расходы $\Sigma Q_{\text{р}}$ и $\Sigma Q_{\text{п}}$ определяются по

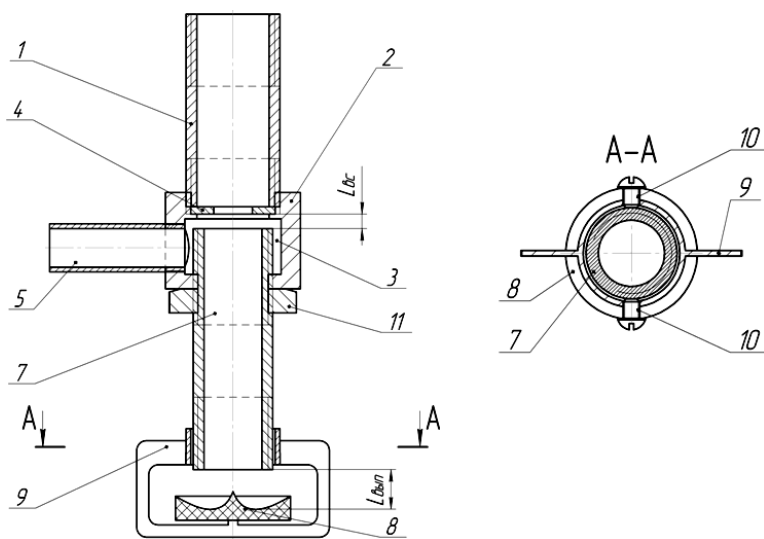


Рисунок 2. Конструкция дождевальной насадки

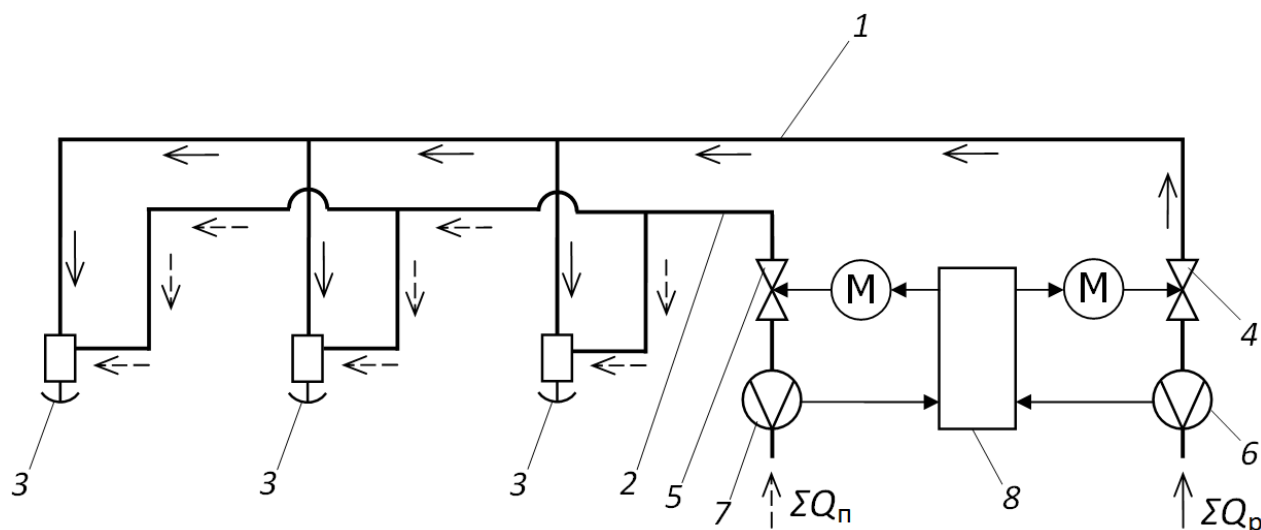


Рисунок 3. Схема управления дождевальными насадками:

1 – водопровод; 2 – воздухопровод; 3 – дождевальная насадка с регулируемыми параметрами дождя; 4 и 5 – клапаны, регулирующие с электромашиным приводом; 6 и 7 – расходомеры воды и воздуха с дистанционной передачей данных; 8 – электронный блок управления

формулам:

$$\Sigma Q_p = n \cdot Q_p, \quad (5)$$

$$\Sigma Q_n = n \cdot Q_n, \quad (6)$$

где n – количество дождевальных насадок.

Представленная на рис. 3 схема управления дождевальными насадками позволяет обеспечивать регулирование параметров дождя и поддержание их в автоматическом режиме. Так, если необходимо обеспечить максимально возможный размер капель, тогда регулирующий клапан 4 по команде с электронного блока управления 8 открывается для пропуски заданного расхода ΣQ_p , а клапан 5 остается в закрытом положении. В этом случае подача воздуха отсутствует, и скорость V_1 истечения струи на дефлектор будет определяться по формуле (2). Для уменьшения размера капель открывается регулирующий клапан 5 и устанавливается такой расход воздуха ΣQ_n , чтобы в эжекторах дождевальных насадок 3 обеспечить требуемый коэффициент подсоса k_p и, соответственно, требуемую скорость истечения V_2 , которая будет определяться по формуле (4). При этом скорость V_2 будет больше скорости V_1 в $(1+k_p)$ раз, то есть для принятой конструкции эжектора скорость может изменяться вплоть до 4,5 раз, что позволит регулировать дисперсность капель дождя в широком диапазоне.

Заключение

Разработана схема управления дождевальными насадками с регулируемыми параметрами дождя. Основным преимуществом предлагаемой разработки является возможность в широком диапазоне изменять расход поливной воды, а также дисперсность капель и интенсивность полива в автоматическом режиме.

Это позволит обеспечить орошение растений в зависимости от конкретных местных условий, а также дает возможность осуществлять различные виды полива без необходимости смены или регулировки рабочих органов.

Полученные научные результаты могут быть использованы при проектировании и реконструкции дождевальных машин, а также для других гидравлических систем, в которых есть необходимость получения капель жидкости с регулируемой дисперсностью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. О Доктрине национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 15 декабря 2017 г., № 962 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2017. – № 5/44566.
2. Шилов, И.Н. Повышение урожайности сельскохозяйственных культур – решающий фактор в снижении затрат производственных ресурсов / И.Н. Шилов, Т.А. Непарко, Д.А. Жданко // Агропанорама. – 2020. – № 5. – С. 35-38.
3. Справочник по климату Беларуси. Часть 1. Температура воздуха и почвы. – Минск: Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды, 2017. – 64 с.
4. Справочник по климату Беларуси. Часть 2. Осадки. – Минск: Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды, 2017. – 85 с.
5. Климатические характеристики 2020 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://belgidromet.by/ru/climatolog-ru/view/klimaticheskaja-xarakteristika-2020-goda-3666-2021/>. – Дата доступа: 11.01.2021.

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

7. Лихацевич, А.П. Орошаемое плодовоовощеводство : учеб. пособие / А.П. Лихацевич, М.Г. Голченко; под ред. А.П. Лихацевича. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 287 с.

8. Васильев, С.М. Дождевание / С.М. Васильев, В.Н. Шкура. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 352 с.

9. Шахрай Д.С. Направления развития дождевальной техники / Д.С. Шахрай, А.Н. Басаревский, А.М. Кравцов, С.С. Попко // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Минск, 22–24 ноября 2017 года; редкол.: В.П. Чеботарев [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2017. – С. 146-149.

10. Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография: в 2 ч. / В.Н. Щедрин [и др.]. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – Ч. 1. – 283 с.

11. Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография / В.Н. Щедрин [и др.]: в 2 ч. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – Ч. 2. – 307 с.

12. Иригационные решения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fregat.mk.ua/ru/produksiya/irrigaczionnye-resheniya>. – Дата доступа: 11.01.2021.

13. Оросительная техника [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.radiozavod.by/ru/products/type11. – Дата доступа: 11.01.2021.

14. Липски, С.А. Состояние и использование земельных ресурсов России: тенденции текущего десятилетия / С.А. Липски // Проблемы прогнозирования. – 2020. – № 4. – С. 107-115.

15. Правительство Украины одобрило план развития системы орошения до 2030 года. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.apk-inform.com/ru/news/1515098>. – Дата доступа: 11.01.2021.

16. Шахрай, Д.С. Совершенствование работы широкозахватных дождевальных машин / Д.С. Шахрай, А.М. Кравцов, А.Н. Басаревский // Научно-образовательная среда как основа развития агропромышленного комплекса и социальной инфраструктуры села: материалы международной научно-практической конференции. – Чебоксары: ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА, 2016. – С. 488-491.

17. Кравцов, А.М. Дождевальная насадка с регулируемыми гидравлическими параметрами / А.М. Кравцов, Д.С. Шахрай, С.С. Попко // Агропанорама. – 2017. – № 5. – С. 9-15.

18. Дождевальная насадка с регулируемыми параметрами дождя: пат. ВУ 22927 / Д.С. Шахрай, А.М. Кравцов. – Оpubл. 30.04.2020.

19. Гидроструйный эжектор: пат. ВУ 22747 / Д.С. Шахрай, А.М. Кравцов. – Оpubл. 30.10.2019.

20. Лямаев, Б.Ф. Гидроструйные насосы и установки / Б.Ф. Лямаев. – Л.: Машиностроение, 1988. – 276 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 12.02.2021

Радиоволновой влагомер зерна

Предназначен для непрерывного измерения влажности зерна в процессе сушки на зерносушильных комплексах.

Влагомер обеспечивает непрерывный контроль влажности зерна в потоке и автоматическую коррекцию результатов измерения при изменении температуры материала, имеет аналоговый выход – 4-20 мА, а также интерфейс – RS-485.



Основные технические данные

Диапазон измерения влажности зерна
Основная абсолютная погрешность
Температура контролируемого материала
Цена деления младшего разряда блока индикации
Напряжение питания
Потребляемая мощность

от 9 до 25 %
не более 0,5 %
от +5 до +65 °С
0,1 %
220 В 50 Гц
30 ВА

УДК 633.19

ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ АМАРАНТА МЕТЕЛЬЧАТОГО (*AMARANTHUS PANICULATUS* L.) НА ЗЕЛЕНУЮ МАССУ

Н.Н. Вечер,

доцент каф. основ агрономии БГАТУ, канд. биол. наук

Т.М. Дайнеко,

доцент каф. основ агрономии БГАТУ, канд. с.-х. наук

*В статье приведены результаты исследований влияния сроков посева и норм высева семян амаранта метельчатого (*Amaranthus paniculatus* L.) на урожайность зеленой массы на дерново-подзолистой супесчаной почве среднего уровня плодородия. Изучены фазы роста и развития, сроки наступления основных фенологических фаз и их продолжительность по вариантам опыта. Установлена оптимальная норма высева семян амаранта метельчатого в условиях Республики Беларусь.*

Ключевые слова: норма высева, всхожесть семян, фазы роста и развития, энергия прорастания, сроки посева, урожайность зеленой массы.

*The results of studies of the effect of the redroot seeds (*Amaranthus paniculatus* L.) sowing time and sowing rates on the fresh yield on soddy-podzolic sandy loam soil of average fertility are presented in the article. The phases of growth and development, the timing of the onset of the main phenological phases and their duration were studied according to the variants of the experiment. The optimal sowing rate of redroot seeds in the conditions of the Republic of Belarus has been established.*

Keywords: seeding rate, germinating ability, growth and development phases, germination energy, planting time, fresh yield.

Введение

В решении многих задач интенсификации кормопроизводства по укреплению кормовой базы животноводства особенно важным является расширение ассортимента и введение в культуру высокопродуктивных кормовых растений. В последнее время с целью расширения ассортимента возделываемых кормовых культур ведутся поиски нетрадиционных высокобелковых кормовых растений. В этой связи особое внимание заслуживает амарант. Амарант принадлежит к семейству амарантовых (*Amaranthaceae* L.), роду амарант, или щирица (*Amaranthus* L.). Этот род включает в себя 60 видов, 20 из которых встречается на территории СНГ. В Республике Беларусь наиболее широкое распространение получил амарант метельчатый.

Зеленая масса амаранта в расчете на сухое вещество содержит 16-20 % протеина. Ее химический состав существенно изменяется в зависимости от фазы вегетации. В фазе цветения зеленая масса содержит до 3,5-4 % протеина, или 220-230 г в одной кормовой единице. Аминокислот, в частности лизина, в амаранте в три раза больше, чем в кукурузе. В фазе начала выбрасывания метелки содержание протеина в листьях составляет 21-28 %, жира – 3,2-3,4 %, аскорбиновой кислоты – 173-197 %, бета-каротина – 5,4-6,0 % [1].

По содержанию белка, аминокислот, витаминов, макро- и микроэлементов, биологически активных веществ и масла зерно амаранта превосходит основ-

ные традиционные пищевые культуры, в нем содержится 13-16 % белка.

Исследования ученых показали, что в листьях амаранта много белка и кальция (3,5 г и 267 мг на 100 г сырого вещества соответственно). По содержанию аскорбиновой кислоты амарант превосходит шпинат и листовую свеклу, но уступает капусте [2].

Если принять ценность идеального белка за 100 условных единиц, то белок коровьего молока можно оценить в 72, сои – 68, пшеницы – 57, семян амаранта – в 87 единиц. Белок амаранта является одним из самых полноценных, и по питательной ценности приравнивается к белку яиц. Сумма незаменимых аминокислот в нем достигает 42 %. При этом вегетативные органы амаранта (стебель и листья) имеют более качественный белково-аминокислотный состав, чем семена.

Целенаправленно выращивать амарант начали еще 8 тысяч лет назад, когда коренные народы Южной Америки и Мексики (ацтеки и инки) ввели его в свой рацион вместе с бобами и кукурузой. Ряд амарантов до сих пор культивируется в народном хозяйстве этих стран (в частности, амарант метельчатый и хвостатый).

В Европе впервые амарант появился, когда испанцы привезли его из Америки для использования на клумбах как декоративное растение, а позже стали применять на корм животным и для получения зерна. Название «амарант» с греческого переводится как «неувядающий цветок». В России же у растения есть и

другие народные названия – бархатник, ширица, петушиный гребешок, кошачий хвост, аксамитник [3].

Проблема получения семян амаранта связана с тем, что в отдельные годы не всегда удается получить полноценное зерно из-за недостатка прихода тепла за период вегетации.

Цель работы – изучить влияние сроков посева и норм высева амаранта метельчатого на урожайность зеленой массы в условиях Центральной зоны Республики Беларусь.

Основная часть

Объектом данных исследований являлся амарант метельчатый (*Amaranthus paniculatus* L.) (ширица метельчатая, ширица американская) из семейства Амарантовых.

Морфологические признаки растения: корень стержневой, утолщенный в верхней части и разветвленный в пахотном слое; стебель прямой, толстый (при разреженном посеве), ветвистый, неправильно округлый, высотой до 2 м; окраска ярко-красная или зеленая; листья яйцевидно-ромбические, заостренные, шершавые, расположены на длинных черешках.

Многочисленные мелкие цветки амаранта метельчатого собраны в кисти, образующие в верхней части крупную (длиной до 70-80 см) ветвистую, прямостоячую, иногда с наклонной верхушкой, метелку, ярко-красную, бордовую или зеленую. Растение ветроопыляемое. Система опыления смешанная, с разным уровнем само- и перекрестного опыления. Семена очень мелкие, округлые, блестящие, окраска их может быть черной. Масса 1000 семян – 0,5-0,9 г [4].

Хозяйственно-биологическая характеристика амаранта метельчатого: растет на разных типах почв, за исключением переувлажненных, сильнокислых. Требователен к влаге, но переносит кратковременные весенне-летние засухи. Дружные всходы обеспечиваются при посеве, когда температура почвы на глубине 10 см прогреется на 10-12 °С. Всходы первое время растут медленно. Вегетационный период в среднем составляет 90-120 дней.

Исследования проводились на территории Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси.

Почва опытного участка – дерново-подзолистая, среднесуглинистая, подстилаемая с глубины 1,3 м мореным суглинком.

Агрохимические показатели пахотного слоя почвы (0-22 см) опытного участка следующие: содержание гумуса – 2,5 %; pH_{KCl} – 5,6; содержание подвижных форм фосфора (P₂O₅) 165, калия (K₂O) – 155 мг/кг почвы. По данным лабораторных анализов и наблюдений, почву можно отнести к средней по окультуренности. Предшественником амаранта метельчатого в опыте являлась озимая рожь на зерно.

Мелкоделяночный полевой опыт закладывали в четырехкратной повторности. Расположение вариантов – рендомизированное, общая площадь делянки – 6 м², учетная площадь – 1 м² [5].

Агротехника возделывания амаранта включала следующие этапы. После уборки озимой ржи проводили лушение жнивья. Дозы фосфора и калия брались с учетом обеспеченности почвы этими элементами и планируемой продуктивности зерна. Фосфорно-калийные удобрения вносились осенью под вспашку в дозе P₆₀K₉₀ кг/га д.в. В качестве калийных удобрений применяли хлористый калий, фосфорных – двойной гранулированный суперфосфат.

Весенняя обработка почвы включала следующие операции: ранневесеннюю культивацию с боронованием для «закрытия» влаги, предпосевную культивацию и прикатывание почвы до и после посева, а также предпосевное внесение азотного удобрения в дозе N₆₀ кг/га д.в. (аммиачная селитра).

Для изучения был взят единственный, районированный в Республике Беларусь, сорт амаранта метельчатого Рубин. В опыте использовались семена урожая 2018 г., репродукции ЦБС НАН Беларуси.

Посев амаранта проводили в два срока – 20 и 30 мая ручной однорядной сеялкой точного высева (СТР-01), ширина междурядий составляла 60 см. Глубина заделки семян – 1,5-2 см. Закладку опыта, учеты, наблюдения проводили по общепринятым методикам.

Мероприятия по уходу за посевами проводились согласно отраслевому регламенту возделывания кормовых культур [6].

Учет зеленой массы проводили вручную поделочно-раздельным способом, при вступлении растений в фазу конец бутонизации – начало цветения.

Фенологические наблюдения проводили по принятой методике [7], полевые исследования по общепринятой методике полевого опыта [8].

Изучение роста и развития растений показало, что сроки наступления основных фенологических фаз и их продолжительность по вариантам опыта не имели существенных различий (табл. 1).

Таблица 1. Прохождение (наступление) фаз развития у амаранта метельчатого

Дата наступления фаз развития					
Посев	Всходы	Начало бутонизации	Массовая бутонизация	Начало цветения	Массовое цветение
20.05	03.06	12.07	18.07	26.07	05.08
30.05	12.06	12.07	18.07	26.07	05.08

В результате исследований установлено, что если появление массовых всходов отмечено на 13-й день после посева (03.06 и 12.06), то независимо от срока посева растения вступали в репродуктивную фазу – начало бутонизации в начале второй декады июля (12.07), массовой бутонизации – в конце второй декады июля (18.07), начала цветения – в середине третьей декады июля (26.07), массового цветения – в первой декаде августа (05.08).

Амарант относится к культурам условно позднего срока сева. Оптимальная температура для его роста и развития – плюс 22-25 °С. Осенью растения переносят кратковременные заморозки до минус 1-3 °С.

Поэтому проводилось изучение влияния сроков сева и уборки амаранта на урожай зеленой массы. Полученные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2. Влияние сроков сева амаранта метельчатого на урожайность зеленой массы

№ опыта	Вариант опыта (срок сева)	Урожайность зеленой массы, ц/га
1	20.05	504,1
2	30.05	503,7
НСР ₀₅		1,24

Установлено, что урожайность зеленой массы амаранта по вариантам опыта существенно не отличалась, но оптимальным сроком посева амаранта метельчатого на зеленую массу является третья декада мая (20.05-30.05).

Также проводилось изучение норм высева семян на урожайность зеленой массы амаранта метельчатого (табл. 3). Нормы высева семян по пяти вариантам опыта составляли от 0,7 до 1,9 млн всхожих семян на 1 га.

Таблица 3. Влияние норм высева амаранта метельчатого на урожайность зеленой массы

Варианты опыта (норма высева, млн всхожих семян на га)	Урожай зеленой массы, ц/га
1. 0,7	451,0
2. 1,0	474,3
3. 1,3	503,3
4. 1,6	467,3
5. 1,9	457,7
НСР ₀₅	7,71

После посева семян (20 мая) и четкого обозначения рядков амаранта, проводили три междурядные обработки ручным культиватором на глубину 5-6 см, с целью уничтожения сорной растительности. Уборку амаранта на зеленую массу проводили вручную поделочно, раздельным способом при вступлении растений в фазу конец бутонизации – начало цветения (26.07). Период вегетации от посева до уборки амаранта метельчатого на зеленую массу в условиях опыта составил 69 дней.

В результате проведения опытов было установлено, что наименьшая урожайность зеленой массы амаранта метельчатого получена в первом варианте при минимальной норме высева 0,7 млн всхожих семян – 451,0 ц/га. Максимальный урожай зеленой массы (503,3 ц/га) получен в третьем варианте при норме высева 1,3 млн всхожих семян.

Следует отметить, что в условиях Центральной зоны республики амарант формирует высокую урожайность. Это дает основание утверждать о достаточно высокой адаптационной способности амаранта и возможности организации в республике устойчивого производства зеленой массы этой культуры.

Заключение

В результате исследований установлены особенности развития амаранта метельчатого сорта Рубин в условиях Центральной зоны Республики Беларусь, уточнены сроки наступления основных фенологических фаз и их продолжительность.

Оптимальным сроком посева семян амаранта на зеленую массу является третья декада мая (20.05-30.05). На территории Беларуси можно получать достаточно высокие урожаи зеленой массы амаранта метельчатого при соблюдении сроков посева, которые могут сдвигаться в зависимости от погодных условий. Продолжительность периода вегетации амаранта метельчатого на зеленую массу в условиях мелкоделяночного полевого опыта составила 69 дней.

Для условий производства амаранта метельчатого оптимальной нормой высева на дерново-подзолистых супесчаных почвах среднего уровня плодородия Центральной зоны Беларуси является 1,3 млн всхожих семян на гектар, которая обеспечивает получение 503,3 ц/га зеленой массы.

Высокая семенная продуктивность и коэффициент размножения (1000-1500) позволяет использовать небольшие площади под семенные участки для организации производственных посевов амаранта метельчатого на зеленую массу в условиях Республики Беларусь.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Магомедов, И.М. Первые результаты испытания амаранта в различных зонах страны / И.М. Магомедов // Итоги научно-исследовательских и прикладных работ с культурой амарант за 1987-1988 гг.: тезисы доклада. – Ленинград, 1989. – С. 4-9.
2. Ярошевич, М.И. Амарант – новая высокобелковая кормовая культура (агротехника возделывания) / М.И. Ярошевич. – Мн., 1989. – С. 5.
3. Нацыянальны атлас Беларусі / Кам. па зям. рэсурсах, геадэзіі і картаграфіі пры Савеце Міністраў Рэспублікі Беларусь. – Мн., 2002.
4. Лобан, С.Е. Возделывание амаранта как кормовой культуры в условиях Республики Беларусь / С.Е. Лобан // Ботанические сады: состояние и перспективы сохранения, изучения, использования биологического разнообразия растительного мира: материалы Междунар. науч. конф., Минск, 30-31 мая 2002 г. – Мн: БГПУ, 2002. – С. 167-168.
5. Никитенко, Г.Ф. Опытное дело в полеводстве / Г.Ф. Никитенко. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 190 с.
6. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси; РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию»; рук. разраб. Ф.И. Привалов [и др.]; под общ. ред. В.Г. Гусаква, Ф.И. Привалова. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 469 с.

7. Бейдеман, И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. Методические указания / И.Н. Бейдеман. – Новосибирск: Наука, 1985. – 155 с.

8. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 351 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 17.03.2020

УДК 639.371.13

ИЗУЧЕНИЕ РЕПРОДУКТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ САМОК РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ И ОЦЕНКА ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ ИКРЫ И МЯСА

Е.В. Таразевич,

профессор каф. технологий и технического обеспечения процессов переработки сельскохозяйственной продукции БГАТУ, докт. с-х. наук, доцент

В статье представлены материалы, характеризующие продуктивные качества самок радужной форели датского происхождения, показатели пищевой ценности продуцируемой ими икры, качества мяса товарных двухлеток этой же породы форели.

Ключевые слова: радужная форель, продуктивность самок, пищевая ценность икры и мяса.

The materials characterizing the productive qualities of female rainbow trout, indicators of the nutritional value of caviar they produce, the quality of meat of commercial two-year-olds are presented in the article.

Keywords: rainbow trout, females productivity, nutritional value of caviar and meat.

Введение

Рыба обладает уникальным составом и исключительной пищевой ценностью в рационе человека. Она богата легкоусвояемыми белками, витаминами, эссенциальными жирами и насыщает организм фосфором, калием, натрием, железом, магнием, серой, фтором, йодом и другими редкими микроэлементами, и при этом является низкокалорийным диетическим продуктом [1]. Поэтому на мировом рынке спрос на рыбу высок и продолжает расти. Вылов – промысловый ресурс Мирового океана уже истощается, и в настоящее время ведущая роль в обеспечении населения рыбной продукцией отводится аквакультуре – культивированию гидробионтов в контролируемых условиях. Годовой прирост объемов производства продукции аквакультуры в мире составляет 8,3 %, существенно опережая приросты производства других видов продовольствия [2]. Аквакультура включает следующие виды производства: прудовое рыбоводство, выращивание рыбы в садках, бассейнах и в установках замкнутого водообеспечения (УЗВ). Индустриальное рыбоводство является динамично развивающимся направлением Республики Беларусь. В индустриальных комплексах идет выращивание товарной продукции лососевых, сомовых, осетровых и растительноядных видов рыб. Для получения рыболовского материала данных видов рыб необходимы специализированные рыбопитомники-репродукторы. Строительство таких комплексов является дорогостоящим и затратным для государства мероприятием, что отражается на повышении себестоимости рыбы и рыбной продукции. Высокая себестоимость продукции, получаемой в индустриальных

комплексах, в значительной степени связана с импортными поставками рыболовского материала ценных видов рыб и кормов для них.

В Республике Беларусь на долю производства ценных видов, в основном радужной форели, приходится около 5 % от общего объема производства рыбы. Государственной программой развития агробизнеса в Республике Беларусь на 2016-2020 годы планировалось увеличение объемов производства ценных видов рыб до 1200 т [3]. В настоящее время форель выращивают в 10 индустриальных комплексах и в одном полносистемном прудовом хозяйстве – ЗАО «Птичь» Логойского района. Общий объем ее производства составляет около 250-300 т товарной форели, что в 3-4 раза меньше плановых показателей. Наиболее ценным продуктом питания переработки форели является красная икра. В рыболовных индустриальных комплексах (установках замкнутого водообеспечения) выращивают триплоидных гибридов форели, завезенных из стран дальнего зарубежья (Франция, США). Импортные триплоиды характеризуются хорошим темпом массонакопления, но формирования половых продуктов, то есть образования икры у самок, не происходит. Только самки в маточном стаде, сформированном из ремонтных групп трех пород, разводимых в полносистемном прудовом форелевом хозяйстве ЗАО «Птичь» Логойского района (радужная форель датского происхождения, породы Адлерская янтарная и радужная), продуцируют высококачественную икру [4].

Цель данной работы – изучить репродуктивные признаки разновозрастных самок породы радужной форели датского происхождения, выращенных в прудовом хозяйстве ЗАО «Птичь» Логойского района,

исследовать биохимические показатели продуцируемой ими икры и показатели химического состава мяса товарных двухлетков радужной форели.

Основная часть

Для исследования репродуктивных признаков, в форелевом хозяйстве ЗАО «Птичь» Логойского района в период нерестовой кампании было отобрано 25 экз. разновозрастных самок радужной форели датского происхождения. Отбор икры и ее качественные показатели определяли отдельно для каждой особи. Выход этого ценного продукта у самок чистых линий составляет 8-9 % от массы самки (табл. 1). Как правило, у молодых самок выход икры по отношению к массе тела несколько выше, у отдельных самок он достигает около 11 %. Как показывают морфологические исследования, отдельные самки форели (75-80 %) созревают в условиях Беларуси в трехгодичном возрасте. Масса самок небольшая и колеблется от 1400 до 1700 г, соответственно и масса икринок у таких особей небольшая и составляет 58,6-62,4 мг.

Такую мелкую икру лососевых лучше использовать как продукт питания, так как при ее инкубации выход мальков составляет не более 5-7 %. Высокими продуктивными показателями характеризуются самки форели в четырехгодичном возрасте. Масса самок

составляет 1800-2500 г, соответственно и масса икринок выше и составляет 62,5-66,7 мг. Пятигодовалых и старших возрастных самок в стаде, как правило, остается значительно меньше, так как при отборе икры у самок в период нерестовой кампании идет их большая выбраковка из-за травматизации. Самки пятишестигодичного возраста характеризуются высокой массой тела – 1900-2700 г, а отдельные особи достигают 3000 г, и крупной массой икры, которая составляет 71,4 мг. Как правило, для получения посадочного материала используют икру средневозрастных самок – четырех- и пятигодовалых, что обусловлено более высокими результатами выживаемости потомства на ранних стадиях онтогенеза (вылупление личинок из икры, их выживаемость). Остальную, более крупную икру можно также использовать как ценный продукт питания.

Для получения высококачественных репродуктивных показателей самок форели необходимо проводить их кормление высокобелковыми сбалансированными комбикормами.

Так, при плановом производстве 1200 т товарной форели выход икры должен составлять около 9-10 т (8-9 % выход икры от массы самок форели). Такое количество икры отечественного производства значительно сократит ее импорт из России и дальнего зарубежья.

Таблица 1. Рыбохозяйственные признаки самок радужной форели датского происхождения, выращенных в прудовом форелевом хозяйстве ЗАО «Птичь» Логойского района

№ образца	Возраст, годовики	Масса самки, г	Рабочая плодовитость 1 самки		Количество икринок в 1 г, экз.	Масса 1 икринки, мг	Отношение массы икры к массе самки, %
			масса икры, г	тыс. экз.			
1	3	1600	178	2,84	16	62,5	11,1
2	3	1600	175	2,80	16	62,5	10,9
3	3	1400	130	2,21	17	58,8	9,3
4	3	1700	162	2,75	17	58,8	9,5
5	3	1600	135	2,16	16	62,5	8,4
6	3	1550	135	2,29	17	58,8	8,7
7	3	1500	120	2,04	17	58,8	8,0
8	4	1850	160	2,56	16	62,5	8,6
9	4	1750	140	2,10	15	66,7	8,8
10	4	1800	165	2,64	16	62,5	9,2
11	4	1800	175	2,80	16	62,5	9,7
12	4	2100	220	3,52	16	62,5	10,5
13	4	2300	225	3,60	16	62,5	9,8
14	4	2250	180	2,52	14	71,4	8,8
15	4	2500	180	2,70	15	66,7	8,7
16	4	1800	170	2,72	16	62,5	9,4
17	4	2200	225	3,60	16	62,5	10,2
18	5	2600	210	3,15	15	66,7	8,1
19	5	2700	210	2,94	14	71,4	8,8
20	5	2600	180	2,70	15	66,7	6,9
21	5	2500	210	2,94	14	71,4	8,8
22	6	3100	240	3,36	14	71,4	7,7
23	6	3000	260	3,64	14	71,4	8,7
24	6	2950	240	3,36	14	71,4	8,1
25	6	3000	242	3,38	14	71,4	8,1
N=25, $\bar{X} \pm S \bar{X}$		2254±96,11	197,1±7,71	2,85±0,21	15,44±0,21	65,07±1,76	8,77±0,29
Cv		21,4	19,8	6,4	13,7	13,7	6,8

Икра лососевых содержит большое количество желтка. Большой объем желтка у икры лососевых можно объяснить как эволюционный процесс приспособления к длительному процессу инкубации и недостатку кормовых объектов до перехода личинок форели к активному питанию [5]. Наиболее ценными и энергоемкими веществами являются белки и липиды. Для их определения были применены следующие методы испытания: массовая доля белка (ГОСТ 26889-86); массовая доля жира (ГОСТ 7636-85); холестерин МВИ. МН1364-2000. Для биохимических исследований неоплодотворенная икра радужной форели датского происхождения была отобрана у самок, выращенных в прудовых условиях форелевого хозяйства ЗАО «Птичь» Логойского района в период нерестовой кампании.

Исследованиями установлено, что содержание белка составляет 27,8-28,6 %, жира – 4,3-6,6 %, холестерина – 0,176-0,224 г/100 г (табл. 2).

Как показывают результаты биохимических исследований жирно-кислотного состава общих липидов проб икры радужной форели, значительную часть в них составляют полиненасыщенные жирные кислоты – 34,76% от суммы всех жирных кислот. Основными из них являются: линолевая – 10,38 %, докозагексаеновая – 10,4%, третье место занимает поли-

ненасыщенная жирная арахидоновая – 3,71%.

Содержание насыщенных жирных кислот составляет 17,05 % от всего количества жирных кислот, оставшиеся – 31,9 % занимают мононенасыщенные жирные кислоты.

По современным представлениям, потребление полиненасыщенных жирных кислот, как эссенциального фактора питания, должно соответствовать 6-8 % энергетической ценности суточного рациона. Оптимальное суточное поступление линолевой кислоты должно составлять 8-10 г в сутки, линоленовой – 0,9-1,2 г и эйкозапентаеновой – 0,3-0,4 г.

На основании исследования биохимического состава мяса (белок) двухлетков форели, массой 585-1095 г, установлено высокое содержание жира в сухом веществе – 24,62-39,44 %, в сырой пробе – от 7,81 до 13,62 %, что в среднем составляет 32,19 и 10,95 % соответственно (табл. 3) [6].

Минимальное содержание протеина в сухом веществе составляет 55,78 %, максимальное – 67,29 %, в сырой пробе – 18,88 и 22,35 % соответственно. Содержание минеральных веществ в сухой пробе составляет от 3,21 до 3,74 %, в сырой пробе – от 1,11 до 1,60, в среднем 1,33. Статистическую обработку материала проводили на основе общепринятой методики [7].

Таблица 2. Биохимические показатели неоплодотворенной икры самок радужной форели датского происхождения, выращенных в форелевом хозяйстве ЗАО «Птичь» Логойского района

Наименование показателя, ед. измерения	Результаты испытания образцов							
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8
Массовая доля белка, %	27,8	27,8	25,1	26,6	26,4	27,7	28,8	28,7
Массовая доля жира, %	4,3	5,1	6,6	4,3	4,9	4,7	5,1	4,8
Холестерин, г/100 г	0,2146	0,2146	0,3227	0,1762	0,1872	0,2002	0,1956	0,1889

Таблица 3. Показатели химического состава мяса товарных двухлетков форели

№ образца	Масса рыбы, г	Сухое вещество, %	Влага, %	Протеин, %		Жир, %		Минеральные вещества, %	
				1	2	1	2	1	2
1	1950	34,75±0,20	65,25±0,20	55,78±0,17	19,38±0,13	38,22±0,06	13,28±0,05	3,21±0,01	1,12±0,08
2	1009	33,10±0,04	66,90±0,04	55,03±0,14	18,88±0,03	38,22±0,06	10,99±0,16	3,21±0,02	1,11±0,01
3	1046	34,12±0,04	65,88±0,04	57,78±0,17	21,83±0,01	38,22±0,03	12,14±0,02	3,21±0,03	1,32±0,01
4	1083	33,61±0,05	66,39±0,05	63,97±0,03	20,78±0,03	38,22±0,14	9,09±0,15	3,21±0,15	1,27±0,07
5	904	33,53±0,08	66,47±0,08	61,84±0,25	19,38±0,12	38,22±0,06	13,62±0,12	3,21±0,21	1,16±0,08
6	971	34,07±0,10	66,93±0,10	59,69±0,11	19,70±0,51	29,58±0,17	10,99±0,08	4,73±0,17	1,56±0,04
7	871	33,73±0,04	66,27±0,04	63,69±0,17	21,48±0,03	31,13±0,25	10,50±0,21	3,84±0,19	1,29±0,01
8	1070	33,68±0,05	66,32±0,05	57,45±0,08	19,35±0,02	39,40±0,12	13,27±0,06	4,54±0,08	1,51±0,02
9	967	34,98±0,03	65,02±0,03	55,75±0,15	19,50±0,05	31,04±0,02	10,86±0,20	3,38±0,05	1,19±0,01
10	745	33,39±0,06	66,61±0,06	58,96±0,18	19,69±0,06	32,82±0,15	10,96±0,30	3,60±0,15	1,20±0,07
11	708	34,88±0,08	65,12±0,08	64,00±0,17	22,35±0,03	31,88±0,05	11,12±0,14	3,96±0,06	1,38±0,10
12	642	33,53±0,15	66,47±0,15	66,56±0,30	22,31±0,41	30,78±0,05	10,25±0,17	4,00±0,01	1,33±0,02
13	639	32,92±0,50	67,08±0,50	64,84±0,02	21,34±0,03	29,31±0,06	9,65±0,05	4,27±0,08	1,41±0,04
14	808	31,72±0,09	67,54±0,41	66,07±0,14	21,45±0,32	30,12±0,18	9,78±0,24	4,82±0,15	1,56±0,05
15	585	31,72±0,09	68,28±0,09	67,27±0,27	21,33±0,42	24,62±0,03	7,81±0,02	5,05±0,01	1,60±0,15
16	832	33,43±0,05	66,57±0,05	64,99±0,34	21,73±0,17	28,59±0,53	9,56±0,11	3,55±0,08	1,29±0,10
$\bar{x} \pm S \bar{x}$	873±42,85	33,56±0,03	66,59±0,04	63,98±0,02	20,99±0,04	32,19±0,03	10,95±0,02	3,79±0,02	1,39±0,01
Норматив			63,4-74,4		18,2-23,3		8,7-14,0		0,6-1,7

Примечание: 1 – содержание в сухом веществе; 2 – содержание в сырой пробе

На основании литературных данных белки высокоценных видов рыб, в том числе и форели, характеризуются содержанием 8 незаменимых аминокислот (лизин, триптофан, метионин, лейцин, изолейцин, валин, треонин, фенилаланин и необходимый детскому организму гистидин). Отсутствие в пище хотя бы одной незаменимой аминокислоты вызывает отрицательный азотистый баланс, нарушение деятельности центральной нервной системы, остановку роста и развития организма [8]. Поэтому необходимо ускорить наращивание объемов производства товарной продукции форелеводства не только за счет интенсивного использования производственных мощностей промышленных комплексов Беларуси (УЗВ), но и садковых линий на открытых водотоках.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что репродуктивные показатели чистых линий самок форели, выращенных в условиях прудового форелевого хозяйства ЗАО «Птичь» Логойского района, характеризуются высокими показателями. Средняя рабочая плодовитость составляет 2,81 тыс. экз., у отдельных, старше возрастных самок, она достигает 3,38-3,64 тыс. экз. Средняя масса икринок у этих же самок характеризуется более высокими показателями – 66,7-71,4 мг. Содержание в икре белка составляет 27,8 -28,6 %, жира 4,3-6,6 %, холестерина 0,176 – 0,224 г/100 г. Такими же высокими качественными показателями характеризуется и мясо форели: содержание протеина в сухом веществе составляет в среднем около 64,0 %, жира – 32,19 %, минеральных веществ – 3,79 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Груданов, В.Я. Основы рационального питания / В.Я. Груданов, Е.С. Пашкова, Л.А. Расолько. – Минск: БГАТУ, 2016. – 255 с.
2. ФАО. 2016. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры 2016. Вклад в обеспечение всеобщей продовольственной безопасности и питания. – Рим. – 216 с.
3. Актуальность направлений научных исследований в соответствии с потребностями рыбоводства и предпочтениями населения в рыбе / В.Ю. Агеев [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. – Минск: РУП «Институт рыбного хозяйства». – 2018. – Вып. 34. – С. 15-23.
4. Богерук, А.К. Породы радужной форели (*Oncorhynchus mykiss* W.); под общ. ред. А.К. Богерук. – М.: Росинформагротех, 2006. – 316 с.
5. Дорофеева, Т.А. Рост и биологические особенности радужной форели / Т.А. Дорофеева, Б.З. Цалиев. – Владикавказ: ФГОУ ВПО ГОУ, 2013. – 133 с.
6. Биохимический состав мышц двухлетков радужной форели из рыбопитомника «Богусhevский» / Е.В. Таразевич [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. – Минск: РУП «Институт рыбного хозяйства». – 2014. – Вып. 30. – С. 37-45.
7. Рокицкий, П.Ф. Биологическая статистика / П.Ф. Рокицкий. – Минск: Высшая школа, 1973. – С. 24-53.
8. Инновационные технологии переработки сельскохозяйственной продукции: учеб. пособие / Н.В. Казаровец [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 288 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 15.12.2020

Микропроцессорная система кормления свиней

Предназначена для оперативного изменения доз кормления, контроля процесса кормления, учета расхода сухого и жидкого корма.

Разработанная система позволяет автоматизировать процесс кормления свиней, повысить эффективность и снизить издержки производства свинины.

Основные технические данные

1. Полная совместимость с типовым технологическим оборудованием КПС-54, КПС-108.
2. Нормированное кормление, оперативное изменение норм кормления.
3. Расчет фактических объемов замеса и раздачи жидкого корма без остатков.
4. Сокращение времени кормления в 1,5...2 раза.
5. Значительно дешевле и лучше западных аналогов.



УДК 620.1:633.4

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ И РАЗМЕРОВ КОРНЕПЛОДОВ НА ХАРАКТЕР РАСПРОСТРАНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ В ЖИДКИХ СРЕДАХ

В.С. Корко,

доцент каф. электротехнологии БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Рассмотрены факторы проявлений ультразвука в процессах очистки и мойки, приведены результаты исследования влияния формы и размеров корнеплодов на характер распространения ультразвуковых колебаний в жидких средах.

Ключевые слова: плоды, овощи, эффекты ультразвука, кавитация, очистка, обеззараживание.

The factors of the manifestations of ultrasound in the cleaning and washing processes are considered, the results of study of the influence of the shape and size of root crops on the nature of the propagation of ultrasonic vibrations in liquid media are presented.

Keywords: fruits, vegetables, ultrasonic effects, cavitation, cleaning, disinfection.

Введение

Современные приоритеты в реализации сельскохозяйственной продукции – это проекты по глубокой переработке сырья (сортировка, мойка, сушка, охлаждение, упаковка и т.д.). В настоящее время в потребительских сетях растет спрос на мытые и/или замороженные овощи и фрукты в мелкой фасовке, особенно в вакуумной упаковке. Корнеплоды с остатками земли и другими загрязнителями, в отличие от очищенных и мытых, имеют неприглядный вид, потребителю негигиенично приобретать их, хранить и использовать.

По результатам многочисленных исследований известно, что воздействие ультразвука на объекты в жидких средах обусловлено первичными и вторичными эффектами, оказывающими механические, физико-химические и биологические действия. К первичным эффектам ультразвука, имеющим механическую природу, относят звуковое давление, кавитацию, энергичные микропотоки, поверхностное трение, а к вторичным – коагуляцию, дегазацию, диспергирование и другие явления [1, 2].

При применении ультразвуковых технологий в жидких средах возникает и протекает специфический физический процесс – ультразвуковая кавитация, обеспечивающий максимальные энергетические воздействия, как на сами жидкости, так и на твердые тела в жидкостях. В ультразвуковой волне во время полупериодов разрежения возникают пульсирующие пузырьки (каверны, полости), заполненные паром, газом или их смесью. После перехода в область повышенного давления эти образования резко захлопываются. Сложное вынужденное движение пузырьков, их захлопывание, взаимодействие, слияние друг с другом порождают в жидкости микроударные волны и микропотоки, вызывают локальное нагревание среды, ионизацию. В результате происходит разрушение находящихся в жидкости твердых частиц (кавитаци-

онная эрозия), возникает интенсивное перемешивание жидкости, инициируются или ускоряются различные физические и химические процессы [3, 4].

В работах [1-3] были рассмотрены и исследованы некоторые особенности кавитационных процессов в ванне при мойке и очистке различных деталей и фруктов от загрязнений. Корнеплоды имеют некоторые отличия по форме, размерам и механическим свойствам поверхности, поэтому закономерно исследовать их влияние на конфигурацию поля в ванне при наличии подобных препятствий.

При проектировании формы, размеров и расположения ультразвуковых излучателей в емкости для обработки овощной продукции необходимо учитывать, что форма корнеплодов никогда не бывает геометрически правильной и может быть очень сложной, а поверхность с различными углублениями и неровностями. Например, корнеплоды свеклы, редьки, брюквы по форме могут быть шаровидные, плоско-округлые, конические, цилиндрические, а корнеплоды моркови, сельдерея, хрена в основном имеют удлиненную форму (цилиндрическую, коническую, веретенообразную, с тупым или острым концом). При этом сорта моркови подразделяют по длине корнеплода: каротели (5...8 см); полудлинные (10...20 см); длинные (более 20 см) [5].

Цель настоящей работы – исследование влияния формы и размеров корнеплодов на характер распространения ультразвуковых колебаний в жидких средах.

Основная часть

В контексте задачи по созданию технологии обработки корнеплодов для повышения потребительских качеств важно отметить технологические возможности ультразвука по очистке поверхности, обеззараживанию, дезинфекции, уничтожению микроорганизмов и бактерий, получившие достаточно широ-

кое применение в различных отраслях промышленности, сельского хозяйства и медицины.

К основным законам распространения ультразвуковых волн относятся законы отражения и преломления на границах различных сред, дифракция и рассеяние при наличии препятствий и неоднородностей в среде и неровностей на границах, законы волнового распространения в ограниченных зонах.

В технологии очистки и мойки корнеплодов ультразвуком рассматривается система жидкость – твердое тело. В ультразвуковой ванне вблизи поверхности корнеплодов формируется диффузионный граничный слой жидкости, в котором сосредоточено основное сопротивление переносу молекул реагирующих веществ к межфазной границе или уносу продуктов реакции. При этом практически все основные физико-химические процессы протекают на самой границе раздела сред, где молекулы различных веществ контактируют друг с другом в виде трех последовательных стадий: приближение молекул веществ друг к другу и их столкновение; непосредственно процесс взаимодействия молекул; удаление продуктов реакции из зоны взаимодействия.

Для проведения экспериментов использовали ультразвуковую установку с выходной мощностью 250 Вт, рабочей частотой 18 кГц и ванной с тремя пьезоэлектрическими преобразователями. Чтобы обеспечить возможность исследования параметров ультразвукового поля, создаваемого единичным излучателем, в ванну на время экспериментов помещали изолирующий пластиковый тубус диаметром 100 мм и высотой 120 мм.

Основные размеры, схемы расположения пьезоэлектрических преобразователей в днище ванны и точек измерения активности кавитации приведены на рисунке 1.

Для измерения активности кавитации в ультразвуковой ванне использовали кавитометр ИСА – 6А.

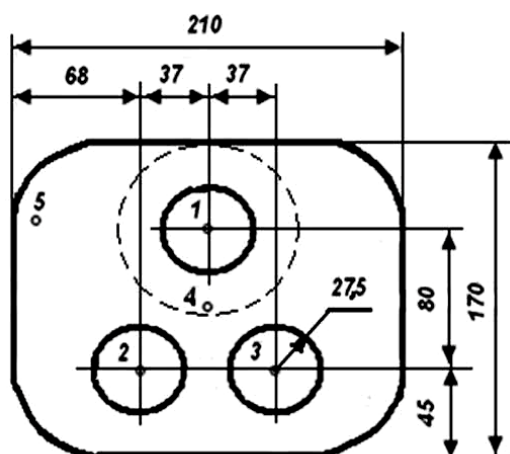


Рисунок 1. Схема расположения трех пьезоэлектрических преобразователей и характерных контрольных точек измерения активности кавитации (1°...5°) в ультразвуковой ванне (штриховой линией показаны контуры изолирующего тубуса диаметром 100 мм)

В использованной для экспериментов установке длина ультразвуковой волны λ составляет

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{1480}{18000} = 0,082 \text{ м},$$

где c – скорость распространения УЗ-волны в воде при температуре 20 °С, м/с;

f – частота ультразвука в установке, с⁻¹.

Так как диаметр излучателя, длина волны ультразвуковых колебаний в установке сравнимы с размерами обрабатываемых корнеплодов, то в однородной жидкости при одностороннем излучении единичного излучателя акустическое поле в некотором приближении можно представить в виде направленного пучка.

При наличии изолирующего тубуса данных размеров распространение ультразвука рассматривается как волновое движение в замкнутом объеме (рис. 2).

Вычислим размер ближней зоны немонотонного

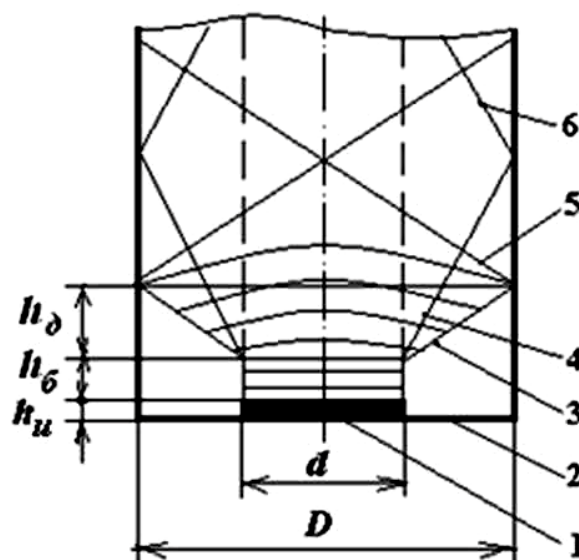


Рисунок 2. Схема формирования акустического поля ультразвукового излучателя в ограниченном пространстве: 1 – излучатель; 2 – корпус ванны; 3, 4, 5, 6 – падающие и отраженные лучи дальней зоны акустического поля; h_u и d – высота и диаметр излучателя; D – диаметр изолирующего тубуса; h_b – размер ближней зоны акустического поля; h_d – расстояние от начала дальней зоны до места контакта падающего луча со стенкой изолирующего тубуса

изменения акустического поля (зоны дифракции Френеля) излучателя [6]:

$$h_b = \frac{d^2}{4\lambda} = \frac{0,055^2}{4 \cdot 0,082} = 0,0092 \text{ м};$$

угол расхождения падающего луча от вертикали (рис. 2) по формуле Фраунгофера:

$$\varphi_p \approx \frac{\lambda}{d} \arcsin 0,61 = \frac{0,082}{0,055} \arcsin 0,61 = 55^\circ,$$

и расстояние от начала дальней зоны до места контакта падающего луча со стенкой изолирующего

тубуса (из рассмотрения образованного прямоугольного треугольника)

$$h_0 = \left(\frac{D}{2} - \frac{d}{2} \right) \operatorname{tg} \varphi_p = \left(\frac{0,1}{2} - \frac{0,055}{2} \right) \operatorname{tg} 55^\circ = 0,016 \text{ м}.$$

На основании приведенных расчетов и рисунка 2 теоретически можно предположить, что акустическое поле в зонах горизонтальной плоскости будет наиболее интенсивным непосредственно над излучателем и до окончания ближней зоны, и наименее интенсивным вблизи стенок изолирующего тубуса, начиная от днища ванны и до места контакта падающего луча со стенкой изолирующего тубуса (на расстоянии $h_0 + h_6 + h_u$).

С началом дальней зоны луч акустического поля начинает расходиться, и, вследствие поглощения энергии средой, интенсивность ультразвукового поля монотонно убывает по мере удаления от излучателя. Вместе с тем, в ограниченном пространстве (стенками изолирующего тубуса или ванны) в соответствии с законами геометрической акустики начинают сказываться факторы отражения и преломления лучей на границах различных сред, а также дифракции и интерференции.

Замеры уровней активности кавитации в ванне с тремя излучателями и в цилиндрическом тубусе с одним излучателем производились в указанных на рисунке 1 точках на разных высотах от пьезоэлектрических преобразователей в пятикратной повторности. Соответствующие зависимости представлены на рисунке 3.

Наиболее высокие уровни кавитации наблюдаются в ближней зоне ультразвукового поля непосредственно над излучателями по направлению распространения волны. В зонах горизонтальной плоскости за пределами излучателей непосредственно над днищем акустическое поле имеет наименьшую интенсивность вблизи стенок ванны или изолирующего тубуса (в 1,5...2 раза меньше, чем над излучателем), начиная от днища ванны, и возрастает до расстояния 0,015...0,02 м. Следует отметить, что днище вследствие жесткой механической связи с излучателями, также создает колебания, хотя и меньшей интенсивности.

В дальнейшем, вследствие расхождения луча, по-

глощения энергии, дифракции и интерференции волн, уровни кавитации уменьшаются по закону, близкому к экспоненциальному или степенному. При этом в горизонтальной плоскости с увеличением h картина поля постепенно выравнивается. Так, при $h = 0,02$ м разброс показаний кавитометра в точках измерения составляет порядка 20...25 о.е., а на удалении $h = 0,08$ м – 4...5 о.е. Соответственно степень ослабления интенсивности излучения в диапазоне $h = 0,02...0,08$ м достигает двух и более раз.

Представим уравнения линий трендов, аппроксимирующие зависимости I и IV , в виде наиболее близко подходящих для их описания функций:

– на рисунке 3а

$$k_I = 66537h^3 - 8948h^2 - 44h + 48,1;$$

– на рисунке 3б

$$k_{IV} = 11823h^3 - 18465h^2 + 387,6h + 43,3.$$

С учетом размеров ванны для исследований в качестве препятствий на пути распространения УЗ-волны переменными факторами при исследованиях приняты форма и размеры корнеплодов, расстояния между ними в горизонтальной плоскости, высота их расположения в жидкости над излучателями.

В экспериментах при полном заполнении цилиндрического тубуса ванны (рис. 1) в один слой редисом различных размеров (от 0,02 до 0,4 м), практически вне зависимости от расстояния до излучателей, в воде над объектами (т.е. за препятствиями) уровни активности кавитации приближались к нулю, а под слоем зависимости $k(h)$ были близки к изображенным на рисунке 3б. Отмечено некоторое увеличение значений уровней кавитации, очевидно вследствие явлений отражения волн от поверхностей редиса и интерференции.

Так как размеры редиса в поперечнике в 2...4 раза меньше длины волны ультразвука, рассчитанной выше, то внесение единичного экземпляра редиса практически не повлияло на соответствующие характеристики УЗ-поля. Наблюдалось некоторое уменьшение уровня кавитации (на 6...8 о.е.) непосред-

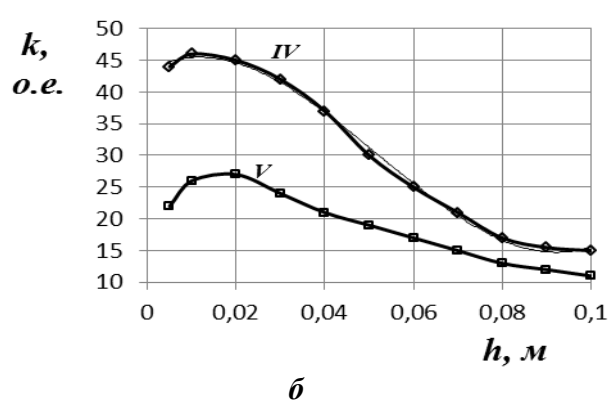
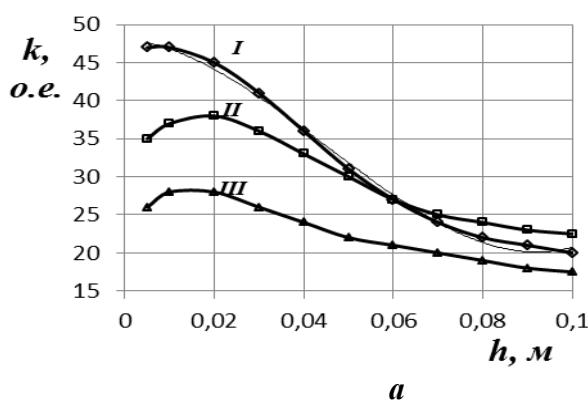


Рисунок 3. Зависимость уровня активности кавитации от расстояния до излучателя в ванне с тремя излучателями (а) и в цилиндрическом тубусе с одним излучателем (б):

I – в точке 1 над излучателями; II – в точке 4 в центре между излучателями; III – в точке 5 между корпусом и двумя излучателями (рис. 1); IV – над выделенным излучателем в тубусе; V – возле стенки тубуса (рис. 1) (нежирными линиями на зависимостях I и IV показаны линии тренда)

ственно над верхней зоной поверхности слоя редиса.

Вместе с тем, когда в тубус поместили свеклу практически сферической формы диаметром 0,08 м, что больше диаметра излучателя и соизмеримо с длиной волны, то за этим препятствием, за исключением зоны возле стенок тубуса, также во всех точках наблюдали существенное ослабление уровня активности кавитации. Значит, помимо соотношения длины волны с размерами объекта и излучателя для кавитационных процессов имеет значение и расстояние до стенок ограждающих конструкций (ванны или тубуса).

Дальнейшие эксперименты проводили в ванне с тремя излучателями. При полном заполнении ванны в один слой редисом размерами от 0,02 до 0,04 м, наблюдалась аналогичная картина с предыдущим опытом с одним излучателем. Под слоем редиса зависимости $k(h)$ были близки к изображенным на рисунке 3а, в воде над объектами наблюдали практически отсутствие акустического поля. Это означает, что в таких условиях ультразвуковому воздействию на объекты подвергаются лишь поверхности, обращенные к излучателям.

В следующем опыте в центре ванны поместили свеклу диаметром 8 см и производили замеры уровней кавитации в трех точках: а) непосредственно под объектом, для чего датчик вставляли внутрь свеклы в просверленное отверстие; б) сбоку на уровне центра свеклы; в) над объектом. В качестве переменного фактора приняли расстояние от нижней точки сферического объекта до излучателей h в пределах от 0,005 до 0,04 м с учетом того, что уровень воды в ванне по техническим характеристикам не должен превышать 0,12 м. Соответственно слой воды над свеклой при погружении также изменялся от 0 до 0,04 м. Соответствующие зависимости изменения уровней активности кавитации в различных зонах представлены на рисунке 4.

Размеры исследуемой ультразвуковой ванны позволяют исследовать характеристики поля при наличии двух объектов с переменным расстоянием между ними в горизонтальной плоскости. Для срав-

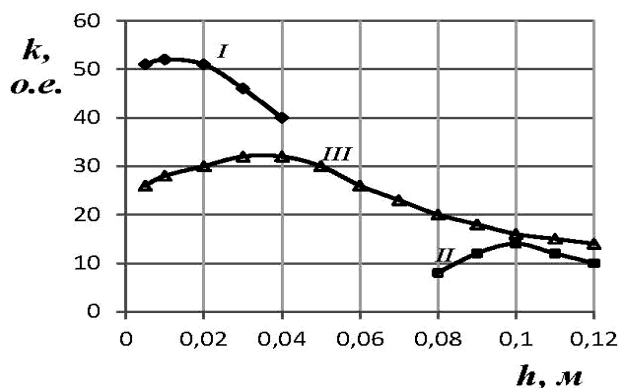
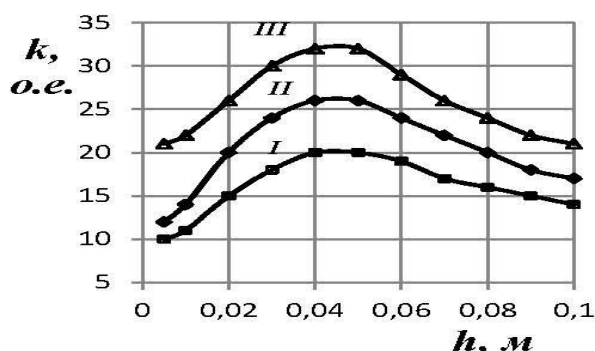


Рисунок 4. Зависимость уровня активности кавитации от расстояния до излучателя в ванне со свеклой диаметром 0,08 м: I – над излучателями; II – над свеклой; III – в наиболее удаленной зоне между корпусом и двумя излучателями (в точке 5, рис. 1)

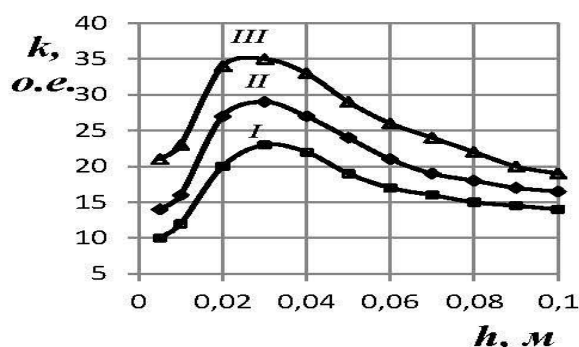
нимости результатов по форме и размерам в ванне на уровне 0,02 м от излучателей фиксированно размещали две свеклы диаметрами 0,08 м, а в другом опыте – два отрезка моркови практически цилиндрической формы длиной 0,08 м и диаметром в поперечнике 0,04 м торцами друг к другу.

При проведении опытов в качестве переменной принимали величину зазора 0,03, 0,04 и 0,05 м. Уровень активности кавитации измеряли в зависимости от высоты расположения датчика в центре ванны (рис. 5).

Анализ зависимостей на рисунке 5а показывает, что в данных условиях, когда размеры объектов соизмеримы с длиной волны, с увеличением расстояния между объектами интенсивность кавитационных процессов в центре ванны несколько возрастает в диапазоне h до 0,06 м. Сферические поверхности свеклы, обращенные к излучателям, отражают и, в определенной степени, фокусируют в направлении центра акустические волны, и в результате их суперпозиции происходит усиление колебаний. При удалении от излучателей на большее расстояние картина поля несколько изменяется вследствие дифракции волн и



а



б

Рисунок 5. Зависимость уровня активности кавитации в точках № 4 (рис. 1) от расстояния до излучателя в ванне с двумя свеклами (а), двумя морковками (б) и зазором между ними: I – 0,03 м; II – 0,04 м; III – 0,05 м

ослабления их амплитуды в результате поглощения и затухания. В таких условиях обработке ультразвуком подвергаются также и ближние зоны верхних частей сферических поверхностей свеклы со стороны зазора. С уменьшением расстояния между объектами увеличивается экранирующий эффект и уровень активности кавитации в центре ванны снижается.

В опыте с двумя отрезками моркови (рис. 5б) их длина соизмерима с длиной ультразвуковой волны, а в поперечнике диаметр вдвое меньше длины волны, поэтому в меньшей степени на уровни кавитации в центре ванны при изменении зазора между объектами влияют законы отражения акустических волн, а в большей – процессы дифракции и интерференции. При этом если в опытах со свеклой максимальные уровни кавитации в центре ванны наблюдали в диапазоне $h=0,04\dots 0,06$ м, то в опытах с морковью, имеющей меньший диаметр в поперечнике, в пределах $h=0,02\dots 0,04$ м.

Заключение

Полученные результаты экспериментальных исследований показывают, что наличие одного или нескольких корнеплодов в ванне рассматривается как сложное препятствие для распространения акустических волн при одностороннем расположении излучателей. Форма и размеры корнеплодов, их взаимное расположение, расстояние до излучателей существенно определяют конфигурацию и интенсивность акустического поля в ультразвуковой ванне с водой.

Поскольку интенсификация процессов очистки и мойки определяется, главным образом, кавитационными процессами в жидкости, то для достижения требуемого уровня активности кавитации на поверхности обрабатываемого объекта требуется создание определенных условий. Важную роль играет соотношение между длиной волны λ и характерным для условий ее распространения размером излучателя.

Для цилиндрического излучателя при $d \gg \lambda$ распространение колебаний вблизи препятствий происходит, главным образом, по законам геометрической акустики. В связи с отражением ультразвука от препятствий и его волновой природой может происхо-

дить сложение или вычитание амплитуд ультразвуковых давлений одинаковых частот, пришедших в данную точку пространства.

В проектируемой установке для увеличения скорости очистки и удаления загрязнений наиболее эффективным является фронтальное расположение корнеплодов по отношению к ультразвуковым излучателям.

Основные преимущества ультразвуковой очистки и мойки корнеплодов: бережная не повреждающая оболочку очистка без использования специальных моющих средств; удаление всех видов загрязнений, в том числе в полостях, углублениях с одновременным обеззараживанием; сокращение времени обработки без ущерба качеству; доступное по цене оборудование.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Толочко, Н.К. Кавитационные моечно-очистные технологии и их применение в сельском хозяйстве / Н.К. Толочко, А.Н. Челединов. – Минск: БГАТУ, 2018. – 284 с.
2. Толочко, Н.К. Ультразвуковая очистка поверхности яблок от микробных загрязнений / Н.К. Толочко, В.С. Корко, А.Н. Челединов, З.Е. Егорова // Агропанорама. – 2015. – № 5. – С. 27-29.
3. Толочко, Н.К. Факторы неравномерной очистки деталей машин в ультразвуковых ваннах / Н.К. Толочко, В.С. Корко, А.Н. Челединов, В.Л. Ланин // Вестник машиностроения. – 2017. – № 4. – С. 82-85.
4. Ультразвуковые multifunctionальные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности / В.Н. Хмелев [и др.]. – Барнаул: АлтГТУ, 2007. – 416 с.
5. Основы растениеводства: учеб. пособие / И.П. Козловская [и др.]; под ред. И.П. Козловской. – Минск: Беларусь, 2010. – 328 с.
6. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. Теория поля / Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц. – 7-е изд., испр. – М.: Наука, 1988. – Т. 2. – 512 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 15.12.2020

“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 один 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 1-е полугодие 2021 года: для индивидуальных подписчиков - 31,95 руб., ведомственная подписка - 33,51 руб.

УДК 620.92

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ АГРОГОРОДКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОГАЗОВЫХ КОМПЛЕКСОВ

В.А. Коротинский,

зав. каф. энергетики БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

В.Ф. Клинцева,

ст. преподаватель каф. энергетики БГАТУ

В статье приведены исследования разработанной системы энергообеспечения агрогородков в Республике Беларусь, основанной на использовании биогазовых комплексов. Даны рекомендации по ее эффективному функционированию.

Ключевые слова: биогазовые комплексы, система энергообеспечения, надежность энергоснабжения, эффективное использование.

The study of the system of energy supply to agricultural towns in the Republic of Belarus based on the use of biogas complexes is presented in the article. Recommendations for its effective functioning have been developed.

Keywords: biogas complexes, power supply system, reliability of power supply, efficient use.

Введение

В сельском хозяйстве Республики Беларусь сегодня эксплуатируются более двадцати биогазовых комплексов, связанных с переработкой отходов сельскохозяйственного производства и получением электрической энергии. Энергетическую основу таких комплексов составляют когенерационные установки.

Современные технологии когенерации обеспечивают выработку электроэнергии на тепловом потреблении в 2,5-6 раз выше, чем паротурбинные. Увеличенная в разы выработка электроэнергии неотвратимо сопровождается таким же ростом чистого дохода, экономией топлива, снижением энергоемкости и себестоимости продукции.

Что касается сроков строительства когенерационных объектов, то они в 4-6 раз меньше, чем на объектах электроэнергетики. Это связано с высокой заводской готовностью когенерационных установок, малой массой и габаритами, небольшим объемом строительно-монтажных работ [1].

Кроме того, срок окупаемости когенерационных установок лежит в диапазоне от одного года до трех лет. И только для односменных предприятий он доходит до 4-5 лет.

Целью работы является исследование эффективности функционирования разработанной инновационной системы энергообеспечения агрогородков в Республике Беларусь на основе использования биогазовых комплексов.

Основная часть

На основании системного анализа существующих схем энергоснабжения поселка и центральной

усадьбы СПК «Агрокомбинат «Снов»» в Белорусском государственном аграрном техническом университете на кафедре энергетики разработана инновационная система энергообеспечения агрогородков в Республике Беларусь (рис. 1). Система перспективного энергоснабжения агрогородка выполнена на базе когенерационной установки, работающей на биогазе.

Для повышения качества биогаза применяется процесс его обогащения, при котором используют различные методы:

- короткоциклового безнагревной адсорбции (при таком способе доля метана в обогащенном биогазе может достигать до 97 %);

- промывки водой под давлением (это позволяет получить долю метана до 98 %, но с потерей его, составляющей около 1 % от общего количества);

- химической или аминовой промывки (степень очистки составляет 99 % при потере метана менее 0,1 %);

- физический метод промывки (степень обогащения метана в этом случае достигает до 96 %, а потери могут составлять до 1 %).

В стадию подготовки биогаза для подачи в сеть природного газа входит также очищение от кислорода и удаление серы.

Для расчета когенерационной установки необходимо разработать основные требования для основных потребителей энергии агрогородка:

- согласно источнику [2], удельная расчетная электрическая нагрузка всех электрических приемников квартир и коттеджей, отнесенных к I степени по уровню электрификации, составляет $\Theta_{\text{год}} = 5 \text{ кВт}$;

- количество домов агрогородка принимаем: $n = 30$ домов;

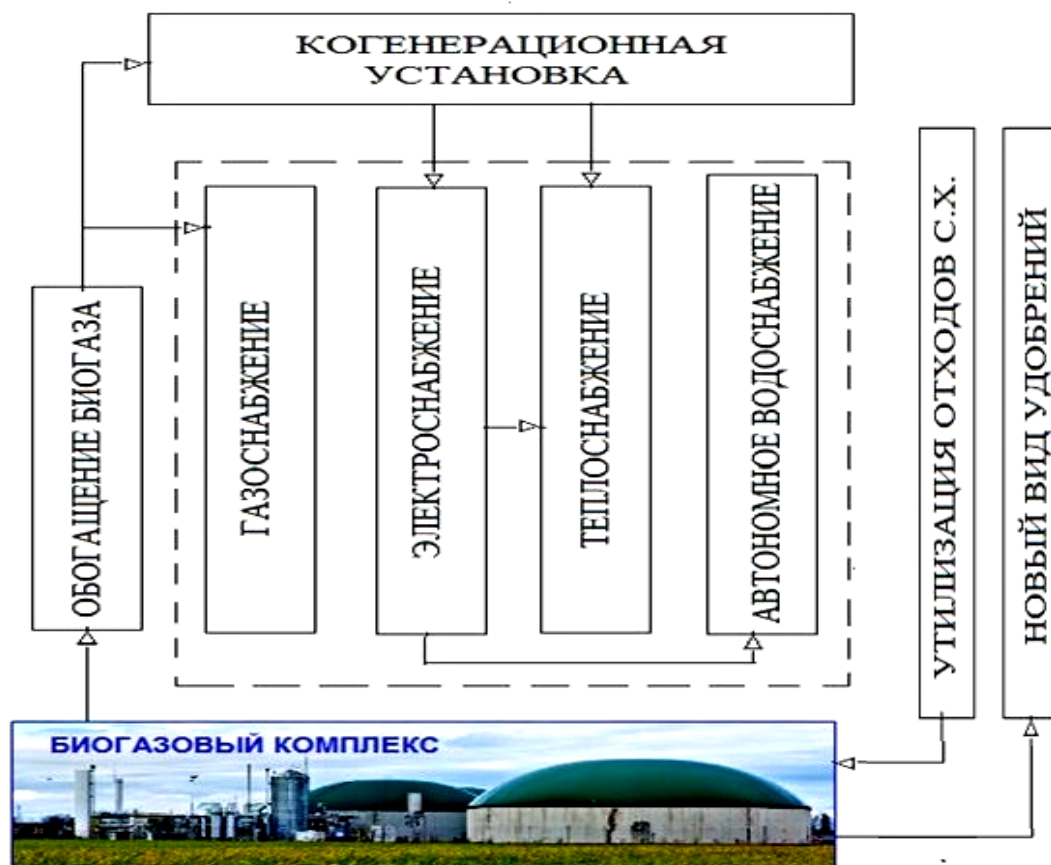


Рисунок 1. Перспективная схема энергоснабжения агрогорода

– объем дома: $V = 900 \text{ м}^3$ (проекты зданий на две семьи).

Выбор типа и мощности когенерационной установки осуществляется на основе проведенного обследования объекта энергоснабжения с целью определения его тепловой нагрузки в горячей воде, а также объема потребления электрической энергии. Для ряда помещений производственного и офисного типа с целью увеличения эффективности использования электрической установленной мощности определяется также потребность в холоде для кондиционирования с использованием абсорбционных холодильных машин.

Выбор устанавливаемой мощности следует производить исходя из тепловой нагрузки, учитывая, что наибольший эффект по экономии ТЭР, получается при работе на тепловом потреблении.

Для дальнейшего исследования необходимо определить максимальную, минимальную и среднечасовую нагрузки когенерационной установки. Обработка данных исследований осуществлялась согласно методическим указаниям [4]. Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Когенерационную установку выбирали (табл. 2) по расчетной тепловой мощности 353,1 кВт (табл. 1).

Стоимость выбранной когенерационной установки определяется по данным предприятия изготовителя аналога, принятого для расчета. В последующем уточняется по результатам тендерных торгов на поставку оборудования.

Стоимость электрических устройств составляет ориентировочно 10-15 % от стоимости когенерационной установки. Стоимость механической части (подвод сетевой воды, трубопроводы технической воды и т.д.) – 15-20 % от стоимости когенерационной установки.

Стоимость строительно-монтажных работ в зависимости от расположения когенерационной установки составляет:

- в уже существующем здании – 15-20 % от стоимости оборудования;
- в отдельно стоящем строении – 20-30 % от стоимости оборудования;
- проектно-изыскательных работ – 5-10 % от стоимости строительно-монтажных работ;
- пуско-наладочных работ – 2-5 % от стоимости оборудования.

По результатам исследований и проведенным расчетам когенерационной установки разработаны рекомендации по эффективной эксплуатации пред-

Таблица 1. Результаты технико-экономического обоснования внедрения когенерационной установки системы теплоснабжения агрогородков

Показатель	Размерность	Значение
Годовое потребление тепловой энергии, отопление	Гкал	1309,5
Годовое потребление тепловой энергии, ГВС	Гкал	678,9
Суммарное годовое потребление энергии	Гкал	1988,4
Среднегодовая тепловая нагрузка	Гкал/ч	0,42
Расчетная тепловая мощность	кВт	353,1
Тепловая мощность установки (по табл.2)	кВт	395
Число часов использования установленной мощности	ч	5572
Удельный расход топлива на производство тепловой энергии	г у.т./кВт·ч	290,0
Удельный расход топлива на производство электрической энергии	г у.т./кВт·ч	287,4
Часовой расход условного топлива	кг у.т./ч	113,6
Расход топлива на отпуск тепловой энергии	кг у.т./ч	56,4
Расход топлива на отпуск электрической энергии	кг у.т./ч	57,2
Удельный расход топлива на отпуск тепловой энергии	г у.т./кВт·ч	143,0
Число часов использования установленной мощности при производстве электрической энергии	ч	3343
Выработка электрической энергии за год	кВт·ч	1337200
Количество отпущенной электрической энергии	кВт·ч	668600
Необходимое количество электроэнергии, отпущенной с шин электростанций ГПО «Белэнерго», с учетом потерь в электрических сетях на ее транспортировку до вводов токоприемников предприятия	кВт·ч	724428
Экономии топлива при применении выбранной когенерационной установки	т у.т.	6236,0
Стоимость оборудования	тыс. руб	10 000,0
Общие капиталовложения	тыс. руб	11 875,0
Стоимость 1 т у.т.	руб	559
Стоимость доллара США (прогноз на 2020 г.)	руб	2,60
Простой срок окупаемости мероприятия	лет	3,4

ложенной схемы энергообеспечения сельских населенных пунктов (агрогородков).

Для этого необходимо выполнить требования и специальные условия для каждого объекта системы энергообеспечения.

Таблица 2. Когенерационные установки TEDOM серия QUANTO

Тип установки	Электрическая мощность, [кВт]	Тепловая мощность, [кВт]	КПД Электрический %	КПД Тепловой %	КПД Общий %	Расход газа м ³ /ч
<i>Серия QUANTO</i>						
Quanto D400	400	425	42,8	45,5	88,2	144
Quanto D400 KON*	400	395	42,8	42,3	85,0	144

*Обозначение KON – исполнение в контейнере

1. Биогазовый комплекс:

– провести энергетическое обследование сельхозпредприятия, оценив сырьевую базу и затраты на логистику, на территории которого будет установлен биогазовый комплекс;

– осуществить бесперебойную доставку отходов сельскохозяйственного производства и субстрата согласно технологическому регламенту;

– обеспечить плановую подачу обогащенного газа в локальную магистральную сеть (до агрогородка);

– организовать выполнение графика проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования биогазового комплекса.

2. Газовая магистральная сеть (биогазовый комплекс – агрогородок):

– обеспечить бесперебойную подачу газа согласно плановому технологическому регламенту.

3. Газораспределительный пункт (ГРП) агрогородка:

– обеспечить размещение шкафных ГРП в центре нагрузок;

– соблюдать требования по надежности газоснабжения [3].

4. Распределительные газовые сети агрогородка (газоснабжение):

– обеспечить безопасный режим газоснабжения в соответствии с техническими нормативными правовыми актами [3].

5. Когенерационная установка агрогородка:

– необходимо иметь компактное блочное стандартное исполнение установки;

– система оборудования и управления установкой должна иметь высокую эксплуатационную надежность.

6. Электроснабжение всех объектов коммунальной и социальной сферы агрогородка:

– требования по надежности потребителей (3 категория) должны соответствовать нормативной документации и указаниям ПУЭ.

7. Водоснабжение:

– обеспечить автономное водоснабжение, предусмотрев в каждом доме скважинный насос.

8. Теплоснабжение:

– осуществить централизованное подключение системы теплоснабжения от когенерационной установки для коммунальных объектов и, желательно, для индивидуальных домов;

– предусмотреть установку в каждом доме типового теплового узла;

– осуществить при необходимости в домах построение системы отопления и ГВС с использованием электрической энергии [5].

Заключение

1. Техно-экономические расчеты показывают, что при использовании биогазовых комплексов с расположением когенерационной установки на территории агрогородка или рядом с ним, срок окупаемости составит 3-4 года. Поэтому строительство таких биогазовых комплексов в Республике Беларусь целесообразно и является перспективным направлением развития энергообеспечения АПК.

2. Проведенные исследования совместного эффективного использования различных энергоресурсов и энергетической безопасности агрогородков позволили научно обосновать комплексное использование традиционных централизованных и нетрадиционных местных, а также возобновляемых энергоресурсов и разработать перспективную схему энергообеспечения сельских населенных пунктов (агрогородков). Эта схема преследует выполнение трех основополагающих задач. К ним относятся: утилизация отходов сельскохозяйственного производства (по месту расположения биогазового комплекса, как правило, рядом с источником отходов), получение качественных органических удобрений (там же) и надежное и качественное энергоснабжение потребителей обогащенным газом (может быть на значительном расстоянии от биогазового комплекса, но не более 8-12 км).

3. Когенерационная установка, расположенная в населенном пункте в центре энергетических нагрузок, обеспечивает полное газоснабжение и электроснабжение потребителей качественной и недорогой электрической энергией. Тепловая энергия, вырабатываемая коге-

нерационной установкой, расходуется на нужды теплофикации (отопление и горячее водоснабжение).

4. Избыточное количество получаемой тепловой энергии (теплый период года) необходимо использовать для получения холода для холодильных систем объектов коммунальных служб (магазины). В случае дефицита тепловой энергии для системы локального теплоснабжения (холодный период года), желательно использовать возобновляемые источники энергии в виде солнечных (вакуумных) гелиоколлекторов. Возможно применение и биогаза в местных локальных котельных установках, но это требует дополнительного технико-экономического обоснования.

5. Предложенная перспективная схема энергоснабжения (централизованная подача электрической и тепловой энергии, газа в качестве топлива и тепловой энергии в теплый период года для использования в абсорбционных холодильных машинах и для кондиционеров) дает возможность использовать практически всю энергию, получаемую на когенерационной установке. При этом ее эффективность приближается к 100 %, а страна не тратит лишнюю валюту на импорт газа и получает экономическую выгоду. К тому же такой подход способствует улучшению экологии и сохранению озонового слоя.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Коротинский, В.А. Биоэнергетика: учеб. пособие / В.А. Коротинский, К.Э. Гаркуша. – Минск: БГАТУ, 2011. – 148 с.
2. Системы электрооборудования жилых и общественных зданий. Правила проектирования: ТКП 45-4.04-149-2009. – Введ. 01.01.10 (изменения внесены в 2012). – Минск: Министерство архитектуры и строительства Респ. Беларусь. – 2009. – 17 с.
3. Газораспределение и газопотребление: ТКП 45-4.03-267-2012 (02250). – Введ. 12.01.12. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Респ. Беларусь. – 2012. – 102 с.
4. Методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий (дополнение) / Департамент по энергоэффективности Государственного Комитета по стандартизации Республики Беларусь. – Минск, 2008. – 31 с.
5. Правила технической эксплуатации теплоустановок и тепловых сетей потребителей: ТКП 458-2012(02230). – Введ. 03.01.13. – Минск: Министерство энергетики Респ. Беларусь. – 2013. – 112 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 13.11.2020

МЕТОДИКА РАСЧЕТА КОНЦЕНТРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ С МНОГОУГЛОВЫМИ ЖАЛЮЗИЙНЫМИ ГЕЛИОСТАТАМИ

С.С. Нефедов,

ст. преподаватель каф. практической подготовки студентов БГАТУ

В.И. Епифанов,

ст. преподаватель каф. электроснабжения БГАТУ

К.В. Гаркуша,

ассистент каф. энергетики БГАТУ

В статье рассмотрена методика расчета солнечной энергетической установки с концентраторной системой с многоугловыми жалюзийными гелиостатами. Предложенная методика позволяет оптимизировать параметры, повысить КПД и время работы установки.

Ключевые слова: концентраторная система, солнечный модуль, многоугольный жалюзийный гелиостат, мидель концентратора, жалюзи.

The article discusses a method for calculating a solar power plant with a concentrator system with multi-angle louvered heliostats. The proposed technique allows you to optimize the parameters, increase the efficiency and operation time of the installation.

Keywords: concentrator system, solar module, multi-angle louver heliostat, midsection of the concentrator, louvers.

Введение

Повышение эффективности преобразования солнечной энергии – задача актуальная, как в научном, так и в прикладном плане. При этом различия в подходах к решению данной задачи обуславливают широкий выбор способов ее решения: разработка новых, более эффективных, фотопреобразователей [1], развитие поглощающей поверхности фотоприемника [2], изучение собственных характеристик фотопоглощающих систем [3], поиск решений по размещению и ориентации панелей, конструированию комбинированных фото-гелиоколлекторов [4]. Один из известных [5-9] способов снижения стоимости энергии, вырабатываемой солнечными модулями, – применение отражающих концентрирующих систем для получения оптимального времени работы установки.

Концентраторы солнечного излучения весьма чувствительны к направлению солнечных лучей относительно входной поверхности, поэтому требуют постоянной ориентации на Солнце. При этом применение следящих систем далеко не всегда целесообразно. Непросто менять ориентацию модулей, смонтированных, например, на крыше или установленных на фасадах зданий [8, 9]. Солнечные модули с неследящими концентраторами лишены этих недостатков. Особенностью их конструкции является сравнительно большая угловая апертура, позволяющая работать без постоянного слежения за Солнцем. Тем не менее, солнечные лучи периодически выходят за пределы апертуры и тогда они уже не попадают на приемник излучения, что снижает эффективность использова-

ния неследящего концентратора [9]. Одним из способов увеличения временного интервала эффективной работы солнечного модуля является расположение на входной поверхности концентратора жалюзийного гелиостата [9-11].

Целью данной работы является разработка методики расчета концентраторной системы с многоугловыми жалюзийными гелиостатами для повышения эффективности работы солнечной установки.

Основная часть

Исследуемая установка представляет собой стационарный параболоцилиндрический концентратор, конструкция которого позволяет без изменения положения концентрировать как прямое, так и рассеянное солнечное излучение [8, 9]. Приемниками солнечного излучения в данной установке могут быть фотоэлементы или гелиоколлекторы, а также модули на основе их комбинации.

Для повышения эффективности работы солнечной установки в плоскости входной поверхности стационарного параболоцилиндрического концентратора предлагается установить систему вторичных отражателей, которая представляет собой многоугольный жалюзийный гелиостат с параметрическим углом α . Предполагается, что применение предложенной системы вторичных отражателей позволит повысить выходную мощность установки за счет увеличения эффективной используемой площади концентратора.

Для определения параметров многоугольного жалюзийного гелиостата в известную методику расчета

углового жалюзийного гелиостата [12] внесены дополнения в расчет геометрической конфигурации системы вторичных отражателей, а также в расчет эффективной используемой площади и выходной мощности концентратора, учитывающие применение многоугольного жалюзийного гелиостата.

Многоугольный жалюзийный гелиостат представляет собой систему из нескольких рядов зеркальных пластин, которые расположены под углом α друг к другу (рис. 1).

Оптимальный угол между пластинами гелиостата можно определить из следующего условия:

$$\sigma = \delta - 2 \cdot \gamma + 90^\circ, \quad (1)$$

где σ – угол между осью Восток-Запад и максимальным предельным лучом поля зрения концентратора, град;

δ – угол склонения Солнца, который попадает в параметрический угол зрения β в меридиональной плоскости, град;

γ – угол наклона жалюзи от оси Восток-Запад, град.

Параметрический угол плоскости стационарного единичного концентратора β равен 60° [12]. Падающий часовой луч должен попадать в предельные границы этого угла. Следовательно, предельный угол δ равен 30° .

Из формулы (1) получим угол наклона жалюзийной пластины гелиостата к оси Восток-Запад:

$$\gamma = \frac{(\delta + 90^\circ) - \sigma}{2}. \quad (2)$$

Угол между пластинами гелиостата можно рассчитать по формуле:

$$\alpha = 180^\circ - 2 \cdot \gamma. \quad (3)$$

Подставив формулу (2), получим:

$$\alpha = 90^\circ - \delta + \sigma. \quad (4)$$

Так как предельный угол $\delta = 30^\circ$, оптимальный угол раскрытия между жалюзийными пластинами гелиостата α равен 120° . Такое расположение пластин гелиостата позволяет максимизировать количество солнечных лучей, попадающих в поле зрения концентратора.

Угол наклона жалюзи Θ к плоскости входной поверхности концентратора зависит от географической широты местности φ и может изменяться в пределах от Θ_1 до Θ_2 . Угол Θ_1 соответствует положению гелиостата, когда его плоскость направлена на положение Солнца в день летнего солнцестояния (22 июня). Для географической широты г. Минска формула для расчета угла Θ_1 имеет вид:

$$\Theta_1 = 115,8^\circ - \varphi \quad (5)$$

Угол Θ_2 соответствует положению гелиостата, когда его плоскость направлена на положение Солнца в день зимнего солнцестояния (22 декабря):

$$\Theta_2 = 68,3^\circ - \varphi + \delta \quad (6)$$

Угол наклона жалюзи Θ_1 в день летнего солнцестояния определяется исходя из полуденной высоты Солнца, что позволяет уменьшить влияние жалюзи на работу параболоцилиндрического концентратора. Так как высотный угол эффективной работы модуля в зависимости от географической широты изменяется в пределах диапазона $\Delta\varphi$, то предельная ширина затенения жалюзи $B_{\text{зат}}$ будет равна, м:

$$B_{\text{зат}} = \text{tg} \Delta\varphi \cdot l, \quad (7)$$

где l – высота жалюзи, м.

При оптимальной геометрической конструкции многоугольных жалюзи гелиостата величина ширины

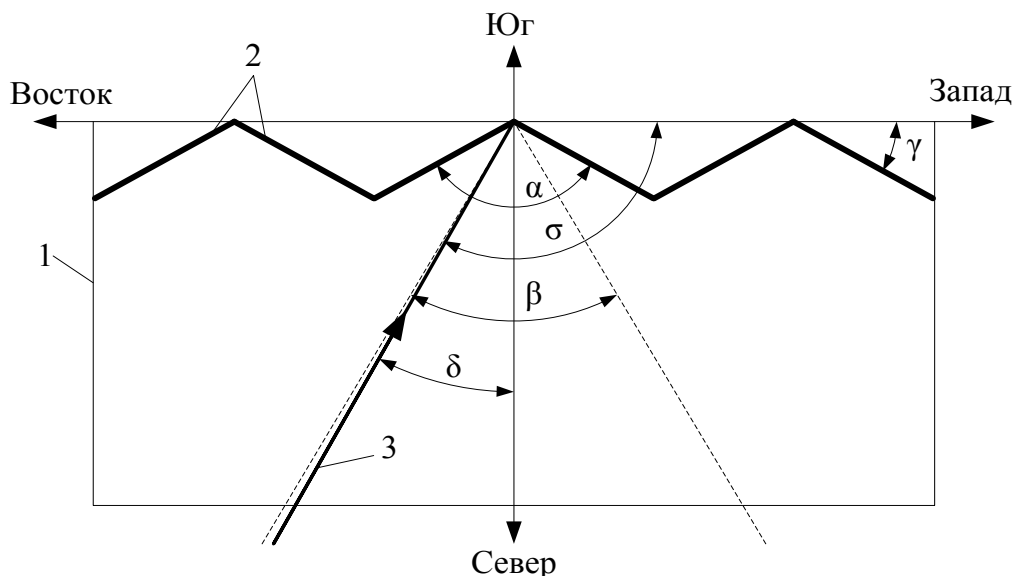


Рисунок 1. Схема многоугольного жалюзийного гелиостата: 1 – входная поверхность параболоцилиндрического концентратора; 2 – пластины многоугольных гелиостатов; 3 – падающий солнечный луч

затенения достаточно мала, причем большая часть излучения попадает на эффективную поверхность концентратора. Поэтому величиной потерь от затенения можно пренебречь.

Расстояние между пластинами многоугольного жалюзийного гелиостата a , м:

$$a = b(\sin 45^\circ - \lambda_{\min}), \quad (8)$$

где b – высота крыла пластины жалюзи гелиостата (рис. 2), м;

$\lambda_{\min}$ – минимальный угол высоты Солнца в день

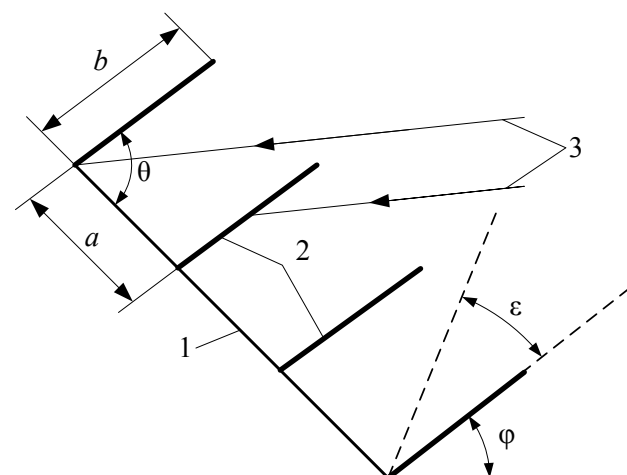


Рисунок 2. Схема прохождения минимального высотного солнечного луча: 1 – плоскость входной поверхности гелиостата; 2 – пластины многоугольных гелиостатов; 3 – падающие солнечные лучи

зимнего солнцестояния, град.

При уменьшении часового угла β увеличивается высотный угол ε . При этом не происходит затенения падающих солнечных лучей. Это связано с тем, что концентратор установлен под углом φ к поверхности земли и система жалюзи гелиостата образует геометрическую конструкцию в форме террасы.

При определении эффективно используемой площади концентратора с системой многоугольных жалюзийных гелиостатов необходимо рассмотреть изменение часового угла β в течение суток. В полдень, когда часовой угол $\beta = 0^\circ$, солнечные лучи проходят параллельно жалюзи гелиостата, так как они изначально настраиваются на положение Солнца в это время. Следовательно, приемник концентратора будет освещен на 100 %. Когда часовой угол β изменяется от 5 до 30° , приемник освещается не только от солнечных лучей, отраженных от зеркальной поверхности концентратора, но и от многоугольных жалюзийных гелиостатов, что обеспечивает попадание дополнительной солнечной инсоляции на приемник. Так как угол $\gamma = 30^\circ$, то при часовом угле $\beta = 30^\circ$ приемник концентратора будет освещен полностью. Это связано с тем, что одна половина концентратора работает в обычном режиме, а вторая половина будет отражать солнечные лучи от угловой жалюзи.

При максимальном угле $\beta = 60^\circ$ солнечные лучи падают на гелиостат параллельно одному крылу жалюзи. При этом отраженные солнечные лучи попадают в поле зрения концентратора (рис. 3).

Следовательно, при часовых углах до 60° угловые жалюзи обеспечивают дополнительную отражающую поверхность. Часовой угол β , равный $60-90^\circ$, не попадает в поле зрения концентратора.

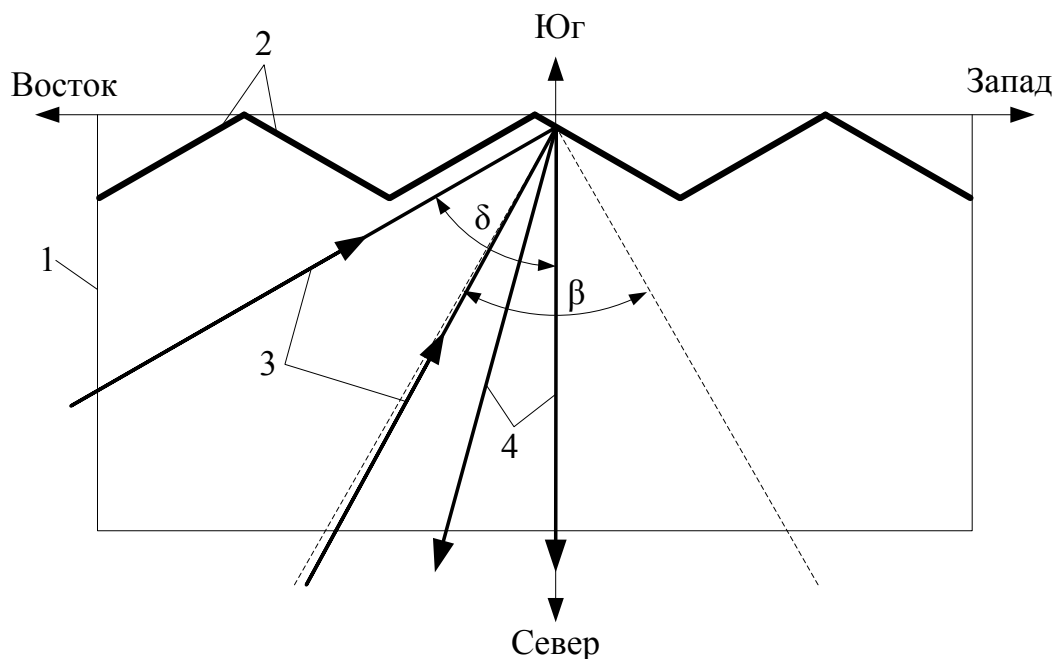


Рисунок 3. Проекция падения и отражения солнечных лучей на входную поверхность концентратора по азимуту: 1 – входная поверхность параболоцилиндрического концентратора; 2 – пластины многоугольного гелиостата; 3 – падающие солнечные лучи; 4 – отраженные солнечные лучи

С учетом того, что часовой угол β от 30° до 60° для стационарного концентратора являлся «мертвой» зоной, можно сделать вывод о том, что применение представленной конфигурации многоугловых жалюзи гелиостата обеспечивает дополнительную отражающую поверхность и позволяет увеличить поле зрения концентратора.

При увеличении поля зрения концентратора увеличивается диапазон рабочих углов по высоте до $14-19^\circ$ при использовании системы многоугловых жалюзийных гелиостатов. Если принять, что минимальный апертурный угол для географической широты г. Минска равен 23° , то все высотные углы Солнца в пределах часового угла $\beta \pm 60^\circ$ будут попадать на приемник концентратора.

Эффективную площадь концентратора S_z можно рассчитать по следующей формуле, м^2 :

$$S_z = n \cdot \left(L(D - L \cdot \operatorname{tg} \beta) + \frac{L^2 \cdot \operatorname{tg} \beta}{2} \right), \quad (9)$$

где n – количество рядов угловых жалюзи;

L – длина концентратора, м;

D – ширина ряда угловых жалюзи, м.

Эффективно используемая площадь концентратора $S_{\text{исп}}$ с многоугловыми жалюзийными гелиостатами после преобразований примет вид, м^2 :

$$S_{\text{исп}} = n \cdot L \cdot \left(D + \frac{3 \cdot L \cdot \operatorname{tg}(\beta - 30)}{2} \right) \quad (10)$$

Сравнивая формулу (10) с аналогичными формулами для концентраторов с известными системами вторичных отражателей или без них [8; 9; 12], можно сделать вывод о том, что применение многоугловых жалюзийных гелиостатов позволяет повысить эффективно используемую площадь концентратора.

Выходная мощность $P_{\text{вых}}$ стационарного параболического концентратора с многоугловыми жалюзийными гелиостатами, Вт:

$$P_{\text{вых}} = k \cdot H_e \cdot S_z \quad (11)$$

где k – коэффициент отражения зеркал стационарного параболического концентратора;

H_e – плотность прямой солнечной радиации, Вт/м^2

С учетом формулы (10), можно показать, что выходная мощность стационарной установки с параболическим концентратором и с многоугловыми жалюзийными гелиостатами, будет выше, чем для систем без вторичных отражателей на величину, Вт:

$$P_{\text{вых}} = \frac{3}{2} k \cdot H_e \cdot n \cdot L^2 \cdot \operatorname{tg}(\beta - 30) \quad (12)$$

Данное выражение позволяет оценить увеличение генерируемой мощности при применении многоугловых жалюзийных гелиостатов, а также оценить эффективность такого решения в сравнении с известными системами отражателей и без них.

Заключение

Разработана методика расчета для стационарной солнечной установки с параболическим кон-

центратором и многоугловыми жалюзийными гелиостатами. Предложенная методика позволяет определить оптимальную геометрическую конфигурацию системы вторичных отражателей солнечной установки с учетом ее расположения на широте г. Минска, а также рассчитать эффективно используемую площадь и выходную мощность концентратора с учетом применения многоуглового жалюзийного гелиостата. Показана возможность повышения эффективности установки за счет увеличения эффективно используемой площади и выходной мощности концентратора.

Применение многоугловых жалюзийных гелиостатов позволяет повысить количество солнечной инсоляции, попадающей на приемник концентратора, что увеличивает эффективно используемую площадь концентратора. Кроме того, стационарный параболический концентратор с использованием системы многоугловых жалюзийных гелиостатов позволяет увеличить время эффективной работы стационарного концентратора до 6 часов, повысить удельную генерируемую мощность по сравнению с установками с известными системами вторичных отражателей и без них, что делает эффективность фотопреобразования таких систем сопоставимой с системами, отслеживающими траекторию Солнца. Однако такая система более выгодна, за счет отсутствия потерь на системы ориентации, и более простой установки в целом. Предложенная система может найти широкое применение в энергоснабжении сельскохозяйственных потребителей Республики Беларусь.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Influence of the Substrate Type on the Surface Morphology of Thin $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$ Films. / S.M. Baraishuk [et al] // Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques. – 2018. – Vol. 12. – №. 6. – P. 1077–1081.
2. Брагинцев, А.В. Совершенствование энергосберегающей гелиоэлектрической системы горячего водоснабжения животноводческих объектов: дис. канд. техн. наук: 05.20.02 / А.В. Брагинцев. – Зерноград, 2017. – 203 с.
3. Изучение зависимости электротехнических характеристик полупроводниковых компонентов от освещенности в лабораторном практикуме технического ВУЗа / С.С. Нефедов [и др.] // Весці Беларус. дзярж. пед. ун-та. – Сер. 3. Фізіка. Матэматыка. Інфарматыка. – 2019. – № 4 (102). – С. 46-52.
4. Kuvshynov, V. Combined photo-helio-collector with flat concentrators / V. Kuvshynov, V. Safonov // Collected of scientific articles of the Sevastopol National University of nuclear energy and the industry. – 2009. – № 2. – P. 124-129.
5. Стребков, Д.С. Концентраторы солнечного излучения / Д.С. Стребков, Э.В. Тверьянович. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2007. – 315 с.

6. Русан, В.И. Энергетика и экологическая безопасность / В.И. Русан, Ю.С. Почанин, В.П. Нистюк. – Минск: Энергопресс, 2016. – 438 с.

7. Солнечные электростанции: концентраторы солнечного излучения: учеб. пособие для вузов / Д.С. Стребков, Э.В. Тверьянович; под ред. Д.С. Стребкова. – 2-е изд., испр. – М.: Юрайт, 2019. – 265 с.

8. Кивалов, С.Н. Применение концентрирующих систем для фотоэлектрического преобразования солнечного излучения / С.Н. Кивалов, Р.А. Захидов // Гелиотехника. – 2001. – № 3. – С. 66-78.

9. Стребков, Д.С. Солнечные концентраторные технологии для энергообеспечения зданий / Д.С. Стребков [и др.] // Гелиотехника. – 2002. – № 3. – С. 64-68.

10. Бавин, М.Р. Исследование работы преломляющей фотоэлектрической установки / М.Р. Бавин, В.И. Виссарионов // Повышение надежности и эффективности эксплуатации электрических станций и энергетических систем: сборник материалов II Все-

российской научно- практической конф. – М.: МЭИ, 2012. – С. 126-128.

11. Teplyakov, D.I. Linear jalousie heliostats solar powers: cosine effects and between jalousie heliostats effects / D.I. Teplyakov, E.V. Tver'yanovich // Solar technology. – 1993. – № 4. – Р. 54-58.

12. Базарова, Е.Г. Повышение эффективности использования солнечной энергии в энергетических установках с концентраторами: дис. канд. техн. наук: 05.14.08 / Е.Г. Базарова. – М., 2008. – 142 с.

13. Мирончук, В.И. Повышение коэффициента полезного действия солнечных энергетических установок за счет локализации солнечной энергии / В.И. Мирончук, А.А. Вельченко // Энергетика. Известия высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. – 2021. – Т. 64. – № 1. – С. 15-26.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 12.02.2021

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

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

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



Основные технические данные

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

УДК 631.3

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АГРЕГАТОВ ВТОРИЧНОГО РЫНКА В МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СТЕНДАХ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА РЕМОНТА АГРЕГАТОВ ТРАНСМИССИИ И ГИДРОПРИВОДА

Н.А. Петрищев,

ведущ. науч. сотр. ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (г. Москва), канд. техн. наук

И.М. Макаркин,

ст. науч. сотр. ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (г. Москва)

В.С. Герасимов,

ведущ. специалист ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (г. Москва)

А.О. Капусткин,

ведущ. специалист ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (г. Москва)

А.С. Саяпин,

ст. науч. сотр. ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (г. Москва)

Д.А. Жданко,

декан факультета технического сервиса в АПК БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

В статье отражено обоснование необходимости функционирования вторичного рынка машиностроительной продукции в агропромышленном комплексе. Представлены рекомендации по возможному использованию узлов и агрегатов вторичного рынка в качестве автономного привода для многофункциональных контрольно-диагностических стендов, что позволит повысить уровень качества ремонта агрегатов трансмиссии и гидропривода.

Ключевые слова: стенд, вторичные запасные части, трансмиссия, гидропривод, обкатка, контроль качества ремонта.

The substantiation of the need for the functioning of the secondary market of engineering products in the agro-industrial complex is reflected in the article. Recommendations are presented in more detail on the possible use of components and assemblies of the secondary market as an autonomous drive for multifunctional control and diagnostic stands, which will improve the quality level of repair of transmission and hydraulic drive units.

Keywords: stand, secondary spare parts, transmission, hydraulic drive, running-in, quality control of repair.

Введение

Мировая практика показывает, что вторичный рынок сельскохозяйственной техники и ремонтно-технологического оборудования, наряду с рынком новой техники, является эффективным способом решения ключевых вопросов материально-технического обеспечения сельского хозяйства. Рынок поддержанной техники позволяет улучшить техническую оснащенность сельскохозяйственных товаропроизводителей, и прежде всего, низкорентабельных и убыточных предприятий, которые не имеют финансовых возможностей покупать новую технику или приобретать ее на условиях лизинга. Также серьезным потребителем продукции вторичного рынка могут являться ремонтно-технологические предприятия инженерного блока АПК, которые крайне низко обеспечены современным

инновационным оборудованием для проведения ремонтно-сервисных работ. Агрохолдинги и рентабельные хозяйства могут оперативно выставлять на вторичный рынок поддержанную работоспособную технику, заменяя ее новой, отвечающей современным технологиям сельскохозяйственного производства.

В экономике развитых стран машинный парк отраслевого производства продукции формируется за счет двух рынков техники – новых машин и машин вторичного использования. По количеству единиц оборота они примерно равны. В России для большинства машинных секторов, и прежде всего, для сельского хозяйства, такая закономерность пока не характерна, т.к. развитого рынка вторичной техники, кроме автомобильного, к сожалению, не сформировано. В авторитетные поддержанные машины и оборудования реализуются на 15-20 % больше, чем новых. Однако этот

опыт на отечественную продукцию сельскохозяйственного машиностроения распространяется слабо.

Опыт использования вторичного рынка техники в развитых зарубежных странах подтверждает экономическую выгодность неоднократного изменения владельца в процессе жизненного цикла машин.

Необходимость формирования рынка вторичной техники во многом носит укрупненный характер, но с учетом доказанных его преимуществ, положительным зарубежным и отечественным опытом автомобильного рынка, можно сделать вывод о целесообразности и высокой эффективности рынка вторичных машин и ремонтно-технологического оборудования в машинно-технологической системе сельского хозяйства. Участие государства в этом процессе во многом ускорит развитие и укрепление механизма вторичного рынка АПК.

Исследованиями по использованию вторичного рынка техники занимались многие известные ученые: А.В. Алферьев, А.А. Боев, Д.С. Буклагин, В.И. Драгайцев, Ю.А. Конкин, Л.Ф. Кормаков, Л.С. Орсик, А.В. Федотов, М.А. Халфин, В.И. Черноиванов, А.В. Шпилько, В.С. Герасимов, А.С. Сайганов, В.П. Миклуш и др.

Цель работы – разработка рекомендаций по использованию агрегатов вторичного рынка запасных частей в многофункциональных стендах для контроля качества ремонта агрегатов трансмиссии и гидропривода.

Основная часть

Существующий уклад сервисных центров по ремонту сельскохозяйственной техники определяется действующими регламентными требованиями на капитальный ремонт. Однако многие сервисные центры испытывают значительные трудности, которые обуславливаются необходимостью применения широкой номенклатуры узкоспециализированного технологического оборудования. Предприятия недополучают прибыль в значительной степени из-за отсутствия современного контрольно-диагностического оборудования или существующие энергосети требуют модернизации с учетом новой подключаемой нагрузки, что в свою очередь, значительно повышает себестоимость выполняемых работ и снижает привлекательность получения услуги для потенциального клиента.

Значительное количество опубликованных научных работ по использованию относительно доступного источника восполняемого ремонтного фонда позволяет сделать вывод об актуальности данного вопроса, в первую очередь для АПК [1-3]. Причиной этого является относительно низкая платежеспособность конечного потребителя и большое количество используемых марок тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин, находящихся за амортизационными сроками эксплуатации.

Как известно, жизненный цикл морально и физически изношенной энергонасыщенной техники сельскохозяйственного, дорожно-строительного и комму-

нального назначения заканчивается утилизацией. Часто при этом ресурсопределяющие узлы и агрегаты техники (дизельные двигатели, гидростатические трансмиссии, агрегаты гидропривода и ходовой части) имеют высокий остаточный ресурс и могут быть использованы далее. Так, при дефектации списанных тракторов только 20-25 % деталей подлежат выбраковке, 40-45 % пригодны для дальнейшего использования и 30-40 % – для восстановления. Похожая картина наблюдается при дефектации списанных комбайнов, автомобилей и другой сложной техники [4].

Необходимо отметить, что сервисные и ремонтные службы эксплуатирующих и обслуживающих технику организаций, во многом оснащены устаревшим, малоэффективным, узкоспециализированным стендовым оборудованием из бывших специализированных предприятий (ремонтно-технические (РТП) и др. специализированные предприятия инженерного блока АПК). Они не всегда могут полностью удовлетворить потребности в соответствии с техническими требованиями завода-производителя, особенно для проведения программ контроля качества ремонта мощных и современных агрегатов. Это в совокупности снижает достоверность полученных диагностических параметров и может привести к рискам ошибок при определении технической готовности отремонтированной техники, в частности агрегатов трансмиссии и ходовой части, гидропривода [5, 6].

При анализе возможного и перспективного развития сервисных центров и ремонтных служб, одним из сдерживающих факторов является дефицит свободных энергетических мощностей, особенно в удаленных районах.

Потребность на период становления современной инфраструктуры сервисных предприятий предполагает использовать в качестве комплектующих узлы и агрегаты вторичного ремонтного фонда и использовать дизель-гидравлический привод для многофункционального стенда в качестве реальной альтернативы эклектическому, прежде всего из-за относительно низкого коэффициента использования рабочего времени (менее 0,2) и автономности работы.

Необходимость использования многофункционального стенда блочно-модульной компоновки очевидна, так как он имеет возможность повысить уровень загрузки оборудования в зависимости от текущей потребности предприятия.

По данному принципу сейчас работает большинство дорожно-комбинированных машин в коммунальном хозяйстве. На сервисных и ремонтных предприятиях зарубежных компаний используются многофункциональные стенды производства компании AIDCO (США) [7].

За рубежом, в условиях низкой энергообеспеченности ремонтных предприятий, активно используются испытательные стенды с автономным приводом от ДВС. На рисунке 1 представлен стенд, используемый в компании CONIMAR HIDRAULICA

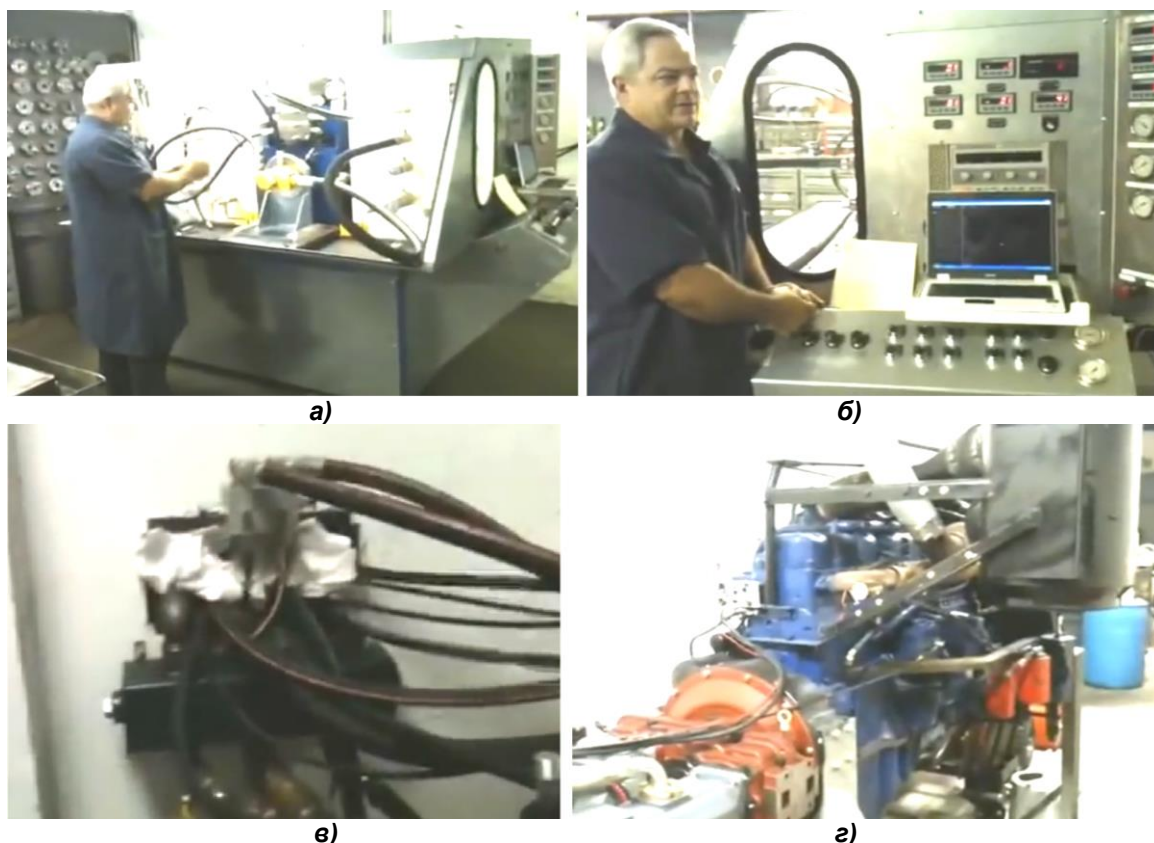


Рисунок 1. Стенд с приводом от ДВС для контроля качества ремонта гидроагрегатов: а – общий вид; б – панель управления; в – гидромотор ГСТ стенда; г – приводной ДВС с гидронасосом ГСТ

NEUMATICA S.L. (Испания) [8]. Данный стенд используется для проверки агрегатов гидропривода и состоит из двух блоков: приводного, расположенного за звукоизолирующей перегородкой, и испытательного, оснащенного контрольно-измерительными приборами (КИП) с системами управления и отображения информации.

Необходимо также отметить, что и отечественная компания Avir Group (г. Дмитров, Россия) [9], специализирующаяся по ремонту автоматических и механических трансмиссий, для тестирования качества проведенных работ использует стенд с приводом от ДВС, который имитирует разные режимы работы испытуемого агрегата (рис. 2).



Рисунок 2. Стенд для тестирования и контроля качества ремонта АКПП: 1 – ДВС; 2 – тестируемая АКПП; 3 – нагрузочный блок

При анализе техники, для использования вышеизложенных характеристик были приняты следующие варианты «доноров», используемых строительной отраслью и АПК, которыми могут быть списанные и отремонтированные узлы:

- автобетоносмесители (АБС) с ДВС и гидростатической трансмиссией для привода рабочих органов [10];
- самоходная техника с гидростатической трансмиссией для привода ведущих колес.

При дальнейшей реализации проекта в качестве комплектующих могут использоваться комплектные и исправные узлы и агрегаты, имеющие следующие характеристики:

- ДВС с мощностью на приводном валу от 22 до 150 кВт;
- агрегаты гидростатической трансмиссии (ГСТ) имеют возможность регулирования направления и частоты вращения приводного вала от 0...3000 об/мин.

В качестве отечественных прототипов для последующей реализации проекта выбраны выпускаемые в ФГБНУ ФНАЦ ВИМ стенды для контроля качества ремонта гидроагрегатов КИ-28097 и коробок перемены передач трактора К-744 КИ-28340, которые оснащены электроприводом мощностью 30...55 кВт [11].

Так, например, электродвигатели стендов КИ-28097 имеют недостаточную мощность (22 и 45 кВт), а гидромашины с рабочим объемом более 90 см³ потребляют мощность не менее 70 кВт, также отсутствует возможность проверки регуляторов насоса. Невозможность регулирования частоты вращения приводного двигателя не позволяет использовать на данном стенде методику проверки заводов-изготовителей и, соответственно, не имеет возможности проверки всех технических характеристик (табл. 1).

Крутящий (тормозной) момент, развиваемый испытуемым гидромотором, с учетом параметров гидравлического нагружающего устройства, определяется исходя из следующего выражения:

$$M_{кр} = \frac{500 Q_{наг} \Delta p_{наг}}{\pi n_{наг} \eta_{об.наг} \eta_{гм.наг}}, \quad (1)$$

где $Q_{наг}$ – подача реверсивного насос-мотора, л/мин;

$\Delta p_{наг} = (P_{2 наг} - P_{1 наг})$ – перепад давлений в гидрولىниях реверсивного насос-мотора, МПа;

$n_{наг}$ – частота вращения вала реверсивного насос-мотора, об/мин;

$\eta_{об.наг}$ и $\eta_{гм.наг}$ – объемный и гидромеханический КПД реверсивного насос-мотора.

Анализируя таблицу 1 и выражение (1), можно сделать вывод, что для проверки ГСТ-112 по методике заводов-изготовителей требуется мощность свыше 100 кВт.

Проведенный анализ стоимости для проекта комплектующих привода показал, что отремонтированные узлы и агрегаты для использования стенда имеют стоимость ниже на 20...50 % по отношению к новым, а списанные имеют остаточную цену металлолома [12].

В рамках проекта НИР и НИОКР предполагается разработать:

- типоразмерный ряд стендов с автономным приводом от ДВС мощностью 22; 45; 65; 110 кВт;
- стенды стационарного и мобильного (контейнерного) исполнения;
- стенды для промышленного и учебного использования.

Следует учесть, что автономные ДВС для АБС имеют разную комплектацию по наличию или отсутствию пневмокомпрессора, шестеренного насоса и сцепления, а при выборе ГСТ – по способу управления и наличию дополнительных насосов (тандем), рабочему давлению.

Ожидаемый эффект проекта от внедрения предприятий автономного многофункционального контрольно-диагностического оборудования позволит:

- расширить сферу, площадь охвата и деятельно-

Таблица 1. Контрольные параметры испытаний ГСТ

Порядок испытаний	Технические требования и марки объемных гидроприводов				
	<i>PSMHydraulics</i> <i>и Гидросила</i>	<i>Sauer-Danfoss</i>	<i>Eaton</i>	<i>Linde</i>	<i>Bosch Rexroth</i>
	ГСТ-112	90R100 90M100	6423-618 6433-113	HPV105 HMF 105	AA4VG A2FM
Контроль объемного КПД отдельных агрегатов и гидропривода в целом					
1. Номинальная частота вращения вала гидронасоса $n_{нном}$, об/мин, не менее	2000	3300	3500	2900	2000
2. Номинальное давление в линии нагнетания P , МПа, не менее	27	42	24,1	25	40
3. Объемный КПД гидронасоса $\eta_{ноб}$ и гидромотора $\eta_{моб}$, не менее	0,95	0,96	0,96	0,95	0,95
4. Объемный КПД гидропривода η_o , не менее	0,90	0,92	0,92	0,90	0,90
Контроль крутящего момента на валу испытуемого гидромотора					
5. Номинальный крутящий момент на валу гидромотора $M_{нкр}$, Нм, не менее	401	667	449	418	501
6. Максимальный крутящий момент на валу гидромотора $M_{мажкр}$, Нм, не менее	610	763	656	702	573

сти сервисных предприятий;

- минимизировать логистические и временные издержки на транспортировку для ремонта узлов и агрегатов;

- повысить рентабельность сервисных и ремонтных предприятий при снижении стоимости предоставляемой ими услуги;

- повысить достоверность процесса диагностирования за счет использования при контроле специализированного оборудования, обеспечивающего требуемые производителем условия и объема, режимов испытаний;

- обеспечить энергонезависимость ремонтных предприятий в условиях пиковых нагрузок на существующие энергосети;

- повысить уровень технической готовности техники в удаленных регионах, где по экономическим причинам было не рентабельно осуществлять сервисную деятельность;

- более полно и эффективно использовать имеющиеся материальные ресурсы за счет использования отремонтированных или имеющихся невостребованных узлов и агрегатов;

- обеспечить учреждения образования современным многофункциональным учебным оборудованием.

Заключение

В сложившейся экономической ситуации в отечественном АПК интенсивное развитие рынка поддержанной техники является важнейшим ресурсосберегающим направлением в деятельности его основных участников. Поэтому учитывая необходимость быстрее перехода к практической работе в этом направлении, целесообразно проведение следующих мероприятий:

- приобретение в агрохозяйствах бывшей в эксплуатации техники и ремонтно-технологического оборудования с использованием их по схемам, учитывающим интересы сельскохозяйственных товаропроизводителей и предприятий инженерного блока АПК;

- максимальное использование годных деталей и узлов списанной энергонасыщенной техники для модернизации сельскохозяйственных машин и ремонтно-технологического оборудования специализированных предприятий инженерного блока АПК;

- совершенствование организационных и технологических мероприятий в ремонтно-технических предприятиях за счет максимального использования годных узлов и агрегатов списанной энергонасыщенной техники при модернизации сложного ремонтно-технологического оборудования;

- преемственность, эффективность использования и развитие производственно-технологического потенциала ранее созданных ремонтно-технических предприятий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Использование цифровых технологий при формировании системы утилизации выведенной из эксплуатации техники / А.С. Дорохов [и др.] // Технический сервис машин. – 2019. – № 4 (137). – С. 109-117.

2. Герасимов, В.С. Утилизация сельскохозяйственной техники в АПК / В.С. Герасимов // Труды ГОСНИТИ. – 2018. – Т. 130. – С. 19-28.

3. Задачи инженерных служб АПК по развитию сельскохозяйственного производства / В.С. Герасимов [и др.] // Технический сервис машин. – 2019. – № 4 (137). – С. 19-28.

4. Биржа бывшей в употреблении сельхозтехники «Brandenburger Landtechnik GMBH» // Новое сельское хозяйство. – 2004. – № 3. – С. 37-49.

5. Петрищев, Н.А. Оборудование для технического обслуживания и ремонта агрегатов гидропривода и коробок передач тракторов / Н.А. Петрищев, А.О. Капусткин // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2012. – № 6. – С. 76-77.

6. Средства контроля качества для решения задач производственной системы сельхозмашиностроителей / Н.А. Петрищев [и др.] // Технический сервис машин. – 2018. – Т. 131. – С. 66-73.

7. Сайт компании ООО «Восточная техника» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.vosttech.ru/images/cms/data/crc_offer.pdf. – Дата доступа: 08.04.2020.

8. Youtube. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=r2WErvvxjs&list=PLPOiFmad5NRgEuiN9m5wsAi4M3RqnA2qj>. – Дата доступа: 08.04.2020.

9. Центр ремонта АКПП спецтехники AVIR GROUP [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.avirgroup.ru/obkatka-na-stende>. – Дата доступа: 08.04.2020.

10. Сайт компании ЗАО «КОМЗ-Экспорт» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tigarbo.ru/produktsiya/avtobetonosmesiteli.html/>. – Дата доступа: 08.04.2020.

11. Резервы повышения производительности надежности МТП в АПК / А.С. Дорохов [и др.] // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2018. – № 11. – С. 34-39.

12. Сайт компании ЗАО «Грачевский завод «Гидроагрегат» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://гидро-агрегат/about/.pdf>. – Дата доступа: 08.04.2020.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 09.12.2020

ПРОБЛЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ РЫНКА ТЕПЛИЧНЫХ ОВОЩЕЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

И.П. Козловская,

зав. каф. основ агрономии БГАТУ, докт. с.-х. наук, доцент

Проведен анализ производства тепличных овощей в Республике Беларусь. Определены направления развития тепличного комплекса, пути формирования внутреннего рынка и совершенствования структуры потребления населением продуктов питания.

Ключевые слова: тепличное овощеводство, урожайность, структура питания, экспорт, конкурентоспособность, рентабельность продаж, внутренний рынок.

Greenhouse vegetable production in the Republic of Belarus has been analyzed. The directions for the greenhouse complex development, the ways of the internal market formation and enhancing the structure of food-stuffs consumption by the population have been established.

Keywords: greenhouse vegetable production, vegetable production yield, feeding structure, export, competitiveness, profitability, internal market.

Введение

В Республике Беларусь принята Доктрина национальной продовольственной безопасности, которая определяет стратегию устойчивого обеспечения населения продовольствием до 2030 года [1].

Важнейшими условиями и факторами реализации Доктрины на фоне обеспечения глобальной продовольственной безопасности становятся факторы спроса на продовольствие, производства, торговли и ценовой конъюнктуры, направленность аграрной политики экспортеров продовольствия [2].

Рациональное питание человека подразумевает своевременное и правильно организованное употребление пищи, содержащей разнообразные питательные вещества. Качество питания человека определяется двумя главными показателями: энергетической насыщенностью и содержанием комплекса необходимых ингредиентов (белков, жиров, витаминов, минеральных веществ). 15% жителей планеты испытывают дефицит тех или иных питательных веществ [3].

Немаловажная роль в организации рационального питания отводится овощам – обязательной и существенной части ежедневного рациона, кладовой витаминов, других органических и минеральных веществ. В день взрослый здоровый человек должен употреблять не менее 600 г овощей. Сочетание различных овощей в рационе человека благотворно воздействует на организм, улучшает усвоение других продуктов питания. При употреблении овощей уменьшается влияние токсинов на организм человека, снижается риск развития ряда заболеваний [4].

В связи с тем, что значительная часть территории Беларуси находится в зоне рискованного земледелия, проблема обеспечения овощной продукцией собственного производства по доступным ценам становится важнейшей задачей национальной экономии

ки. Большой вклад в формирование экономического механизма функционирования рынка плодоовощной продукции внесли В.Г. Гусаков [2; 5; 6], Г.И. Гануш [7, 8], А.А. Аутко [4, 9].

Основная часть

По сравнению с другими отраслями аграрного производства, перед овощеводством стоят более сложные задачи. Нужно не только произвести продукцию, но и сохранить ее без потерь витаминов и биологически активных веществ, переработать в высококачественные продукты питания. Для сокращения импорта в стране ведется работа по продлению сроков хранения овощей, произведенных в открытом грунте, за счет строительства овощехранилищ с автоматическим регулированием микроклимата, а также по расширению ассортимента и повышению урожайности овощных культур защищенного грунта.

В среднем жители Беларуси потребляют овощей, бахчевых культур и продуктов их переработки 140 – 145 кг в год, что соответствует медицинским нормам [9]. Однако потребление овощей в свежем виде во внесезонное время существенно ниже. Если учесть, что в республике производится в зимних теплицах только около 10 % от всего объема овощной продукции – около 116-118 тыс. тонн в год (табл.1), причем часть ее поставляется на экспорт, то разрыв между медицинской нормой (26-27 кг в год) и фактическим

**Таблица 1. Производство тепличных
овощей по областям, т**

Область	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Брестская	9667,3	9510,0	15431,3
Витебская	16621,2	16354,6	18493,7
Гомельская	16776,0	15922,3	15637,9
Гродненская	5866,0	5535,6	5292,8
Минская	57000,2	58644,9	54259,3
Могилевская	10463,6	10195,2	9590,0

потреблением составляет 12-13 кг в год.

Главной технической задачей зимних теплиц является круглогодичное обеспечение в автоматическом режиме оптимальных климатических условий для выращивания овощных культур. Оптимизация условий произрастания позволяет круглогодично получать витаминную продукцию и интенсифицировать производство настолько, что полученный урожай практически на порядок выше, чем в открытом грунте [10, 11].

На 1 января 2021 года общая площадь теплиц в республике составляет 269,01 га, из них фактически использовалось 256,23 га. Часть теплиц устаревших конструкций не используется из-за низкой энергоэффективности и отсутствия возможности регулировать условия произрастания растений. В 2015-2019 годах в связи с истекшим сроком из эксплуатации выведено 14 га теплиц.

Наибольший удельный вес низкоэффективных и энергозатратных площадей в тепличных хозяйствах находится в Гомельской (85%) и Могилевской (76 %) областях.

Только 56 % от используемых площадей – теплицы современных конструкций, в которых обеспечивается и функционирует система фитомониторинга [10].

В стране проводится системная модернизация тепличного комплекса. За последние три года введено в эксплуатацию 12,4 га энергосберегающих зимних теплиц, однако темпы строительства и ввода в эксплуатацию новых мощностей явно недостаточны.

Грамотные технические решения могут быть достигнуты не только за счет строительства новых современных теплиц. Модернизация и переоснащение действующих теплиц обеспечат повышение эффектив-

ности функционирования тепличного комплекса, выход отрасли на траекторию устойчивого роста [11, 12].

Строительство новых теплиц и модернизация существующих требуют значительных капиталовложений, однако эти затраты закладывают основу для развития высокоэффективного производства. Это прямой путь к повышению урожайности тепличных культур. Так, вследствие масштабных преобразований тепличного комплекса в Витебской области, удельный вес низкоэффективных и энергозатратных теплиц сократился до 7 %.

За счет оптимизации факторов жизнеобеспечения растений в 2020 году в зимних теплицах Витебской области получено 72,41 кг овощей с каждого квадратного метра. В этот же год средняя урожайность в теплицах Могилевской и Гомельской областей, где на долю теплиц устаревших конструкций приходится около 75 %, составила 39,14 и 40,68 кг/м² соответственно.

Каждая область республики должна сформировать тепличный комплекс, отвечающий современным требованиям и способный удовлетворить потребности населения в свежих овощах вне сезона по доступной цене.

Анализ производства тепличных овощей позволяет сделать вывод о явно недостаточном производстве этой важнейшей для формирования грамотной структуры питания человека продукции (рис. 1).

Если учесть, что значительная часть тепличных овощей реализуется за пределами республики, фактическое их потребление оказывается еще ниже. Так, например, в Витебской области около 30 % выращенной в зимних теплицах продукции продается за пределами страны. И хотя производство тепличных ово-

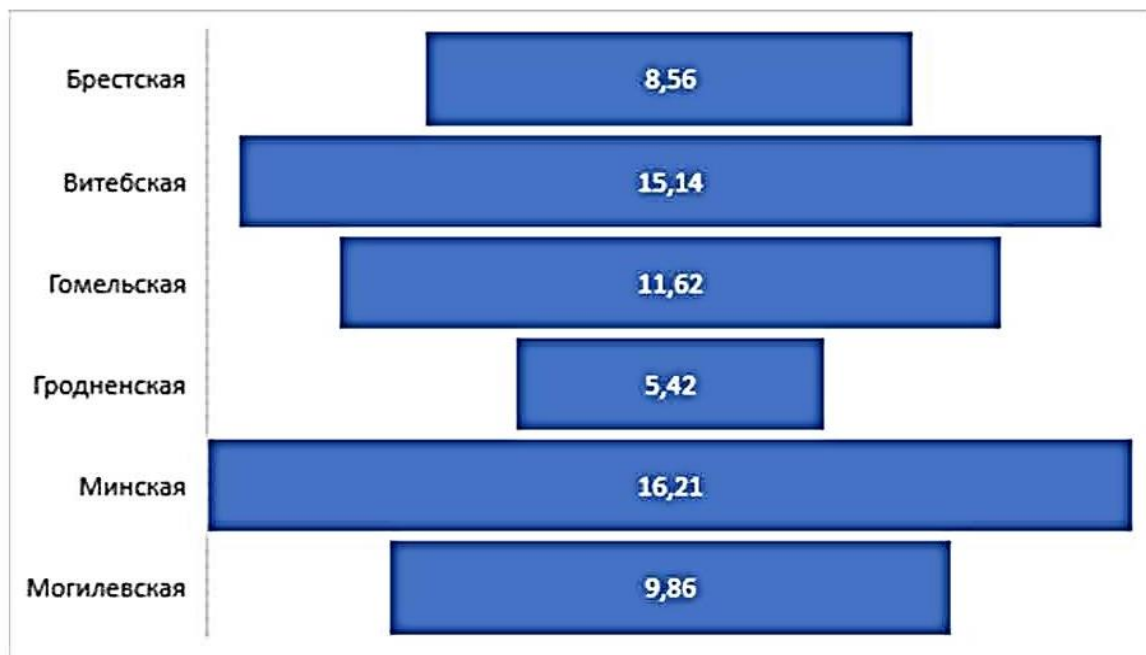


Рисунок 1. Производство тепличных овощей (кг) на душу населения

щей в Витебской области составляет более 15 кг в год на душу населения, с учетом экспорта реальное потребление их населением лишь немногим более 10 кг.

Зачастую реализация тепличной продукции за пределами страны является мерой вынужденной. Отсутствие отечественной селекционно-семеноводческой базы ставит производителей в зависимость от импорта семян овощных культур. В настоящее время Беларусь использует около 90 % импортных семян овощей, а в зимних теплицах – 100 %.

Водорастворимые минеральные удобрения, без которых невозможно функционирование системы капельного полива, не производятся в нашей стране, и потребности в них полностью удовлетворяются за счет импорта.

На большинстве площадей зимних теплиц Республики Беларусь выращивание овощных культур осуществляется по малообъемным технологиям с использованием в качестве корнеобитаемой среды синтетического субстрата – минеральной ваты. В стране минеральная вата не производится, ее закупки сопровождаются значительными валютными затратами, таможенными платежами, транспортными расходами. В связи с ограниченным сроком службы субстрата (один, максимум два года) требуется его регулярная замена.

Все это делает тепличное овощеводство Беларуси на нынешнем этапе развития отраслью, зависимой от импорта, и вынуждает производителей вывозить за пределы страны скоропортящуюся продукцию, что формирует серьезные маркетинговые риски.

В связи с низкой насыщенностью отечественного рынка тепличной продукцией собственного производства открывается путь к поставкам импортных овощей. Например, если учесть тот факт, что покупательная способность населения Гродненской области выше, чем в других областях, а производство тепличной продукции составляет всего 5,42 кг в год на душу населения, рынок области насыщается импортной тепличной продукцией.

Оценка качества тепличных овощей отечественного производства проводится регулярно. Строгий контроль качества продукции стимулирует производителя к совершенствованию технологических приемов, оптимизации системы питания растений, минимизации пестицидной нагрузки, использованию биологических методов защиты растений.

Что касается импортных овощей, то далеко не всегда они отвечают требованиям качества. И зачастую нарекания потребителя в отношении качества импортной продукции автоматически распространяются и на отечественную. В этой связи весьма значимым становится формирование механизма всесторонней оценки качества тепличной продукции и совершенствование ее маркировки.

Покупая тепличные овощи, потребитель должен иметь возможность оценить не только их внешний вид и цену, но и рассмотреть маркировку, нанесен-

ную на упаковку, этикетку или листок-вкладыш. Упаковка и маркировка тепличных овощей является одной из самых сложных, так как она должна быть произведена с использованием различных видов упаковочных материалов в кратчайшие сроки, а информация должна быть объективной и наглядной. Для этого требуется специальное оборудование. Использование оборудования для оценки качества, упаковки и маркировки тепличной продукции необходимо и оправданно, так как это позволит потребителю реально оценить качество отечественной продукции и сформировать свои предпочтения. Итогом станет реальная оценка качества продукции, а следствием – повышение конкурентоспособности отечественных производителей тепличных овощей.

Спрос на свежие тепличные овощи ограничивается довольно низкой покупательной способностью и недостаточно сформированной у населения культурой питания. Так, в 2020 году в республике денежные расходы в расчете на домашнее хозяйство составили 1462 рубля в месяц, из которых 1057,8 рубля (72,3%) приходится на потребительские расходы. В структуре потребительских расходов домашних хозяйств доля расходов на питание составила 37,9 %. Однако на овощи и бахчевые среднестатистический белорус тратил всего 13,3 рублей в месяц.

Помимо того, что производство тепличных овощей не покрывает медицинские нормы их потребления, оптимальная структура питания в зимне-весенний период не выдерживается еще и по причине достаточно высокой стоимости тепличной продукции.

При существующей рентабельности продаж тепличной продукции (рис. 2), которая в среднем по республике составляет 2,9 %, снижение ее стоимости может быть достигнуто за счет повышения производительности труда, экономии энергоресурсов и совершенствования технологических приемов.

Повышение производительности труда в тепличном овощеводстве возможно за счет привлечения квалифицированных работников, но сложные условия труда при повышенных температурах и влажности воздуха не делают работу в этой отрасли привлекательной. В мировой экономике существует тенденция роста стоимости рабочей силы в тепличном овощеводстве, поэтому не имеет смысла рассматривать это направление как резерв снижения себестоимости продукции.

Заключение

В Республике Беларусь имеются резервы для расширения и качественного совершенствования емкости внутреннего рынка тепличных овощей. В качестве базовых направлений повышения эффективности тепличного овощеводства следует выделить:

– повышение интенсивности и эффективности отрасли за счет инвестиций в строительство теплиц пятого технологического уклада;

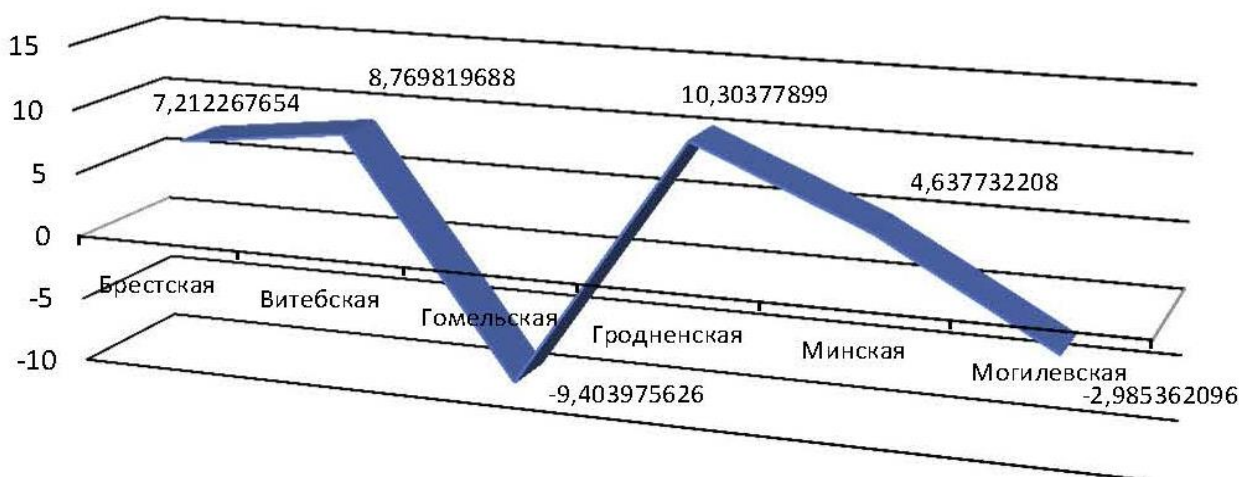


Рисунок 2. Рентабельность продаж тепличных овощей

– изыскание резервов импортозамещения и совершенствования технологий выращивания тепличных культур;

– формирование механизма реагирования на изменения конъюнктуры рынка тепличной продукции на фоне совершенствования структуры потребления населением продуктов питания в соответствии с медицинскими нормами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Доктрина национальной продовольственной безопасности Беларуси до 2030 года: пост. Совета Министров Респ. Беларусь, 15 декабря 2017 г., № 962 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2017. – № 5/44566.
2. Условия и факторы реализации Доктрины национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года / В.Г. Гусаков [и др.]. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2018-56-3-263-285>. – Дата доступа: 24.01.2021.
3. Позняковский, В.М. Гигиенические основы питания, безопасность и экспертиза пищевых продуктов / В.М. Позняковский. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2012. – 350 с.
4. В мире экологизированного и органического овощеводства / А.А. Аутко [и др.]. – Гродно: ЮрСа-Принт, 2019. – 220 с.
5. Научные системы ведения сельского хозяйства Республики Беларусь / В.Г. Гусаков [и др.]; редкол. В.Г. Гусаков (гл. ред.) [и др.] / Нац. акад. наук Беларуси, Мин-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь. – Минск: Беларуская навука, 2020. – 683 с.
6. Гусаков, В. Г. Новейшая экономика и организация сельского хозяйства в условиях становления рынка: научный поиск, проблемы, решения / В.Г. Гусаков. – Минск: Беларус. наука, 2008. – 431 с.
7. Гануш, Г.И. Совершенствование системы маркетинга в отрасли овощеводства / Г.И. Гануш, Н.Н. Давидович // Актуальные проблемы аграрной науки: матер. междунар. юбилейной научно-практической конференции, посвященной 60-летию Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, Рязань, 24 апреля 2009 г. / Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева. – Рязань, 2009. – С. 80-82.
8. Ganush, G. Методологические положения формирования маркетинговых систем в отрасли овощеводства Республики Беларусь / G. Ganush, N. Davidovich // Zrownowazony rozwoj lokalny. Warunki rozwoju regionalnego i lokalnego / nauk. red. A. Mickiewicz. – Szczecin, 2010. – Т. 4. – С. 111-116.
9. Аутко, А. А. В мире тепличного производства / А.А. Аутко, Д.Л. Вольфсон. – Минск: Колорград, 2016. – 449 с.
10. Козловская, И.П. Экономические и экологические аспекты тепличного овощеводства. Оценка производственных технологий. / И.П. Козловская // LAP LAMBERT Academic Publishing, AV Akademikerverlag GmbH & Co. KG. – Saarbrücken, 2012. – 241 с.
11. Козловская, И.П. Оценка технической оснащенности тепличного комплекса Республики Беларусь / И.П. Козловская // Овощеводство: сб. науч. трудов. – Минск, 2019. – Т. 27. – С. 90-104.
12. Козловская, И.П. Оценка производственного потенциала и пути формирования нового технологического уклада в тепличном овощеводстве Беларуси / И.П. Козловская // Вестник БГСХА. – 2020. – № 3. – С. 127-131.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 25.01.2021

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. Статьи публикуются на русском языке.

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

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, представляемая в редакцию, 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 строку;

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, используются 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 и рисунки должны быть представлены в электронном виде в отдельных файлах формата *.tif или *.jpg с разрешением 300 dpi.

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

индекс УДК;

название статьи;

фамилию и инициалы, должность, ученую степень и звание автора (авторов) статьи;

аннотацию на русском и английском языках;

ключевые слова на русском и английском языках;

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

Дополнительно в структуру статьи может быть включен 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 образования, организации, предприятия, 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 лицам, осуществляющим послевузовское обучение (аспирантура, докторантура, соискательство), в год завершения обучения.

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

*220023, г. Минск, пр-т Независимости, 99,
корп. 5, к. 602; 608. БГАТУ*

Агрегат для безотвальной обработки тяжелых почв АБТ-4и



Предназначен для безотвальной обработки тяжелых почв на глубину до 35 см, лущения жнивья, обработку почвы на зябь после уборки кукурузы, свеклы и картофеля, мульчирования, выравнивания и прикатывания поверхности поля, а также для подготовки окультуренных почв за 2 прохода под посев озимых зерновых, пожнивных и поукосных культур.

Зона применения – обработка тяжелых суглинистых полей.

Основные технические данные

Наименование показателя	Значение
Рабочая ширина захвата, м.....	4,0±0,1
Рабочая скорость движения, км/ч:	
– при глубине обработки до 35 см.....	6 – 8
– при глубине обработки до 25 см.....	8 – 10
Габаритные размеры, мм, не более:	
– в рабочем положении:	
– длина.....	8800
– ширина.....	4300
– высота.....	1400
Масса агрегата, кг.....	5200±100
Ширина междуследий рыхлительных лап, мм.....	355±25
Глубина рыхления до, см.....	35
Отклонение средней глубины обработки от заданной, см:	
– при глубине обработки до 35 см.....	±2
– при глубине обработки до 25 см.....	±1
Фракции почвы до 4 см в обработанном слое, не менее, %.....	80
Крошение почвы (за 2 прохода), %, размеры фракций, мм:	
– 0-25.....	не менее 80
– 50-100.....	не более 10
Подрезание сорняков и растительных остатков (при установке лап шириной захвата 200 мм).....	Должно быть полным
Поверхность поля после обработки должна быть выровненной, нижние слои почвы уплотнены, верхние – взрыхлены, допускаемые размеры гребней и бороздок, не более, см.....	4 – один проход 2 – два прохода
Плотность почвы в обработанном слое, г/см ³	1,0 – 1,3

