

ISSN 2227-2038 (print)
ISSN 2227-2054 (online)

КАЗАХСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕХАНИЗАЦИИ
И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Международная агроинженерия

научно-технический журнал



2012
выпуск 4



Тематическая направленность: техника и технологии сельскохозяйственного производства; процессы переработки сельскохозяйственной продукции; альтернативные источники энергии и топлива; использование информационных технологий в сельском хозяйстве; биоинженерия.

КАЗАХСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕХАНИЗАЦИИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Международная агроинженерия

научно-технический журнал

2012

Выпуск 4

Алматы, 2012

Редколлегия

Главный редактор:

Кешуов Сеитказы Асылсеитович, д-р техн. наук, проф.,
акад. АСХН РК (КазНИИМЭСХ)

Заместители главного редактора:

Астафьев Владимир Леонидович, д-р техн. наук, проф.,
акад. АСХН РК (Костанайский филиал КазНИИМЭСХ);
Калиаскаров Марат Калиаскарович, д-р техн. наук
(КазНИИМЭСХ)

Ответственный секретарь: **Алдабергенов Марат Карлович**,
к.т.н. (КазНИИМЭСХ)

Члены:

Доскалов Пламен - Профессор, PhD University of Ruse Department of futomatics & Mechatronics, (Bulgaria); **Havrland Bohumil** - prof. Ing Czech University of life sciences Prague (Czech Republic); **Раджеи Кавассери** - ассоциированный профессор, доктор PhD Государственный университет Северной Дакоты, (США); **Andrzej Chochowski** - prof.dr hab.ing Варшавский университет естественных наук (SGGW); **Буторин В.А.**, д-р техн. наук, проф. Челябинский государственный аграрный ун-т (Россия); **Жалнин Э.В.**, д-р техн. наук, проф. Всероссийский ин-т механизации сельского хозяйства (Россия); **Некрасов А.И.**, д-р техн. наук, проф. Всероссийский ин-т электрификации сельского хозяйства (Россия); **Немцев А.Е.**, д-р техн. наук, проф. Сибирский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства (Россия); **Байметов Р.И.**, д-р техн. наук, проф. Узбекский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства (Узбекистан); **Раджабов А.Р.** д-р техн. наук, проф Ташкентский аграрный униерситет (Узбекистан); **Осмонов Ы.Дж.**, д-р техн. наук, проф. Кыргызский национальный аграрный ун-т им. К.И. Скрябина (Кыргызстан); **Абилжанулы Т.**, д-р техн. наук, проф. (КазНИИМЭСХ); **Адуов М.А.**, д-р техн. наук, проф. Казахский агротехнический ун-т им. С. Сейфуллина; **Алдибеков И.Т.**, д-р техн. наук Казахский национальный аграрный ун-т; **Голиков В.А.**, д-р техн.наук, проф., акад. НАН РК (КазНИИМЭСХ); **Грибановский А.П.**, д-р техн.наук, проф., акад. НАН РК (КазНИИМЭСХ); **Дерепаскин А.И.**, д-р техн.наук (Костанайский филиал КазНИИМЭСХ); **Жортуылов О.Ж.**, д-р техн. наук, проф. (КазНИИМЭСХ); **Жунисбеков П.Ж.**, д-р техн. наук, проф. (Казахский национальный аграрный ун-т); **Козак А.И.**, к.т.н. (Аккольский филиал КазНИИМЭСХ); **Нукешев С.О.**, д-р техн. наук, проф. (Казахский агротехнический ун-т им. С. Сейфуллина); **Омаров Р.А.**, д-р техн. наук (КазНИИМЭСХ);

СОДЕРЖАНИЕ

Усманов А.С. Механизация работ в хлопководстве.....	4
Гридин Н.Ф., Плохотенко М.А. Система технологий и машин для возделывания сельскохозяйственных культур в условиях Северного Казахстана.....	13
Голиков В.А., Артамонов В.Н. Определение технико-экономических показателей измельчителей-смесителей-раздатчиков кормов.....	18
Дерепаскин А.И., Полищук Ю.В., Бинюков Ю.В., Бобков С.И. Обоснование технологической схемы комбинированного орудия для основной обработки почвы.....	27
Гайфуллин Г.З., Мунтаева Л.А., Мурзабеков Т.А., Амантаев М.А. Определение дна борозды, формируемым ротационным рабочим органом.....	35
Астафьев В.Л., Дерепаскин А.И., Бобков С.И., Полищук Ю.В. Исследование процессов подачи и транспортирования сеносоломистой массы в пневмомеханическом подборщике-погрузчике рассыпного сена.....	41
Лежнев Ю. Ф. Новое орудие для борьбы с сорной растительностью.....	46
Омаров Р.А., Байболов А.Е., Ахметов Т.Д., Омар Д.Р., Атантаев Т.Н. Основные предпосылки к разработке коллектора солнечной энергии из современных материалов.....	51
Раджабов А., Музафаров Ш.М. Анализ схем генерирования униполярных импульсов высокого напряжения для питания электрофильтров.....	56
Гловацкий О.Я., Эргашев Р.Р., Бекчанов Ф.А., Рустамов Ш.Р. Оценка технического состояния и коэффициента готовности насосных агрегатов.....	64
Юлдашев Ш., Ли А., Норов Б., Шарипов З. О способе восстановления гильз цилиндров.....	68
Требования к научным статьям, размещаемым в журнале «Международная агроинженерия».....	72

УДК 631.319

*Усманов А.С., к.т.н., доцент
КазНИИМЭСХ, г. Алматы*

МЕХАНИЗАЦИЯ РАБОТ В ХЛОПКОВОДСТВЕ

Проведен анализ технологий и технических средств для возделывания и уборки хлопка в Казахстане и зарубежом, разработаны предложения по применению рациональной технологии и машин для производства хлопка-сырца

В Послании Президента Республики Казахстан Н.А.Назарбаева народу Казахстана поставлена задача – увеличить к 2014 году производительность труда в сельском хозяйстве в 2 раза, а к 2020 году - в 4 раза [1]. Производительность труда в сельском хозяйстве определяется в основном качественным и количественным составом МТП и эффективным его использованием.

Для повсеместного внедрения прогрессивной технологии возделывания хлопчатника хозяйства должны оснащаться всем комплексом современных машин в необходимом количестве. Внедрение механизации обеспечит не только проведение работ в хлопководстве в сжатые и лучшие агротехнические сроки, но и значительно сократит затраты на производство единицы продукции. В результате повышения уровня механизации всех работ трудоемкость производства хлопка-сырца может снизиться в несколько раз.

В настоящее время, в период рыночной экономики существенно изменились организационные формы хлопководческих хозяйств, разработаны новые более эффективные технические средства. Поэтому обоснование Системы машин для хлопководства имеет большое народнохозяйственное значение.

Производство хлопка-сырца в зависимости от конъюнктуры рынка и погодных условий колеблется. Однако, в последние годы в Казахстане посевные площади под хлопчатник сократились с 223,7 тыс. га до 134,2 тыс. га, валовой сбор хлопка-сырца соответственно уменьшился с 467,1 тыс. тонн до 239,8 тыс. тонн, т.е. на 227,3 тыс. тонн (рисунки 1 и 2). Хлопчатник возделывают в 8 районах: Мактаарал, Шардара, Туркестан, Сарыагаш, Ордабасы, Отырар, Арыс, Байдибек (рисунок 3). В 2012 г. посевные площади хлопкосеющих районов Южно-Казахстанской области под хлопчатник составили 137,7 тыс.га, из них доля Мактааральского района – 95,8 тыс.га (70%). Каждый хлопкосеющий район имеет свои особенности, обусловленные как почвенно-климатическими и организационно-производственными условиями, так и видом выращиваемых сортов хлопка.

Следует отметить, что уровень механизации хлопководства в разных районах ЮКО неодинаков. Он более высок в Мактааральском районе, а также там, где хлопчатник возделывают в крупных хозяйствах и на сравнительно ровных участках.

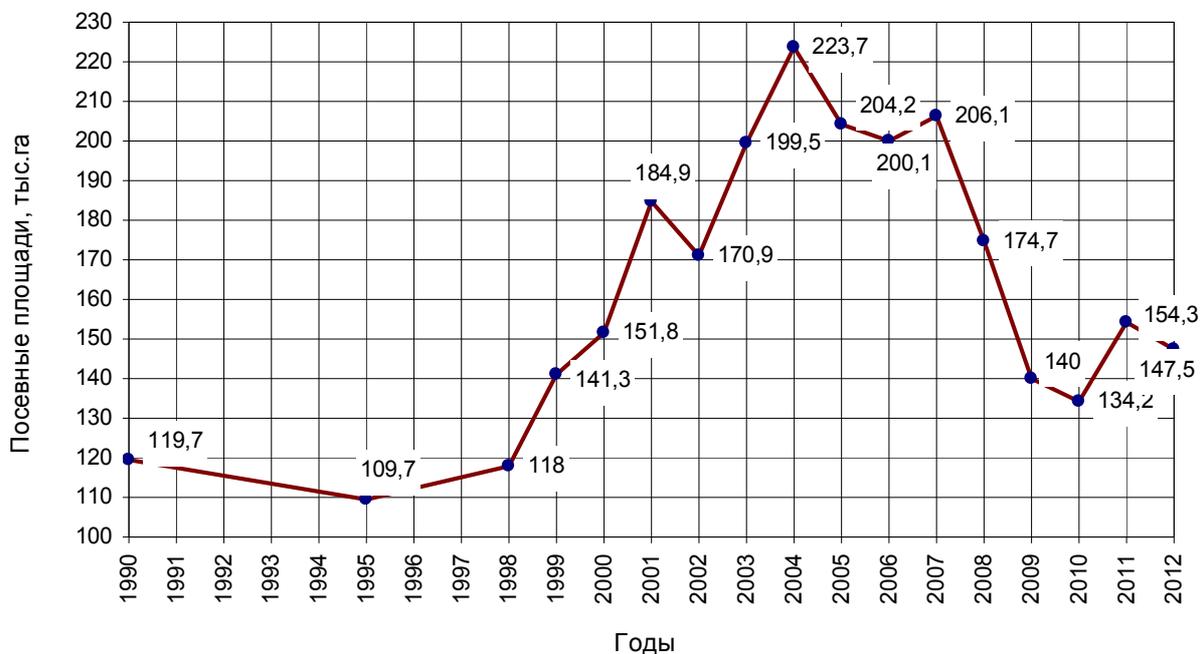


Рисунок 1 – Посевные площади под хлопчатником в Казахстане

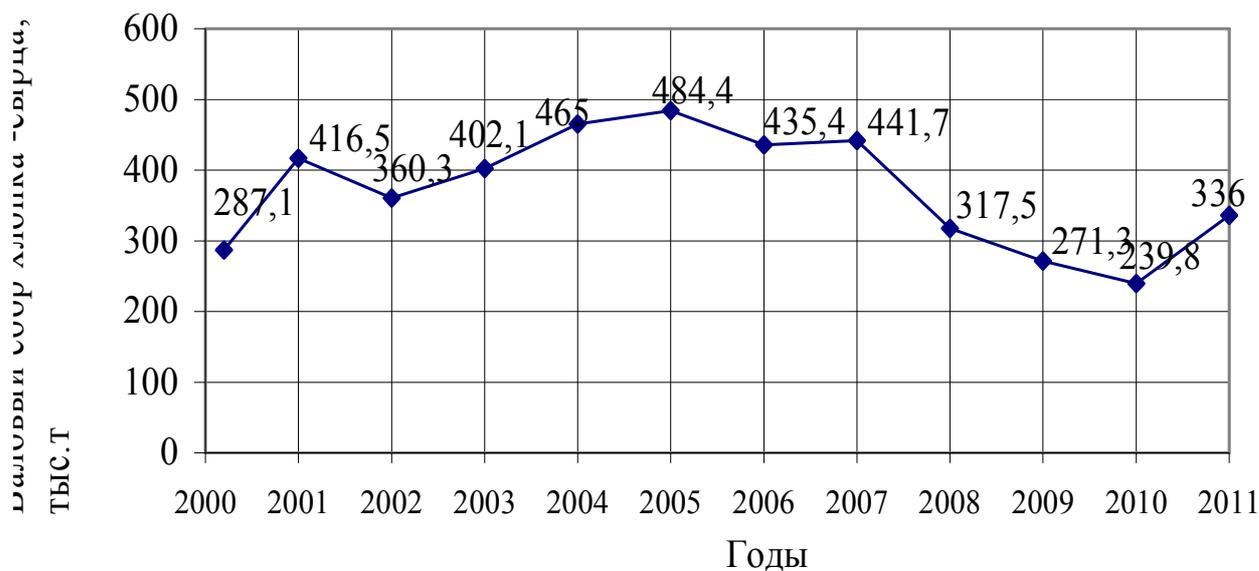


Рисунок 2 – Валовый сбор хлопка-сырца в Казахстане

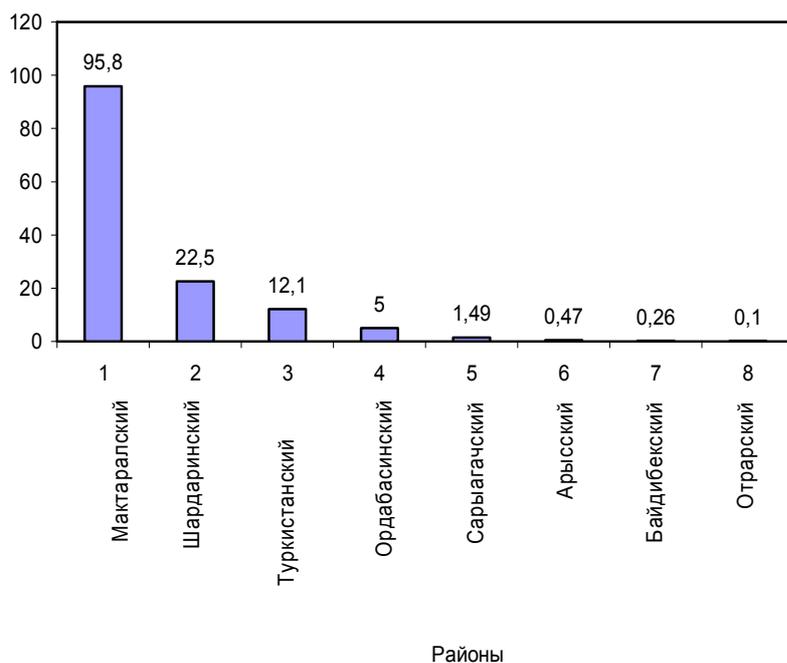


Рисунок 3 – Посевные площади хлопкосеющих районов Южно-Казакстанской области

В структуре посевных площадей хлопкосеющих хозяйств ЮКО доля малых фермерских хозяйств до 5 га составляет 51,9%, до 10 га – 6,4%, соответственно в Мактааральском районе 74,5% и 22,5% (рисунки 4 и 5). К сожалению, в мелкотоварных хозяйствах вся технологическая цепочка производства хлопчатника, за исключением предпосевной подготовки почвы, посева и междурядной обработки (культивации), основана на применении ручного труда. Важные особенности производства хлопка-сырца в малых фермерских хозяйствах - мелкоконтурность участков и их сложная конфигурация.

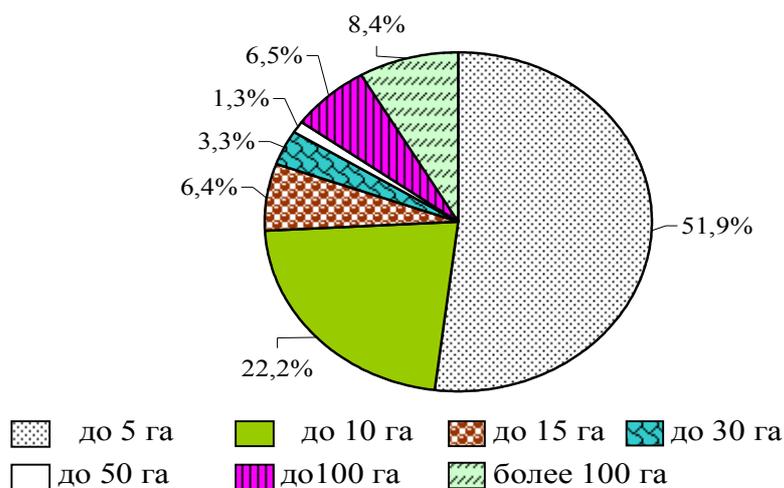


Рисунок 4 – Структура посевных площадей хлопкосеющих хозяйств в Южно-Казакстанской области

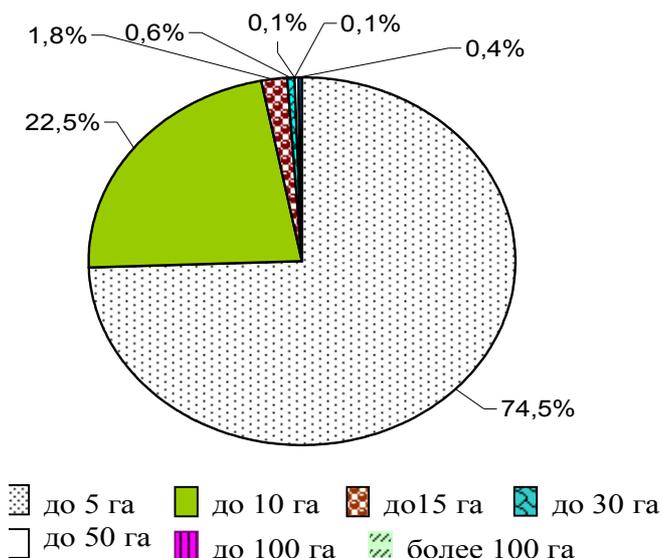


Рисунок 5 – Структура посевных площадей хлопкосеющих хозяйств Мактааральского района

В структуре посевных площадей хлопкосеющих хозяйств Мактааральского района доля фермерских хозяйств составляет 100,8 тыс. га (85,8%), акционерных обществ – 9,9 тыс. га (8,4%), производственных кооперативов – 6,8 тыс. га (5,8%). В тоже время средний размер земельных угодий фермерских хозяйств составляет 4,81 га, акционерных обществ - 408,3 га, производственных кооперативов – 485,7 га (рисунки 6 и 7).

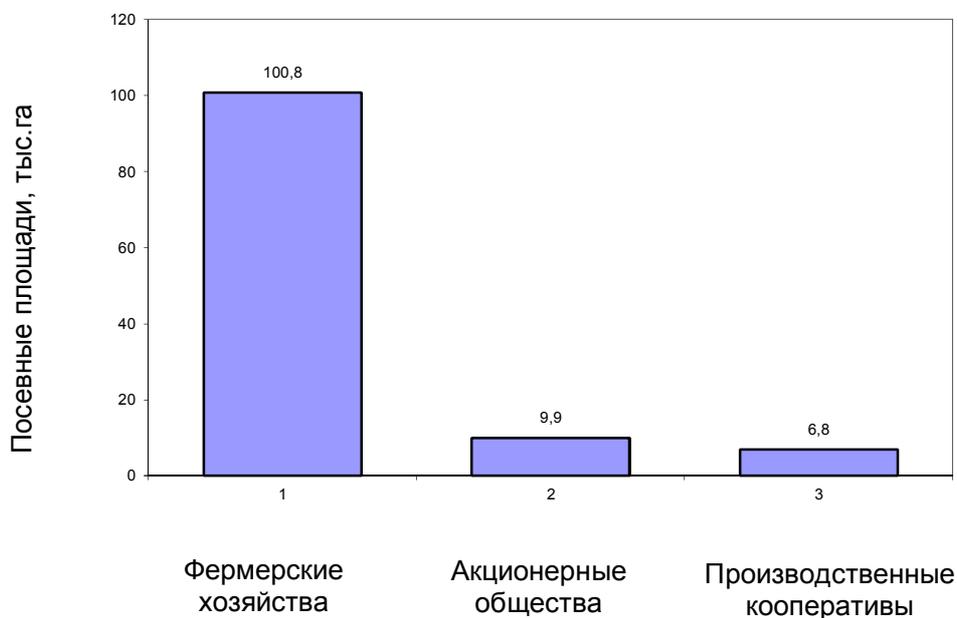


Рисунок 6 – Посевные площади хлопкосеющих хозяйств Мактааральского района

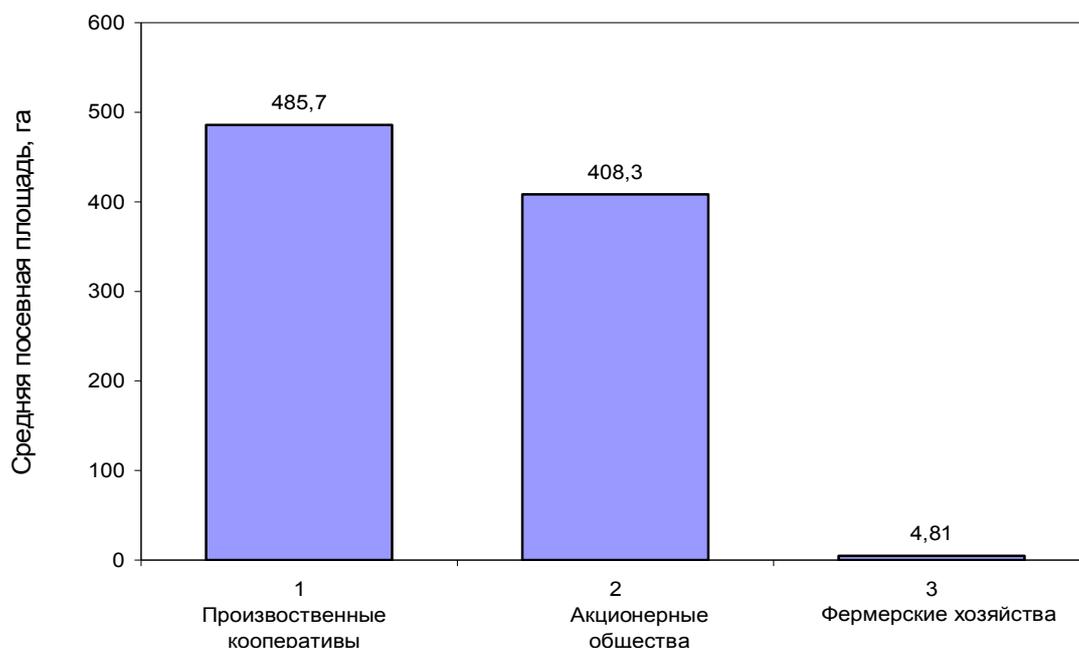


Рисунок 7 – Средний размер посевных площадей хлопкосеющих хозяйств Мактааральского района

В Узбекистане за последние 20 лет получают стабильные урожаи хлопка-сырца – 25...28 ц/га, а в Казахстане – 18...21 ц/га, что на 7..10 ц/га ниже и не имеет тенденции к росту. Сравнительные показатели средней урожайности хлопка-сырца в Казахстане и Узбекистане приведены на рисунке 8, а на рисунке 9 по Мактааральскому району.

В ЮКО большинство малых фермерских хозяйств возделывают хлопчатник много лет на одном и том же участке, по традиционным технологиям с применением техники преимущественно устаревших малопродуктивных моделей и конструкций стран СНГ. Уровень механизации работ на уборке хлопка-сырца составляет в среднем 20...30%, следствием является низкий уровень производительности труда. Получение урожаев обеспечивается за счет ежегодного внесения органических и минеральных удобрений. При этом основные технологические операции выполняются вручную. Основная масса фермерских хозяйств семейного типа имеет по 2-3 полноценных работника семьи и ограничена трудовыми ресурсами. В будущем эта проблема еще более осложнится: стоимость труда, особенно квалифицированного (механизаторы, поливальщики и др.) значительно возрастет.

В настоящее время выдержать конкуренцию могут только те хозяйства (фермеры), которые широко применяют комплексную механизацию. Вместе с повышением уровня механизации в хлопководстве применяют новые, более совершенные приемы агротехники, что способствует повышению урожайности. Из-за отсутствия необходимой техники малые фермерские (крестьянские) хозяйства не могут применять не только про-

грессивные и ресурсосберегающие, но даже традиционные технологии, а земельный и трудовой потенциал используют лишь на половину. Они заняты поиском кредитора для получения ссуды на любых условиях осуществления технической модернизации и перехода к ресурсосберегающим технологиям.



Рисунок 8 – Урожайность хлопка-сырца в Казахстане и Узбекистане

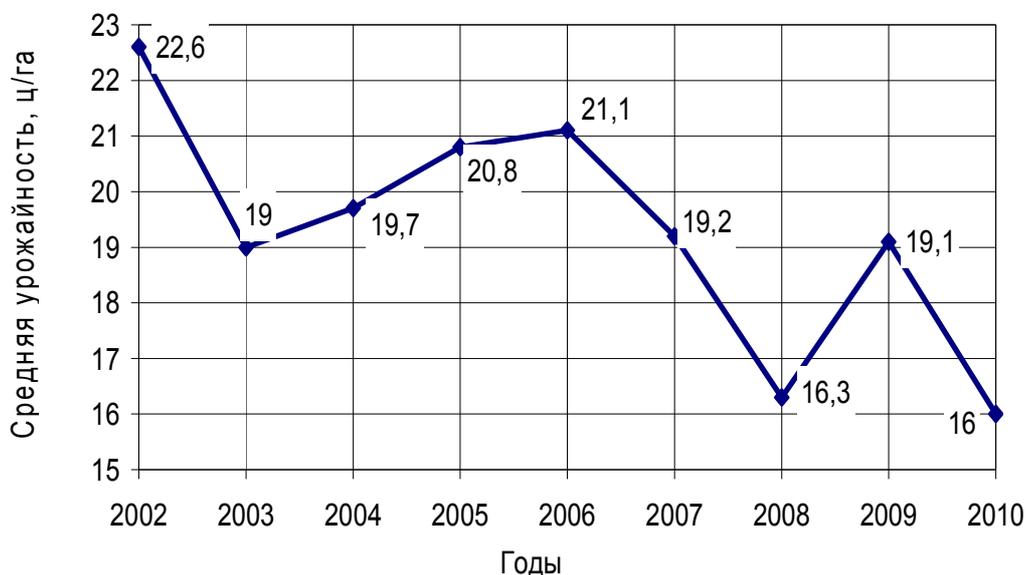


Рисунок 9 – Средняя урожайность хлопка-сырца в Мактааральском районе

Неудовлетворительное состояние технической оснащенности хлопководства, низкое качество изготовления и недостаточная надежность, некомплектованность технологических комплексов, недопоставка техники для хлопководства являются основными причинами нарушения

технологии, несвоевременного проведения агротехнических мероприятий и увеличения сроков выполнения технологических операций, в результате чего потери урожая хлопка-сырца достигают до 20%.

В республике удельный вес уборочных работ в общих затратах труда на производство 1 центнера хлопка-сырца превышает 60%. В последние годы уровень механизации уборки хлопка-сырца неизменно падает, машинный сбор к валовому сбору в 1981 г. составлял около 85%, а в настоящее время – не более 5% [2].

В 1996-2004 гг. в Узбекистане после расформирования ширкатов (колхозов, совхозов) были образованы крестьянские (дехканские) и фермерские хозяйства, со средним размером земельных площадей в фермерских хозяйствах 20 га, в крестьянских хозяйствах – 0,2 га. В результате были нарушены структуры посевных площадей, севообороты и технологические дисциплины обеспечивающих наибольшую продуктивность пашни и урожайность хлопчатника. Основная трудность ведения хозяйств - в сравнительно низком уровне материально-технической базы, что вызывало большие трудозатраты, снижало интерес фермеров к организации производства сельскохозяйственной продукции. Неудовлетворительное состояние технической оснащенности хлопководства, неукomплектованность технологических комплексов, недопоставка техники являлись основными причинами нарушения технологий, несвоевременного проведения посевных и уборочных работ, в результате чего, средняя урожайность хлопка снизилась до 21,8 ц/га (см. рисунок 8, 2000 г.).

В хозяйствах увеличился удельный вес ручного труда. Причем в фермерских хозяйствах ручной труд использовались в основном на многих вспомогательных работах, а в дехканских хозяйствах - преобладал на всех видах работ. АПК нуждался в глубокой структурной реорганизации и коренной технической модернизации. Своевременно принятые меры по укрупнению фермерских хозяйств, увеличению размеров земельных площадей не менее 100 га, резко увеличило спрос на средства механизации, позволили повысить производительность труда, увеличить урожайность хлопка, восстановить севообороты, улучшить ирригацию и мелиорацию, поднять культуру производства, расширить материально-техническую базу производства и др.

Анализ мирового опыта технологий и машин для производства хлопка-сырца показывает, что наиболее приемлемым для Казахстана по: технологиям; почвенным, природно-климатическим и организационно-производственным условиям; применяемым машинам при возделывании и уборке хлопчатника; менталитету сельскохозяйственных товаропроизводителей и др. факторам является опыт Узбекистана.

В Узбекистане сохранение стабильной урожайности хлопчатника и низких затрат труда на производство хлопка-сырца (кроме уборки) базируются на наличии агрономической, финансово-экономической и инже-

нерно-технической службы, а также то, что мелкие фермерские хозяйства укрупнены до посевной площади не менее 100 га, сохранены структура севооборотов под хлопчатник и сорта, осуществляется приобретение основных средств в т.ч. отечественной сельскохозяйственной техники за счет кредитных средств (лизинговых фондов) и др.

Кроме того для оказания услуг (работ) сельскохозяйственным товаропроизводителям созданы следующие структуры в районах:

- государственные и альтернативные машинно-тракторные парки (МТП) – по производственно-техническому обслуживанию (выполнение механизированных, транспортных и мелиоративных работ, сервису и др.);

- ассоциации водопользователей – по использованию оросительных сетей и распределению поливной воды;

- снабженческо-сбытовые службы по обеспечению: нефтепродуктами (топливом и смазочными материалами); минеральными удобрениями; семенами; кормами; запасными частями и др.;

- обслуживающие службы по: агрономическим услугам; химической и биологической защите растений и животных; закупке и установке (монтаж, наладка) оборудования, подключению электросети, водопровода, газопровода, канализации и др.; правовым и юридическим услугам; анализу бухгалтерского учета и составлению финансовой отчетности; информационно-консультативной службы сельского бизнеса и др.;

- кооперативы по заготовке и реализации продукции: овощей, бахчевых, фруктов и др.; переработке мяса, молока, овощей, фруктов, масличных культур, шерсти и др.

Для трансферта в Казахстан опыта Узбекистана необходимо провести ряд организационно-хозяйственных мероприятий. В зависимости от потребностей хозяйств, почвенно-климатических условий и наличия сельскохозяйственной техники рекомендуются различные технологии и машины для производства хлопка-сырца. Основной целью является обеспечение качества хлопка. Качество хлопка обусловлено применяемой технологией и техническими средствами для его реализации. Чтобы обеспечить максимальный сбор урожая хлопка, сохранив его качество, хлопок-сырец необходимо убирать в лучшие агротехнические сроки, правильно и своевременно проводить уборочно-транспортные работы.

Решением проблемы повышения уровня механизации трудоемких процессов в условиях малых фермерских хозяйств может стать их укрупнение или кооперация для коллективного приобретения и эксплуатации комплекта сельскохозяйственной техники. Анализ деятельности фермерских хозяйств Мактааральского района за последние годы показал, что недостаточное инженерно-техническое обеспечение является

одной из определяющих причин снижения производственных показателей их деятельности.

Мировое сельскохозяйственное машиностроение предлагает большой набор сельскохозяйственной техники для растениеводства с различной производительностью. Соответственно необходимо разработать рекомендации по формированию Системы машин для хлопководства, обеспечивающих необходимую по агротехническим требованиям производительность и качество хлопка при минимальных затратах. В состав Системы машин могут входить не только техника из стран СНГ, но и из стран дальнего зарубежья, если они имеют лучшие технико-экономические показатели.

Базовые сельскохозяйственные машины, выпускаемые предприятиями стран СНГ и компаниями «Deere&Co», «Case-IH» (США), отвечающие требованиям рыночной экономики, составят основу МТП по производству хлопка-сырца, которые должны быть адаптированы к природно-хозяйственным условиям Казахстана.

Особое внимание должна быть обращена на технику, которая удовлетворяет всепогодную потребность в ней сельского хозяйства с учетом почвенно-климатических особенностей ЮКО. К ним относятся техника для подготовки почвы к посеву, междурядной обработки и транспортировки продукции, отвечающая современным экологическим требованиям (уменьшение уплотнения почвы, внедрение оригинальных машин и технологий с совмещением сельскохозяйственных операций по междурядной обработке почвы и внесению минеральных удобрений, защиты растений и др.).

Заключение

Хлопководство в Казахстане является слабомеханизированной, низкопроизводительной и высокзатратной отраслью сельского хозяйства. Для повсеместного внедрения прогрессивной технологии возделывания хлопчатника хозяйства должны оснащаться всем комплексом современных машин в необходимом количестве. Наиболее успешно эти задачи могут решаться в рамках разработки и реализации Системы машин.

Литература

1. Послание Президента Республика Казахстан Н.А. Назарбаева народу Казахстана, 28.01.2011 г. - Построим будущее вместе.
2. Усманов А.С., Нурбеков Н.К. Вместо людей машины. О путях совершенствования механизированного сбора хлопка-сырца // AgroElement/Жайлау. – 2010. – № 8. – С. 2-7.

УДК 631.171

Н.Ф. Гридин, д.т.н., М.А. Плохотенко, инженер
Костанайский филиал КазНИИМЭСХ, г. Костанай

СИСТЕМА ТЕХНОЛОГИЙ И МАШИН ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

В статье приведена краткая характеристика Системы технологий и машин для зоны Северного Казахстана, которая включает 10 технологий для возделывания сельскохозяйственных культур при традиционной, минимальной и нулевой системах обработки почвы в условиях Северного Казахстана и 472 машины для реализации указанных технологий

Основой комплексной механизации сельскохозяйственного производства является Система технологий и машин. Она представляет собой набор взаимоувязанных между собой по технологическому процессу и производительности различных машин, применение которых обеспечивает законченный цикл производства сельскохозяйственной продукции высокого качества в оптимальные агротехнические сроки.

В Советском Союзе Система машин строилась сразу по зональному принципу. Вся территория бывшего СССР была разделена на 18 зон растениеводства. Северный Казахстан входил сначала в 1-ю зону – степные районы Сибири и Казахстана, затем в 17с – Северный Казахстан. Это основная зона освоения целинных и залежных земель, специфическими особенностями которой являются, с одной стороны, засушливый климат, короткий безморозный период, сильные ветры, иссушающие почву и вызывающие ее эрозию, сжатые сроки проведения работ и ограниченность трудовых ресурсов, с другой – большие размеры хозяйств и полей, создающих благоприятные условия для эффективного использования мощных тракторов и другой высокопроизводительной техники.

После распада СССР прекратила свое существование и Система машин. Утвердилось мнение, что рынок все отрегулирует сам, и товаропроизводитель будет приобретать то, что ему нужно. Но этого не произошло по следующим причинам.

- во-первых, недостаточность оборотных средств у сельхозтоваропроизводителей для приобретения средств защиты растений, удобрений, горюче-смазочных материалов, техники по причине высокой их стоимости.

- во-вторых, большая часть производителей представлена мелкими и средними сельхозформированиями (ТОО, производственными кооперативами, крестьянскими (фермерскими) хозяйствами), что привело к дефициту квалифицированных специалистов, а сельский товаропроизводи-

тель в массе своей не может самостоятельно проектировать эффективные технологии для своего хозяйства, не может оптимизировать МТП и организовать рациональное использование техники.

- в-третьих, отечественное сельхозмашиностроение существенно деградировало, технологические процессы и оборудование морально устарели и отстали от передовых. Предприятиями частично производятся сельскохозяйственные машины устаревших конструкций, отсутствует производство тракторов и комбайнов. Кроме того, у предприятий отсутствуют современные маркетинговые, сбытовые, дилерские и другие службы.

- в-четвертых, зарубежные машины не решают проблемы технического оснащения, т.к. эта техника поступает в республику, как правило, без проведения испытаний и получения сертификата соответствия. А ведь в Казахстане другие условия её использования: другие механизаторы, другие ГСМ, другой сервис, другие поля, другой климат, другие дороги, другая оплата труда, другое понимание собственности. Отсутствие информации о возможностях техники дальнего зарубежья в зональных условиях и необходимой нормативно-технологической документации по её использованию, которая помогла бы фермерам и специалистам в разработке планов проведения полевых работ, обосновании количества необходимой техники и горюче-смазочных материалов, значительно снижает эффективность её применения.

Всё сказанное привело к нарушению структуры посевных площадей (нерациональное увеличение доли некоторых культур), несоблюдению агротехнологий и научно-обоснованных севооборотов, около 94,5% тракторов и 77,7% зерноуборочным комбайнам имеют возраст более 10 лет. По данным МСХ РК тракторный парк за 7 лет обновился только на 5,5% (в среднем по 0,8% в год), комбайновый парк – на 22,3%, (в среднем по 3,2% в год).

Отсутствие Системы машин уничтожило всяческую координацию, лишило сельских товаропроизводителей ориентиров в приобретении новой техники. Проблема резко усугубилась при выделении государством средств на приобретение новой с.-х. техники по лизингу. Техника, как правило, приобретается на основе рекламы, без проведения приёмочных и сертификационных испытаний, по результатам которых можно говорить об эффективности применения в условиях Казахстана приобретаемой техники. Мощные тракторы стран дальнего зарубежья приобретаются в основном только с посевными комплексами. Приобрести весь комплекс машин к ним сразу не возможно из-за их высокой стоимости. В Казахстане и странах СНГ техника к таким тракторам не выпускается. Это значительно снижает эффективность применения мощных тракторов, ведёт к росту затрат на производство сельскохозяйственной продукции, снижает её конкурентоспособность.

Исходя из вышеизложенного становится очевидной необходимость в технологически ориентированной Системе машин, которая составит информационную базу для технологического и технического оснащения сельского товаропроизводителя, основу производства новой техники, информационное поле для организации технического сервиса, консультационной и мониторинговой служб.

После распада СССР страны СНГ ведут разработку Системы машин самостоятельно. Так, Россия в 1995 году разработала Систему машин на период до 2005 года для производства продукции растениеводства применительно к многообразию конкретных агроландшафтов и производственных условий России [1]. Базовым документом Системы машин является Федеральный регистр технических средств, в который включены наиболее эффективные машины и оборудование, как правило, в отличие от прежних систем машин, успешно прошедшие приемочные испытания и производимые промышленными предприятиями России и стран СНГ или рекомендованные к постановке на производство.

В Казахстане в 1997-1998 годах также разработана Система технологий и машин для комплексной механизации растениеводства Республики Казахстан на период до 2005 года [2], и вторая ее часть содержит рекомендации по Северному Казахстану. Однако предусмотренная данной Системой почвозащитная система земледелия нуждается в дальнейшем улучшении, поскольку она является энергоемкой. Так, на возделывание 1 га яровой пшеницы в четырехпольном зернопаровом севообороте требуется от 55 до 70 кг ГСМ, при этом основной расход ГСМ, до 60-70 %, приходится на обработку почвы. Кроме того, она требует и значительных денежных (120-150 долларов США/га) средств [3].

За прошедший период произошли значительные изменения и в производстве технических средств для сельского хозяйства. Если в Системе машин 1998 года были включены потенциальные поставщики техники, то в настоящее время на рынок пришли реальные производители сельскохозяйственной техники не только из стран СНГ, но и дальнего зарубежья. В то же время многие из ранее выпускавших сельскохозяйственную технику заводов либо обанкротились, либо изменили направление своей деятельности.

В разработанной в 2006-2008 годах Системе технологий и машин для возделывания сельскохозяйственных культур в условиях Северного Казахстана нашли отражение произошедшие изменения.

Система технологий разработана на основе рекомендаций "Научно-производственного центра зернового хозяйства им. А.И.Бараева", "Северо-Западного научно-производственного центра сельского хозяйства", "Научно-производственного центра земледелия и растениеводства". При формировании Системы машин учитывалась техника, выпускаемая в странах СНГ в соответствии с Системой машин до 2005 года и использу-

емая в Северном Казахстане, новая техника производства стран СНГ и техника дальнего зарубежья, прошедшая испытания в аккредитованных испытательных центрах Республики Казахстан или нашедшая широкое применение в Северном Казахстане.

Разработанная Система технологий и машин для возделывания сельскохозяйственных культур в условиях Северного Казахстана обеспечивает гармонию основных элементов производства – технологии, технических средства и обеспеченности механизаторами.

Система технологий для возделывания сельскохозяйственных культур в условиях Северного Казахстана включает в себя технологии производства следующих сельскохозяйственных культур: зерновых культур по традиционной, минимальной и нулевой технологиям обработки почвы; кукурузы и подсолнечника на силос; подсолнечника на семена; рапса на семена; крупяных культур; однолетних трав на сено и сенаж; многолетних трав на семена и сено; картофеля на богаре, а также технологии мелиорации солонцовых почв и освоения залежных земель.

В Систему машин для зоны Северного Казахстана включено 472 машины, которые разделены на 9 разделов по видам производимых работ, предусмотренных Системой технологий для производства сельскохозяйственных культур в зоне.

Выполнение технологических операций при возделывании сельскохозяйственных культур предусмотрено различными энергетическими средствами с многовариантным набором технических средств. Предусматривается применение энергетических средств стран СНГ 7-ми классов тяги. За последние годы модернизированы и вновь созданы энергонасыщенные колесные тракторы класса тяги 3, 4, 5, 6, 8, гусеничные класса тяги 3, 4, 5. В систему машин также включены тракторы производства стран дальнего зарубежья, которые нашли применение в зоне Северного Казахстана: гусеничные – Challenger MT-855, Challenger MT-865 и Challenger MT-875 с мощностью двигателя 460, 510 и 570 л.с соответственно и Case Steiger STX-450 с мощностью двигателя 450 л.с., а также колесные – John Deere 9420 с мощностью двигателя 425 л.с, Case Steiger STX-325 с мощностью двигателя 325 л.с., Buhler Versatile 2425 с мощностью двигателя 425 л.с. и другие. За счет этого будет обеспечено наиболее полное удовлетворение запросов различных по возможностям товаропроизводителей.

В условиях Северного Казахстана, характеризующихся большими расстояниями не только вне хозяйственных, но внутрихозяйственных грузоперевозок, эффективны различные, в том числе и большегрузные автомобили. Поэтому в Систему технологий и машин включены автомобили грузоподъемностью от 4 до 10 т. Для агрегатирования с ними предусмотрены автомобильные прицепы и полуприцепы также высокой грузоподъемности. Учитывая широкое применение колесных тракторов большой

мощности на внутрихозяйственных перевозках грузов, в Систему машин включены прицепы различных модификаций к каждому из энергосредств.

К каждому энергосредству предусмотрен также необходимый шлейф навесных и прицепных орудий с учётом выращиваемых культур и технологий их возделывания. В Системе машин расширена номенклатура почвообрабатывающей и посевной техники, в том числе за счёт машин производства дальнего зарубежья.

Предусмотрено дальнейшее совершенствование процесса уборки зерновых культур за счет применения широкозахватных, реверсивных, прицепных валковых жаток, жаток-хедеров, высокопроизводительных зерноуборочных комбайнов нового поколения, в том числе и дальнего зарубежья (John Deere 9660, John Deere 9500, Claas Mega 360, Laverda 2350, Case 525), что обеспечивает существенное повышение производительности уборочных агрегатов и значительное сокращение продолжительности уборочных работ.

По сравнению с предшествующей, в настоящей Системе машин упорядочена структура технических средств для заготовки сена. Заложены комплексы машин для реализации трех технологических схем его заготовки: россыпью, в тюках и рулонах.

Оценка разработанной Системы технологий и машин по сравнению с Системой машин на 1998-2005 гг. показывает, что реализация рекомендуемых технологий на базе современной сельскохозяйственной техники позволит снизить расход топлива в 2,7 раза и повысить производительность труда до 3,1 раза.

Литература

1. Федеральный регистр технических средств до 2005 года /Система машин АПК России. – М., 1995.
2. Система технологий и машин для комплексной механизации растениеводства Республики Казахстан на период до 2005 года. Рекомендации. – Ч. 2. – Алматы: РНИ "Бастау", 1998. – 148 с.
3. Технология нулевой обработки и прямого посева для возделывания зерновых культур в Северном Казахстане, МСХ РК, ФАО, СИММИТ, Союз фермеров Казахстана //АгроИнформМаркетинг. – 2005. – № 10. – С.8-9; № 11. – С.8-9; № 12. – С.8-9; № 13. – С.8-9.

УДК 631.363.7

*Голиков В.А., д.т.н., профессор, академик НАН РК,
Артамонов В.Н., к.т.н.
КазНИИМЭСХ, г. Алматы*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ-СМЕСИТЕЛЕЙ-РАЗДАТЧИКОВ КОРМОВ

Теоретически и экспериментально определена производительность измельчителей-смесителей-раздатчиков кормов ИСРК-12Ф и КИС-8. Приведена формула для расчета потребности в измельчителях-смесителях-раздатчиках кормов в зависимости от поголовья животных на ферме. Определены технико-экономические показатели кормораздатчиков ИСРК-12Ф и КИС-8

В настоящее время во всех развитых странах для приготовления и раздачи кормов широко используются измельчители-смесители-раздатчики кормов (ИСРК), которые представляют собой бункеры различной вместимости на колесном ходу, оснащенные внутри его шнеками с измельчающими рабочими органами.

ИСРК измельчают и смешивают компоненты кормосмеси: сено, солому, силос, сенаж, комбикорма и др. и нормировано раздают полнорационные кормосмеси (ПКС) крупному рогатому скоту (КРС) на животноводческих фермах.

Они оснащены компьютерными и взвешивающими устройствами, что позволяет быстро изменять кормовые рационы, в соответствии с требуемыми зоотехническими нормами. При использовании ИСРК сокращается расход основных кормов на 19-27%, снижаются затраты труда на кормление в 3,5-5 раз, а издержки на механизацию операций по подготовке и раздаче кормов по сравнению с отдельной раздачей уменьшаются на 35-42%, продуктивность животных (удой и привесы) увеличивается до 30% [1].

Все измельчители-смесители-раздатчики, выпускаемые в разных странах, можно классифицировать по следующим признакам: по способу агрегатирования с энергосредством – прицепные, полуприцепные, самоходные, автомобильные; по величине вместимости бункера, которая изменяется от 5 до 28м³; по наличию или отсутствию самозагружающего устройства; по типу самозагружающего устройства – фреза или грейферный погрузчик; по расположению шнеков, оснащенных на витках измельчающими ножами – горизонтальные, вертикальные; по числу шнеков, которое в основном изменяется от 1 до 4.

ИСРК с двумя горизонтальными шнеками с ножами, находящимися в нижней части бункера, состоящие из двух частей каждый, подающие кормовую массу навстречу друг другу (ИСРК-12 и др.) лучше измельча-

ют корма и равномернее выдают кормосмесь в кормушки, чем ИСРК с вертикальными шнеками. Их рекомендуют использовать как на фермах с привязным, так и с беспривязным содержанием животных.

Недостатком ИСРК с двумя горизонтальными шнеками является большая опасность поломки рабочих органов шнека при попадании инородных предметов в пространство между ножами шнека и дном бункера. У ИСРК с вертикальными шнеками вероятность поломки ножей меньше, так как пространство между ножами и стенкой бункера больше. Однако недостатками таких устройств является худшее качество измельчения кормов и повышенная неравномерность выдачи кормосмеси, поэтому их рекомендуют использовать в основном на фермах с беспривязным содержанием животных [2].

Технологический процесс ИСРК происходит следующим образом. Вначале работы ИСРК подъезжает от своей стоянки к хранилищу грубых кормов, где происходит загрузка требуемого количества этого вида корма. После этого ИСРК направляется к хранилищу концкормов или комбикормов, где также загружается определенной дозой комбикормов, затем ИСРК подъезжает к силосным (сенажным) траншеям и загружается требуемым количеством по рациону силоса или сенажа. Если в составе кормосмесей есть другие компоненты, то данный процесс продолжается. После загрузки последнего компонента ИСРК направляется к кормушкам. Причем в это время смешивающие шнеки у него включены. И далее происходит процесс раздачи кормосмесей.

Исходя из этого, продолжительность одного цикла ИСРК $T_{\text{ц}}$ составляет

$$T_{\text{ц}} = T_{1\Gamma} + T_{1\Pi} + T_{2\Gamma} + T_{2\Pi} + T_{3\Gamma} + T_{3\Pi} + T_{\text{д}} + T_{\text{см}} + T_{\text{р}} \quad (1)$$

где $T_{\text{ц}}$ – время цикла;

$T_{1\Gamma}$ – время подъезда ИСРК к хранилищу сена, час;

$T_{1\Pi}$ – время погрузки сена в ИСРК, час;

$T_{2\Gamma}$ – время подъезда ИСРК к хранилищу силоса, час;

$T_{2\Pi}$ – время погрузки силоса (сенажа) в ИСРК, час;

$T_{3\Gamma}$ – время подъезда ИСРК к хранилищу концкормов, час;

$T_{3\Pi}$ – время погрузки в ИСРК концкормов, час;

$T_{\text{д}}$ – время движения от последнего хранилища до кормушек, час;

$T_{\text{см}}$ – время смешивания компонентов, час;

$T_{\text{р}}$ – продолжительность раздачи ИСРК, час;

Производительность ИСРК за один цикл $Q_{\text{р}}$ составляет

$$Q_{\text{р}} = \frac{G}{T_{\text{ц}}}, \quad (2)$$

где G – масса кормосмеси в бункере, т. Подставляя в формулу (2) время T_y и G и произведя некоторые преобразования получаем:

$$Q_p = \frac{K_3 V \gamma}{(L_C + L_K + L_\Phi + L_D) v_T^{-1} + Q_c^{-1} G_c + Q_k^{-1} G_k + Q_\phi^{-1} G_\phi + 10^{-3} f n v_p^{-1} + T_{см}}, \quad (3)$$

где K_3 – коэффициент заполнения бункера ИСРК;

V – объем бункера ИСРК, m^3 ;

γ – объемная масса кормосмеси, t/m^3 ;

L_C – расстояние от стоянки ИСРК до хранилища сена, км;

L_K – расстояние между хранилищами сена и силоса, км;

L_Φ – расстояние между хранилищами силоса и концкормов, км;

L_D – расстояние от хранилища концкормов до кормушек, км;

v_T – транспортная скорость ИСРК, км/час;

v_p – скорость ИСРК при раздаче кормосмеси, км/час;

Q_C, Q_K, Q_Φ – соответственно производительность загрузочных устройств сена, силоса (сенажа), концкормов, т/час;

G_C, G_K, G_Φ – соответственно массовые доли сена, силоса, концкормов, загружаемые в бункер ИСРК, т;

f – фронт кормления одной головы, м;

n – число откармливаемых животных на ферме;

$T_{см}$ – время смешивания, час.

Время раздачи составляет

$$T_p = \frac{fn}{1000 v_p} \quad (4)$$

Скорость ИСРК при раздаче кормосмеси составляет

$$v_p = \frac{Q_B f}{g}, \quad (5)$$

где Q_B – производительность выгрузного устройства ИСРК, т/час;

g – разовая норма выдачи кормосмеси при кормлении одному животному, кг.

Скорость v_T ИСРК с грузом 8 км/час, без груза 12 км/час. Скорость v_p не должна превышать 5 км/час [1]. Время смешивания компонентов после загрузки последнего компонента не превышает 5-7 минут [1]. Если время T_D больше 5-7 минут, то дополнительного времени на смешивание $T_{см}$ не требуется.

Число циклов ИСРК для одного кормления животных определяется из выражения

$$n_{\text{ц}} = \frac{M}{G}, \quad (6)$$

где M – масса кормосмеси, которая раздается всем животным за одно кормление, т.

Потребное число ИСРК для фермы можно определить по формуле

$$N = \frac{M}{Q_p T_k}, \quad (7)$$

где T_k – допустимое по зоотехническим требованиям время одного кормления всех животных на ферме.

Это выражение можно также представить в следующем виде, в котором приведено поголовье животных

$$N = \frac{ng}{Q_p T_k}, \quad (8)$$

Для использования предложенных формул расстояния L_C, L_K, L_{Φ}, L_D определяются из норм технологического проектирования ферм, а Q_C, Q_K, Q_{Φ} требуется определять экспериментальным путем.

Экспериментальные исследования технологического процесса ИСРК проводились на молочно-товарной ферме с поголовьем около 1 тыс. коров в ТОО «Победа», Щербактинского района, Павлодарской области. Для приготовления и раздачи кормов применяют две машины: ИСРК-12Ф «Хозяин» при кормлении дойных коров (640 голов), КИС-8 без взвешивающего устройства обслуживает остальное поголовье. Вместимость бункера ИСРК-12Ф «Хозяин» с двумя горизонтальными шнеками составляет 12 м^3 , а вместимость бункера КИС-8 с одним вертикальным шнеком равна 8 м^3 . ИСРК-12 Ф оснащен фрезой для загрузки силоса, сенажа, грубых кормов. Загрузка грубых кормов и силоса в КИС-8 осуществляется грейферным погрузчиком ПЭ-Ф-1Б. ИСРК-12Ф с 2000 года выпускается на предприятии «Запагромаш» в Беларуси по лицензии итальянской фирмы Marmix. КИС-8 производится в России на Новосибирском опытно – экспериментальном заводе нестандартизированного оборудования.

Для кормления животных используются силос, сенаж (из вики, овса, гороха), ячменная солома, комбикорм.

В опытах определена производительность загрузочных устройств в ИСРК различных видов кормов. Данные приведены в таблице 1.

Полученные данные могут быть использованы при расчете производительности ИСРК за один цикл по формуле (3).

Таблица 1 – Производительность загрузочных устройств в ИСРК различных видов кормов

Вид корма	Производительность загрузочного устройства, т/час	
	Фреза ИСРК-12Ф	Грейферный погрузчик ПЭ-Ф-1Б для КИС-8
Сенаж	12,2	-
Силос из кукурузы	7,9	7,7
Рассыпная ячменная солома из скирды (средняя длина 14 см)	2,5	3,3
Концентрированные корма (комбикорм/ дробленое зерно)	Загрузка из накопительного бункера само-теком 10,2/13,6	

В состав кормосмеси входят силос или сенаж, соответственно из измельченных кукурузы и трав. Грубые корма (сено и солома) заготавливаются в хозяйстве в неизмельченном виде. По рекомендациям [1] в составе кормосмеси, приготовленной в ИСРК–12Ф грубые корма, должны быть измельчены до 50 мм. Фракция с такой длиной должна составлять не менее 70% от общей массы. А фракция с длиной до 70мм для КИС-8 должна составлять не менее 70 % [1].

Полученные результаты по качеству измельчения грубых кормов в составе различных кормосмесей, приготовленных в ИСРК-12Ф и КИС-8, приведены в таблице 2.

Из таблицы 2 видно, что качество измельчения грубых кормов в обоих ИСРК соответствует предъявляемым требованиям, но в ИСРК-12Ф, оно несколько лучше, чем у КИС-8, в рационе с силосом.

Масса загружаемых кормов в бункер ИСРК-12Ф в зависимости от состава рациона изменяется в пределах 2100-2940 кг, а в КИС-8 – 2000-2300 кг.

Таблица 2 – Качество измельчения грубых кормов в составе различных кормосмесей

Грубые корма (ячменная солома)	Марка ИСРК		
	ИСРК–12Ф		КИС–8
	Состав кормосмеси		
	Сенаж, ячменная солома, комбикорм	Силос, ячменная солома, комбикорм	Силос, ячменная солома, комбикорм
1	2	3	4
Исходная фракция рассыпной соломы из скирды, %			
< 50 мм	31,2	31,2	31,2
> 50 мм	68,8	68,8	68,8
После загрузки фрезой, %			
< 50 мм	62,3	62,3	-
> 50 мм	37,7	37,7	-

Продолжение таблицы 2.

1	2	3	4
После загрузки всех компонентов и смешивания, %			
< 50 мм	73,4	78,1	74,8
> 50 мм	26,6	21,9	25,2
Величина доизмельчения соломы после смешивания всех компонентов, %	11,1	15,8	-

Скорость ИСРК при раздаче кормосмеси в скотопомещении составляет 1,2-1,8 км/час. При этих условиях определены баланс времени циклов и производительность двух типов ИСРК (таблицы 3, 4).

В балансе времени цикла переезды составляют от 0,24 до 0,27 часа (29-34,2%) и зависят от расположения хранилищ кормов на прифермской территории, которое определено санитарными и противопожарными нормами (СНиП).

Погрузка кормов в балансе времени цикла занимает от 0,31 до 0,39 часа (38,1-43,3%) и зависит от состава рациона и общей массы кормосмеси.

На время цикла при раздаче кормов влияет способ кормления (кормовой стол или кормушки). Раздача на кормовой стол осуществляется на обе стороны одновременно и требует одного разворота на ферме. Раздача в кормушки производится на одну сторону, поэтому количество разворотов удваивается. В связи с этим время разворотов изменяется с 0,03 до 0,09 часа, что составляет 3,8 и 10 % соответственно.

Из таблицы 3 следует, что производительность ИСРК-12Ф несколько выше, чем у КИС-8, из-за большей вместимости бункера.

На качество приготовления кормосмеси влияет порядок загрузки кормов в бункер ИСРК. В [1] рекомендуется следующий порядок: комбикорм, сено (солома), силос (сенаж) и другие компоненты. Однако проведенные наблюдения в хозяйстве показали, что в этом случае происходит налипание частиц комбикорма на витки шнеков. Установлен более рациональный порядок: вначале загружается сено (солома), потом комбикорм, затем силос или сенаж. При таком порядке загрузки компонентов налипание частиц комбикорма на витки шнеков исключается.

Специалистами хозяйства определено, что применение ИСРК-12Ф «Хозяин» по сравнению с КИС-8 повышает продуктивность животных до 20%.

Таблица 3 – Баланс времени цикла на приготовление и раздачу кормов в зависимости от рациона и способа кормления

Показатели	Марка ИСРК			
	ИСРК–12 Ф			КИС–8
	Рационы			
	Силос 1300 кг, ячменная солома 200кг, комбикорм 600кг	Силос 1440 кг, ячменная солома 380 кг, комбикорм 1040кг	Сенаж 2123 кг, ячменная солома 300 кг, комбикорм 518кг	Силос 1292 кг, ячменная солома 400кг, комбикорм 308кг
Кормовой стол	Кормушки			
Масса кормосмеси в бункере, кг	2100	2860	2935	2000
Переезды, час/%	0,27/34,2	0,25/32,6	0,27/29,0	0,24/29,6
Погрузка кормов, час/%	0,31/39,2	0,34/43,0	0,39/43,3	0,32/38,1
Взвешивание, час/%	-	-	-	0,09/10,7
Раздача корма (осн.) час/%	0,14/17,7	0,10/12,7	0,11/12,2	0,14/16,7
Развороты на раздаче, час/%	0,03/3,8	0,05/6,3	0,09/10,0	0,03/3,6
Прочие операции (ожидание, выезд), час/%	5,1	5,4	5,5	1,3
Время цикла, час	0,79	0,79	0,90	0,84

Полученные в опытах данные позволили определить прямые эксплуатационные затраты на работу кормораздатчиков ИСРК-12Ф и КИС-8.

Таблица 4 – Производительность различных ИСРК в зависимости от состава рациона

Показатели	Марка ИСРК		
	ИСРК–12 Ф		КИС–8
	Состав кормосмеси		
	Сенаж 2100кг, ячменная солома 300кг, комбикорм 502кг	Силос 1740, ячменная солома 365кг, комбикорм 530	Силос 1292кг, ячменная солома 400кг, комбикорм 308
1	2	3	4
Масса кормосмеси в бункере, кг	2912	2635	2000
Средняя продолжительность цикла, час	0,9	0,79	0,84
Число циклов за рабочий день	5	8	8
Время основной работы, час	4,5	6,28	6,72
Общее время работы, час	11,0		7,0

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4
Производительность, т/час	3,24	3,36	2,38
Масса кормосмеси раздаваемая в день, т	14,56	21,08	16,0
Дневная выработка, т	35,64		16,0

В таблицах 5 и 6 приведены исходные данные и результаты расчетов технико-экономических показателей комплексов машин для приготовления и раздачи кормов.

Таблица 5 – Исходные данные для технико-экономических расчетов комплексов машин для приготовления и раздачи кормов

Показатели	Машины			
	Трактор МТЗ-82	ИСРК-12Ф	КИС-8	Грейферный погрузчик
Цена, в тыс. тг	3500	6300	3500	2850
Коэффициент отчислений на амортизацию	0,1	0,125	0,125	0,1
Коэффициент отчислений на ремонт техническое обслуживание	0,149	0,18	0,18	0,142
Производительность, т/час		3,3	2,38	1,93
Годовая фактическая загрузка, час	3960/2520	3960	2520	2520
Годовая нормативная загрузка, час	1000	1460	970	600
Удельный расход топлива, л/т		1,12	1,56	1,26

Для расчетов по рекомендации сотрудников института экономики сельского хозяйства приняты: средняя часовая тарифная ставка механизатора 5-6 разряда с начислениями 684 тг/час, цена удешевленного топлива 81 тг за литр.

Из анализа таблицы 6 видно, что при использовании раздатчика ИСРК-12Ф с загружающей фрезой прямые эксплуатационные затраты при фактической загрузке машин сокращаются примерно в три раза по сравнению с раздатчиком КИС-8, загрузка в который производится грейферным погрузчиком.

Следовательно, применение раздатчика с фрезой ИСРК-12Ф намного эффективнее чем КИС-8.

Таблица 6 – Результаты технико-экономических расчетов комплексов машин для приготовления и раздачи кормов

Показатели	Состав агрегатов			
	МТЗ-82+ ИСРК-12Ф	МТЗ-82+ КИС-8	МТЗ-80+ ПЭ-Ф-1Б	МТЗ-82+ КИС-8, МТЗ-80+ ПЭ-Ф-1Б
Зарплата, тг/т	207,2	287,4	354,4	641,8
Стоимость ГСМ, тг/т	97,8	136,2	110,0	246,2
Затраты на ремонт и тех. обслуживание ¹ , тг/т	86,8 ^x	105 ^x	58,6 ^x	163,6 ^x
	235	273	246,1	519,1
Затраты на амортизацию, тг/т	60,3 ^x	72,9 ^x	83,2 ^x	156,1 ^x
	163,4	189	349,5	538,5
Затраты на амортизацию, ремонт и тех. обслуживание трактора, тг/т	66,7 ^x	145,2 ^x	162,0 ^x	307,2 ^x
	180,9	377	408,3	785,3
Прямые эксплуатационные затраты на работу агрегата, тг/т	519 ^x	747 ^x	768,2 ^x	1515,2 ^x
	884,3	1263	1468,3	2731,3

¹ Примечание: *x* в числителе при фактической загрузке, в знаменателе при нормативной загрузке.

Литература

1. Приготовление и раздача полнорационных кормосмесей для КРС //Технология и машины. –Минск, 2005. – С. 58.
2. Тищенко М.А. Измельчители-смесители-раздатчики кормов //Техника и оборудование для села. – 2009. – №4. – С.29-32.

УДК 631.314.3

*Дерепаскин А.И., д.т.н., Полищук Ю.В., к.т.н.,
Бинюков Ю.В., к.т.н., Бобков С.И., к.т.н.
Костанайский филиал КазНИИМЭСХ, г. Костанай*

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ КОМБИНИРОВАННОГО ОРУДИЯ ДЛЯ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

В статье приведены результаты исследований по обоснованию технологической схемы комбинированного орудия для основной обработки почвы. В качестве критерия оценки принято крошение почвы, гребнистость обработанной поверхности, среднее квадратическое отклонение глубины обработки, подрезание сорной растительности и сохранение стерни

Правильный выбор технологии основной обработки почвы в конкретном поле севооборота – это важный резерв повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Такие обработки регулируют плотность почвы, обеспечивают лучшее впитывание талых вод, заделку семян сорняков в поверхностный слой. Критерием необходимости обработки может служить разница между естественной плотностью почвы на участке и оптимально допустимой для той или иной культуры. Если эти показатели близки, то дополнительные обработки корнеобитаемого слоя необязательны. Существующая система технологий и машин, для основной обработки почвы по различным фонам, рекомендует несколько машинных технологий, которые предусматривают отвальную или безотвальную обработку корнеобитаемого слоя на глубину 16-20 см[1]. Однако использование машинно-тракторных агрегатов с однооперационными специализированными машинами и многократные проходы их по полю переуплотняют около 60% обрабатываемой площади. К тому же однооперационные машины часто не позволяют полностью загрузить скоростные энергонасыщенные трактора. Применение комбинированных агрегатов и машин сокращает количество проходов МТА по полю, снижает трудовые и материальные затраты [2,3]. Высокая эффективность использования комбинированных орудий или внедрение новых технологий возделывания сельскохозяйственных культур способствует увеличению их применения в США, Канаде, Германии и России.

Анализ научно-технической литературы позволяет сделать вывод, что при почвозащитной системе земледелия, для основной обработки пара и стерневых фонов наиболее эффективно использовать широкозахватные комбинированные орудия, способные за один проход агрегата выполнить не менее трех технологических операций (Смарагд, Пегасус, АПК-7,2). Использование этих машин позволит повысить производи-

тельность агрегатов, сократить до минимума разрыв между проведением технологических операций и воздействие движителей тракторов на почву, что даст возможность сохранить влагу в почве и предотвратить возникновение процесса распыления верхних и переуплотнение нижних слоев почвы на возделываемых площадях. Наряду с перечисленными положительными показателями работы комбинированных агрегатов разработанных в Германии и России все они имеют существенные недостатки так, как разрабатывались и испытывались в почвенных условиях Сибири и центральной Европы. Известно, что почвенно-климатические условия Северного Казахстана значительно отличаются, поэтому получить требуемое качество обработки на средних и тяжелых по механическому составу почвах при средней твердости обрабатываемого слоя 3,0-3,5 МПа и влажности 10-12% практически невозможно. Поэтому проблема разработки комбинированного орудия адаптированного к зональным почвенным условиям, способного устойчиво выполнять технологический процесс основной обработки с требуемым качеством является актуальной.

На основании анализа научно-технической и патентной литературы установлено, что в практике мирового сельхозмашиностроения используются четыре основные технологические схемы комбинированного орудия. Поэтому при обосновании схемы проводилась проверка четырех вариантов по технологическим схемам, представленным на рисунке 1.

Схема 1 – Стрельчатые рабочие органы с шириной захвата 480 мм установленные в два ряда, дисковые рабочие органы \varnothing 450 мм (установленные в один ряд), прикатывающий каток (прутковый, двухбарабанный).

Схема 2 – Стрельчатые рабочие органы с шириной захвата 480 мм установленные в два ряда, дисковые рабочие органы \varnothing 450 мм (установленные попарно, под углом относительно друг к другу), прикатывающий каток (прутковый, двухбарабанный).

Схема 3 – Стрельчатые рабочие органы с шириной захвата 480 мм установленные в два ряда, дисковые рабочие органы \varnothing 450 мм (установленные в один ряд).

Схема 4 – Стрельчатые рабочие органы с шириной захвата 480 мм установленные в два ряда, прикатывающий каток (прутковый, двухбарабанный).

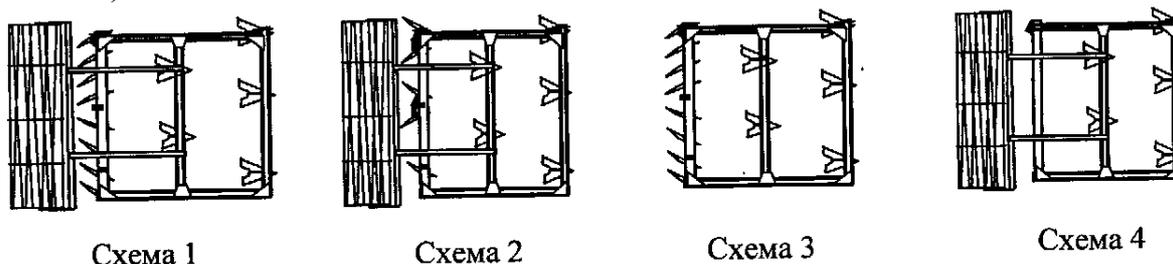


Рисунок 1 – Варианты технологических схем

Основными оценочными показателями при агротехнической оценке технологических схем были приняты крошение обрабатываемого слоя, подрезание сорных растений, сохранение стерни на поверхности и устойчивость хода по глубине обработки. Проверка вариантов технологических схем комбинированного орудия для основной обработки почвы проводилась на лабораторно-полевой установке представленной на рисунке 2. Сроки проведения исследований, на паровом фоне 24 июля-10 августа, на стерне 25 августа-3 сентября.

Фон поля – пар. Почвенные условия в период проведения исследований характеризовались средними значениями влажности – 26,3 %, тведости – 1,4 МПа, плотность – 0,9 г/см³, в слое 0-20 см.

Фон поля – стерня пшеницы, третья культура после пара. Состояние почвенного слоя, на глубине 0-20 см характеризовалось средними значениями влажности почвы 5,7%, тведости 3,1 МПа и плотности 1,3 г/см³. Глубина хода стрелчатых рабочих органов 14-16, дисковых 5-6 см.

Полученные экспериментальные данные обрабатывались методом математической статистики, а оценка существенности разницы выборочных средних проводилась по t- критерию Стьюдента [5].

Исследования показали, что с увеличением скорости движения в пределах 1,6-2,5 м/с, в соответствии с рисунком 3а (фон пар) и 3б (фон стерня), рыхление и крошение обрабатываемого слоя, по всем вариантам технологических схем возрастает. На исследуемых режимах движения агрегата максимальное рыхление, на паровом фоне, 76-84 % фракций размером менее 25 мм получено при использовании технологической схемы 1. Несколько ниже рыхление обрабатываемого слоя почвы (74-79 %) получено при использовании технологической схемы 2. Минимальное рыхление почвы 70-76 % обеспечивала схема 4. Результаты исследований технологических схем 3 и 4, показали, что при данных почвенных условиях они обеспечивают 72-78 и 70-76 % рыхления почвы соответственно, в зависимости от скорости движения.



Рисунок 2 – Общий вид лабораторно-полевой установки

Исследования на стерневом фоне показали, что с увеличением скорости движения агрегата с 1,7 до 2,8 м/с крошение почвы, по всем исследуемым схемам, увеличивается. Однако качество крошения почвы, по сравнению с паровым фоном, снизилось. Наиболее высокое качество крошения обрабатываемого слоя 59-68 %, в соответствии с рисунком 3б, обеспечивает схема 1.

Минимальное качество крошения 49-56 %, обеспечивает схема 4. Все остальные схемы обеспечивают крошение почвы в пределах 53-61 % фракций менее 50 мм.

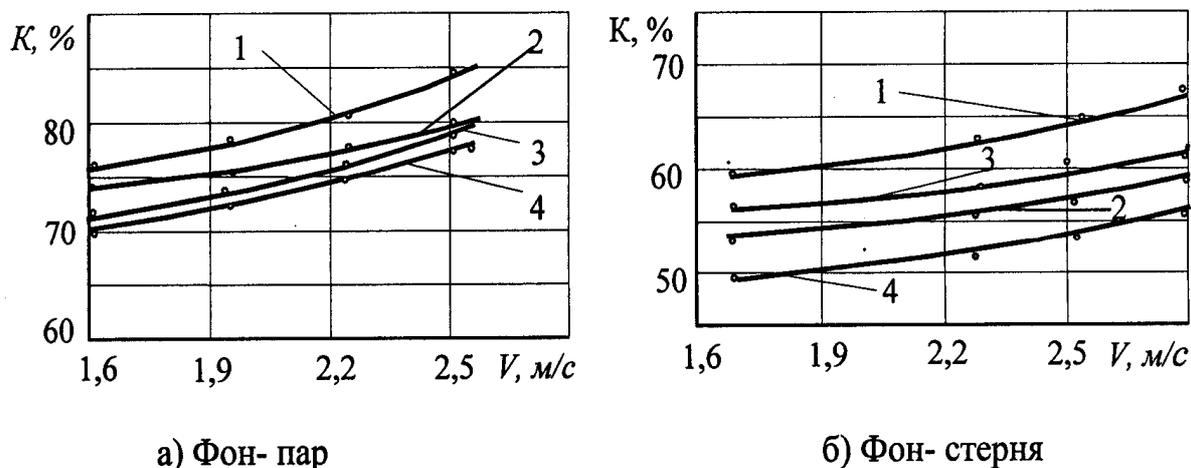


Рисунок 3 – Влияние скорости движения агрегата и технологической схемы орудия на крошение почвы (фракции: до 25 мм – пар; до 50 мм – стерня)

Таким образом, необходимое качество крошения почвы на обработке пара, в соответствии с исходными требованиями [4] (не менее 80 % фракций до 25 мм), обеспечивает схема 1 на скорости движения агрегата 2,2-2,5 м/с. При обработке стерневых фонов не менее 60 % фракций до 50 мм обеспечивает схема 1 на скорости движения 1,8-2,8 м/с, и схема 3 на скорости движения 2,7-2,8 м/с.

Оценка показателей устойчивости хода по глубине обработки проводилась на тех же участках.

Установлено, что при увеличении скорости движения агрегата от 1,6 до 2,5 м/с изменение среднеквадратического отклонения глубины обработки по абсолютной величине по всем схемам составляет 0,2-0,3 см и находятся в пределах ошибки опыта (рис. 4). Минимальное значение среднеквадратического отклонения $\pm 1,2-1,4$ см имеет схема 4, а максимальное $\pm 1,6-1,7$ см схема 3. При этом следует отметить, что все схемы по устойчивости хода рабочих органов соответствуют исходным требованиям для заданной глубины обработки.

Исследования проведенные на стерневом фоне показали, что при средней глубине хода рабочих органов (14,8 см) среднеквадратическое отклонение глубины обработки с увеличением скорости движения возрастает во всех исследуемых схемах расстановки рабочих органов. Наибольшее среднеквадратическое отклонение глубины обработки получено при использовании схемы 3, а минимальное – схемы 4 (рисунок 5). Увеличение скорости движения агрегата с 1,7 до 2,8 м/с повышает среднеквадратическое отклонение, у схемы 3 с 2,2 до 2,7 см, а у схемы 4 с 1,5 до 1,7 см. Зависимость изменения среднеквадратического отклонения

глубины обработки от скорости движения носит линейный характер, который сохраняется во всех исследуемых схемах. Исходными требованиями на базовую технологическую операцию (безотвальная обработка почвы) установлено, что среднее квадратическое отклонение глубины обработки не должно превышать ± 2 см.

Таким образом, установлено, что на обработке стерневых фонов схемы 1, 2 и 4 по показателю среднее квадратическое отклонение глубины обработки соответствуют исходным требованиям на базовые машинные технологические операции «безотвальная обработка почвы».

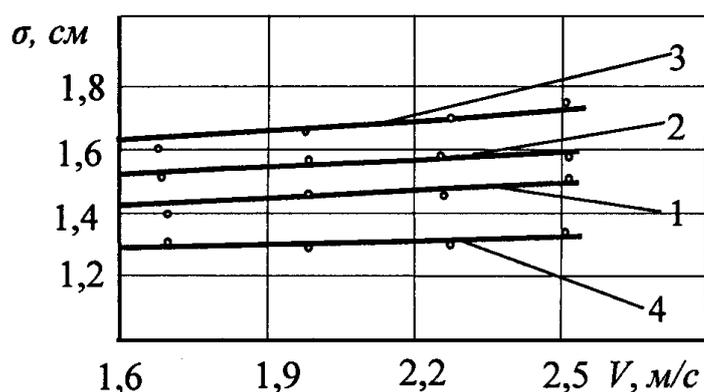


Рисунок 4 – Влияние скорости движения агрегата и технологической схемы орудия на среднее квадратическое отклонение глубины обработки.
Фон – пар

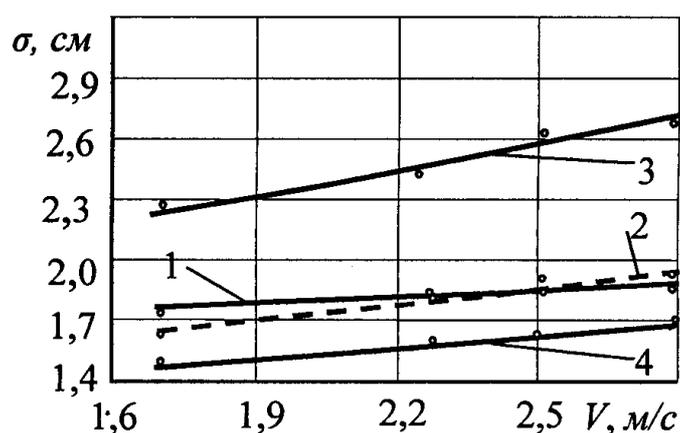


Рисунок 5 – Влияние скорости движения агрегата и технологической схемы орудия на среднее квадратическое отклонение глубины обработки.
Фон – стерня

При проведении лабораторно-полевых исследований по определению влияния технологической схемы на подрезание сорной растительности, средняя глубина обработки стрельчатými лапами на паровом

фоне составляла 15,2, на стерне 14,8 см, а дисковыми рабочими органами 7,2 и 6,4 см соответственно. При этом скорость движения агрегата находилась в пределах 2,3-2,5 и 2,6-2,8 м/с. Результаты исследований показали, что в зависимости от технологической схемы качество подрезания сорных растений изменяется. Установлено, что на обработке пара лучшее качество подрезания сорной растительности, в соответствии с рисунком 6, обеспечивает схема 1. Сплошная обработка почвы стрельчатými рабочими органами, которые установлены на раме орудия с перекрытием 50 мм между смежными рабочими органами, позволяет подрезать все сорные растения, находящиеся на глубине обработки. Дисковые рабочие органы установлены за стрельчатыми лапами в один ряд с расстоянием между дисками 175-180 мм и углом атаки 20-22 градуса. Они подрезают сорняки на глубине 6-7 см и нарушают связь корневой системы растения с почвой. Двухбарабанный прикатывающий каток частично вычёсывает сорняки, которые находятся в поверхностном слое, в зоне действия прутковых рабочих органов, при этом каток создаёт рыхлую поверхность, глубиной до 5 см, при которой приживаемость растений минимальная. Технологическая схема с такой расстановкой рабочих органов обеспечивает 100 % уничтожение сорных растений на заданной глубине обработки.

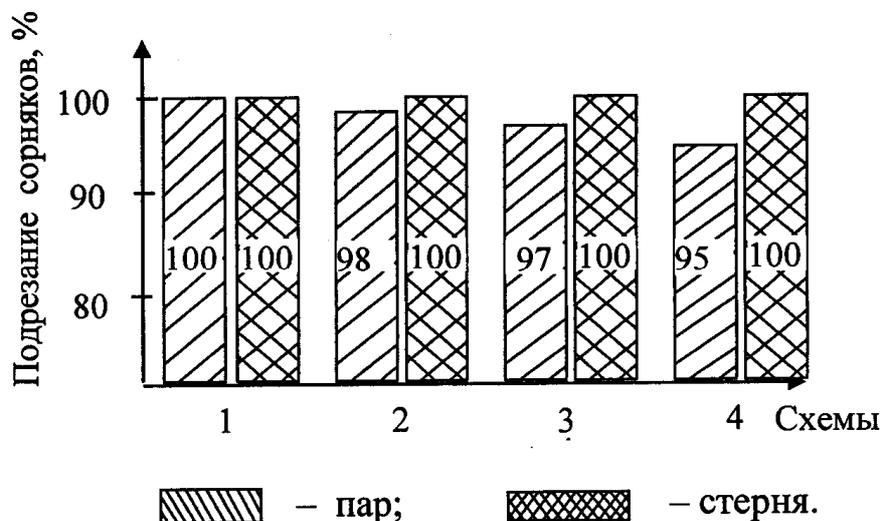


Рисунок 6 – Влияние технологической схемы орудия на качество подрезания сорной растительности

Технологическая схема 2 обеспечивает подрезания 98 % сорняков. Ухудшению качества подрезания сорных растений, в схеме 2, способствует парное расположение дисковых рабочих органов. Как и в схеме 1, дисковые рабочие органы расположены за стрельчатыми лапами, однако установлены они попарно на стойке с углом атаки 18 град. каждая. Расстояние между стойками дисковых пар находилось в пределах 750-760 мм, это способствовало тому, что между секциями дисков оставались

необработанные участки, полосы шириной 200-250 мм, на которые укладывалась почва, отброшенная дисковыми рабочими органами. Это способствовало сохранению и приживаемости на обработанном участке 2 % сорных растений.

Снижение качества подрезания сорных растений у остальных схем можно объяснить отсутствием одного или двух видов рабочих органов входящих в комбинацию рабочих органов схемы 1. Отсутствие прикатывающего катка в технологической схеме способствует снижению устойчивости хода орудия по глубине обработки, что также влияет на снижение качества подрезания сорных растений. Подтверждение тому процент подрезания сорных растений при использовании схем 3, 4.

Проведение исследований на стерневом фоне показало, что все исследуемые схемы обеспечивают полное уничтожение сорной растительности. Таким образом, результаты исследований показывают, что полное подрезание сорных растений, на паровом фоне, за один проход агрегата обеспечивается при расстановке рабочих органов по технологической схеме 1. На стерневом фоне полное уничтожение сорной растительности обеспечивают все исследуемые схемы.

Проведена оценка существенности разницы выборочных средних по t - критерию. Она показала, что при 5-ти % уровне значимости разность средних значений схем 1 и 4 больше, чем наименьшая существенная разность $d > НСР_{0,5}$ ($3,9 > 0,7$). Когда разность между средними значениями попадает в область существенных различий, она признается значимой.

Одним из элементов почвозащитной системы земледелия в районах подверженных возникновению ветровой эрозии является сохранение на поверхности поля пожнивных остатков. Согласно существующим рекомендациям на проведение основной безотвальной обработки почвы, содержание пожнивных остатков на обработанной поверхности должно быть не менее 60 % от исходного.

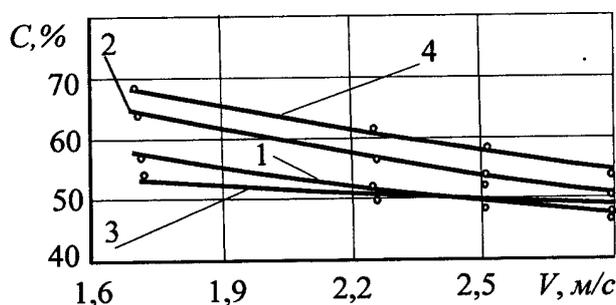


Рисунок 7 – Влияние скорости движения агрегата и технологической схемы орудия на сохранение стерни после прохода орудия. Фон – стерня

Проверка влияния технологических схем на сохранность стерни показала, что в зависимости от схемы показатель сохранности стерни из-

меняется от 48 до 69 %. Увеличение скорости движения агрегата от 1,7 до 2,8 м/с снижает количество стерни на поверхности поля на 5-16 %. Результаты исследований показали, что максимальное количество стерни на поверхности поля, в соответствии с рисунком 7, остается после прохода орудия с технологической схемой 4.

Применение дисковых рабочих органов, в зависимости от схемы их расстановки 1 или 2, снижают содержание стерни на поверхности поля на 5-10 % по сравнению со схемой 4.

Таким образом, по результатам проведенных исследований установлено, что на обработке пара и стерни расстановка рабочих органов на раме лабораторной установки по технологической схеме 1, в сравнении с другими схемами, позволяет качественно выполнять технологический процесс и обеспечивает показатели, заложенные в исходные требования на базовые машинные технологические операции. Требуемое количество стерни на поверхности поля, после прохода, обеспечивает схема 4. Разрабатываемое комбинированное орудие должно иметь технические решения, позволяющие совмещать две схемы в одном почвообрабатывающем орудии.

Литература

1. Система технологий и машин для комплексной механизации растениеводства Республики Казахстан на период до 2005 г: Рекомендации /НАЦАИ РК, ЦелинНИИМЭСХ. – Алматы: РНИ «Бастау», 1998. – 150 с.
2. Разработать технологии и средства механизации для возделывания и уборки кормовых культур. Отчет о НИР (заключительный) /РГКП «ЦелинНИИМЭСХ». Руководитель Дерепаскин А.И. – 05.03.01Т; № ГР 0196РК00615. – Кустанай, 2000, – 156 с.
3. Разработать комплекс машин к гусеничному трактору класса 4. Орудие с комбинированными рабочими органами для распашки заброшенных полей. Отчет о НИР (заключительный) /ДГП «ЦелинНИИМЭСХ». Руководитель Дерепаскин А.И. – 02.01.09.02 № ГР 0101РК00171. – Костанай, 2005. – 121 с.
4. Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве. Министерство сельского хозяйства РФ. – Москва, 2005. – 269 с.
5. Блохин В.Г. и др. Современный эксперимент: подготовка, проведение, анализ результатов. – М.: Радио и связь, 1997. – 229 с.

УДК 631.313

*Гайфуллин Г.З., д.т.н., профессор,
Мунтаева Л.А., магистрант, Мурзабеков Т.А., магистрант
Костанайский государственный университет имени А. Байтурсынова
Амантаев М.А., магистр с-х. наук, младший научный сотрудник
Костанайский филиал КазНИИМЭСХ, г. Костанай*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДНА БОРОЗДЫ, ФОРМИРУЕМЫМ РОТАЦИОННЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ

В данной статье рассмотрены основные результаты теоретических исследований кинематики движения ротационного рабочего органа

Кинематика ротационных рабочих органов достаточно подробно описана во многих работах, в частности [1, 2]. Однако, в стороне от внимания исследователей остались вопросы формирования борозды элементарной поверхности рабочего органа.

Рассмотрим кинематику движения дискового ротационного рабочего органа, для этого составим следующую расчетную схему. Основная система координат $OXYZ$ выбрана таким образом, чтобы ось OX совпадает с направлением поступательного движения рабочего органа. Ось OZ – вертикальна поверхности поля и проходит через нижнюю точку касания O рабочего органа с дном борозды. Ось OY лежит в поперечной плоскости параллельно поверхности поля, рисунок 1.

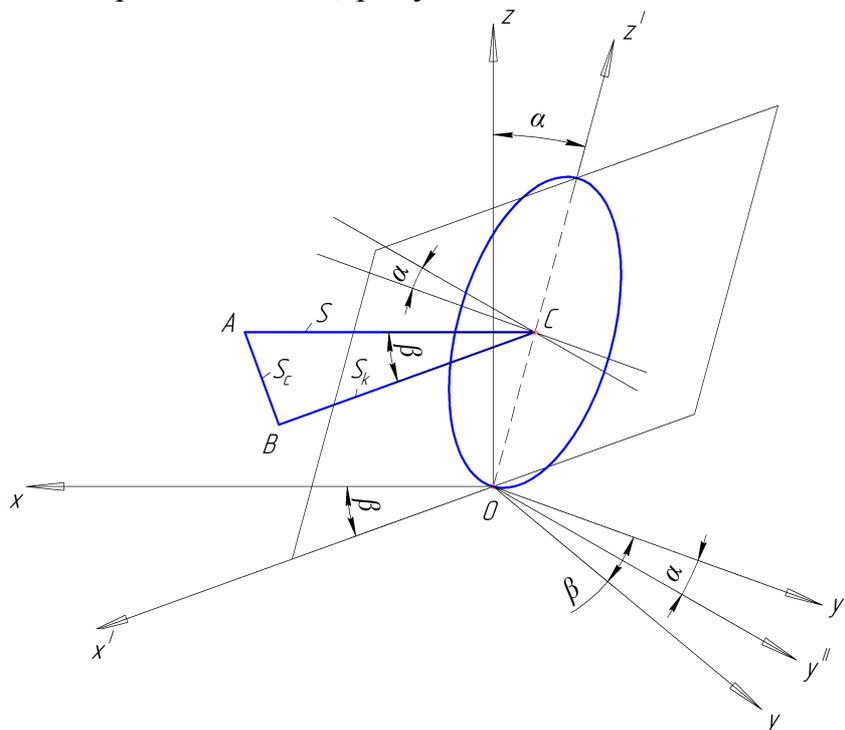


Рисунок 1 – Схема перемещений ротационного рабочего органа в почве

Начало системы координат точка O совпадает с нижней точкой касания рабочего органа с дном борозды. Плоскость вращения рабочего органа отклонена от направления поступательного движения на угол β и от вертикали на угол α . Введем дополнительную систему координат $OX'Y'Z'$, которая получается из системы $OXYZ$ следующими преобразованиями:

- осуществляется поворот осей вокруг OZ на угол β , получаем систему координат $OX'Y'Z$;
- осуществляется поворот осей вокруг OX' на угол α , получаем систему $OX'Y'Z'$.

Пусть в системе координат $OXYZ$ центр рабочего органа C переместится по оси OX на расстояние S , рисунок 1. Разложим его на две составляющие по направлениям осей OX' , OY' и получим перемещения S_k и S_c .

Рассмотрим перемещение рабочего органа в направлении оси OX' в системе координат $OX'Y'Z'$. При прохождении пути S_k центром рабочего органа C радиус-вектор CM повернется от точки M до точки M' , т.е. на угол θ , тогда:

$$S_k = \frac{\theta \cdot R}{i} \quad (1)$$

где, R – радиус ротационного рабочего органа;
 i – коэффициент, характеризующий проскальзывания рабочего органа относительно дна борозды по оси OX' , при этом $i > 0$.

Ротационный рабочий орган представляет собой окружность с радиусом R . Начальные координаты точки M , лежащей на радиус-векторе CM равны: $X'=R$; $Y''=0$; $Z'=R$, рисунок 2. При повороте радиус-вектора CM на угол θ координаты получают следующие приращения:

- от поступательного движения:

$$\Delta X' = S_k = \frac{\theta \cdot R}{i}; \quad \Delta Y'' = 0; \quad \Delta Z' = 0; \quad (2)$$

- от вращательного движения:

$$\Delta X' = -(R - R \cdot \cos \theta); \quad \Delta Y'' = 0; \quad \Delta Z' = -R \cdot \sin \theta. \quad (3)$$

Координаты точки M после поворота радиус-вектора CM на угол θ равны начальным, увеличенным на соответствующие приращения:

$$\begin{cases} X' = \frac{\theta \cdot R}{i} + R \cdot \cos \theta; \\ Y'' = 0; \\ Z' = R \cdot (1 - \sin \theta). \end{cases} \quad (4)$$

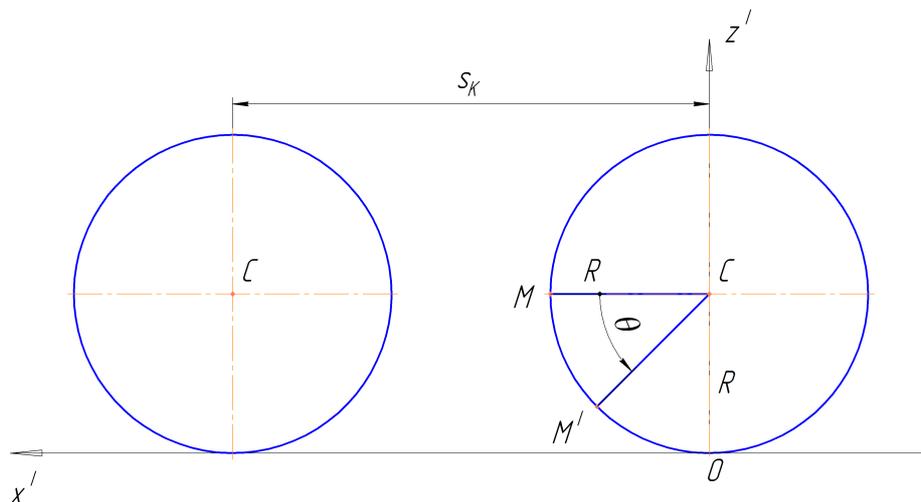


Рисунок 2 – Движение ротационного рабочего органа в направлении оси OX'

Перейдем к системе координат $OXYZ$, для этого сначала повернем $OY'Z'$ вокруг оси OX' на угол α ; Затем повернем OXY вокруг оси OZ на угол β .

После соответствующих преобразований [3] получим:

$$\begin{cases} X = \left(\frac{\theta \cdot R}{i} + R \cdot \cos \theta\right) \cdot \cos \beta - R \cdot (1 - \sin \theta) \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta; \\ Y = \left(\frac{\theta \cdot R}{i} + R \cdot \cos \theta\right) \cdot \sin \beta + R \cdot (1 - \sin \theta) \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta; \\ Z = R \cdot (1 - \sin \theta) \cdot \cos \alpha. \end{cases} \quad (5)$$

Выразим перемещение рабочего органа S_c (вдоль оси OY') через S_k , рисунок 3.

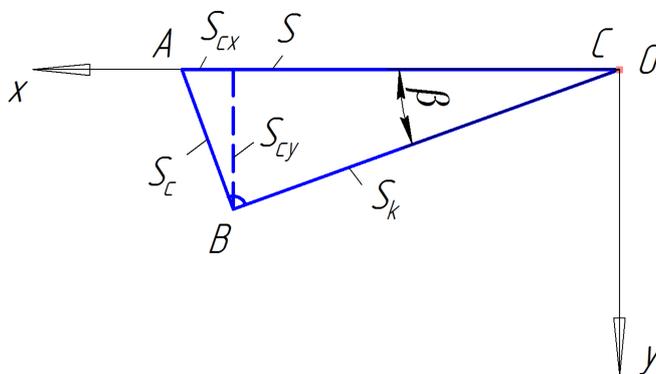


Рисунок 3 – Схема для определения составляющих перемещения S_c

$$S_c = S_k \cdot \operatorname{tg} \beta = \frac{\theta \cdot R}{i} \cdot \operatorname{tg} \beta \quad (6)$$

Разложим S_c по осям координат OX и OY , тогда проекции перемещения S_c будут соответственно равны:

$$\begin{cases} S_{cx} = S_c \cdot \sin \beta = \frac{\theta \cdot R}{i} \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \sin \beta; \\ S_{cy} = S_c \cdot \cos \beta = \frac{\theta \cdot R}{i} \cdot \sin \beta. \end{cases} \quad (7)$$

S_{cx} и S_{cy} представляют приращения координат точки M по осям OX и OY от перемещения S_c . Прибавим их к соответствующим координатам от перемещения S_k в выражение (5), получим уравнение траектории движения точки поверхности дискового ротационного рабочего органа в координатной форме в зависимости от угла отклонения от вертикали α , угла атаки β и кинематического коэффициента i в системе координат $OXYZ$:

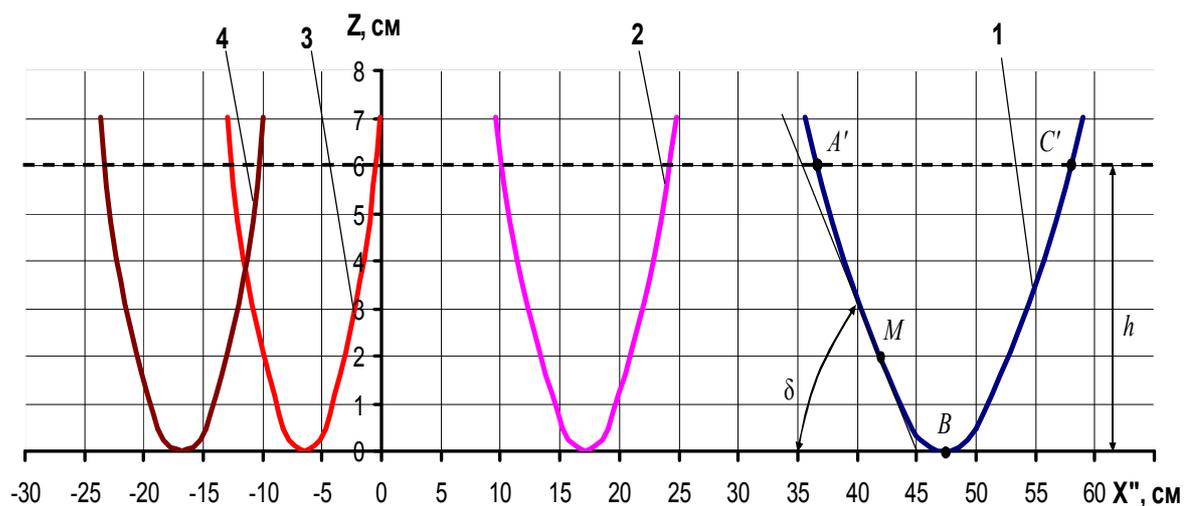
$$\begin{cases} x = \frac{\theta \cdot R}{i \cdot \cos \beta} + R \cdot \cos \theta \cdot \cos \beta - (1 - \sin \theta) \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta; \\ y = R \cdot \cos \theta \cdot \sin \beta + R \cdot (1 - \sin \theta) \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta; \\ z = R \cdot (1 - \sin \theta) \cdot \cos \alpha. \end{cases} \quad (8)$$

Во время работы точка M поверхности ротационного рабочего органа совершает криволинейное движение в почве. Дно борозды, формируемое элементом ротационного рабочего органа, расположенным вокруг точки M описывается следующим уравнением:

$$\begin{cases} X'' = \left(\frac{\theta \cdot R \cdot \cos \gamma}{i \cdot \cos \beta} + R \cdot \cos \theta \cdot \cos(\beta + \gamma) - [1 - \sin \theta \cdot \sin(\beta + \gamma) \cdot \sin \alpha] \right); \\ Y'' = \left(\frac{\theta \cdot R \cdot \sin \gamma}{i \cdot \cos \beta} + R \cdot \cos \theta \cdot \sin(\beta + \gamma) + R \cdot (1 - \sin \theta \cdot \sin \alpha \cdot \cos(\beta + \gamma)) \right); \\ Z'' = R \cdot (1 - \sin \theta) \cdot \cos \alpha. \end{cases} \quad (9)$$

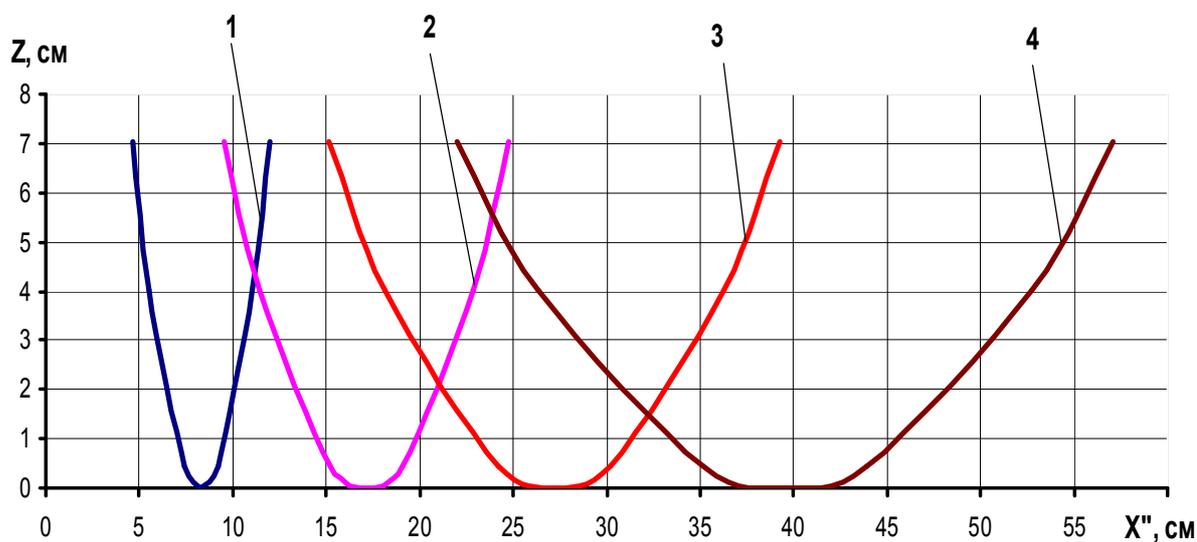
где, γ – угол между направлением поступательного движения агрегата и вектором скорости точки M при $\theta=90^\circ$.

На рисунке 4 представлены профили борозды, образуемые точкой поверхности ротационного рабочего органа. Они раскрывают характер движения ротационного рабочего органа в почве. Из них видно что, точка поверхности диска движется в плоскости, сначала заглубляясь от поверхности до глубины h (линия $A'B$), затем происходит выглубление от h до поверхности почвы (линия BC'). Аналогичным образом происходит движение всех элементов диска в период нахождения в почве.



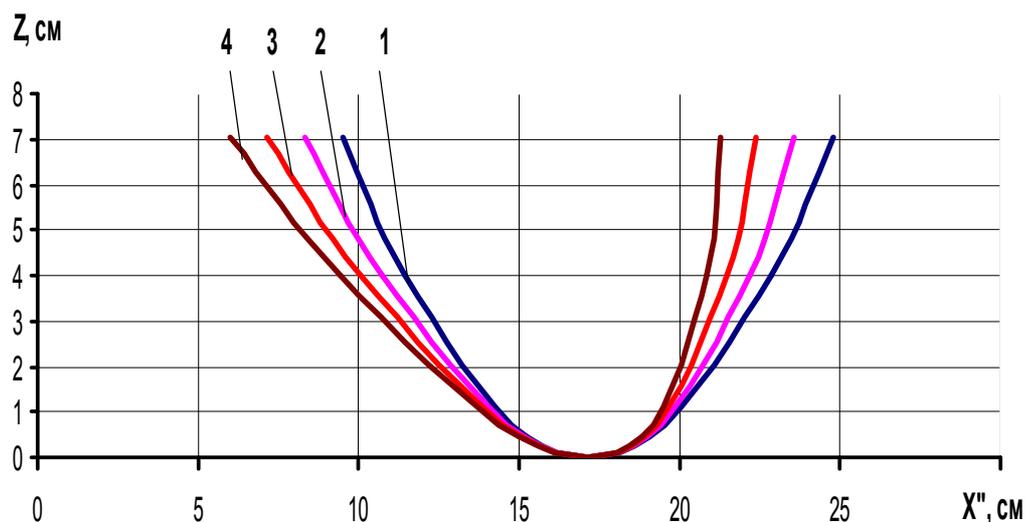
$$1 - i = 0.8, 2 - i = 1.0, 3 - i = 1.2, 4 - i = 1.4$$

а)



$$1 - \beta = 10 \text{ град.}, 2 - \beta = 20 \text{ град.}, 3 - \beta = 30 \text{ град.}, 4 - \beta = 40 \text{ град.}$$

б)



1 – $\alpha = 0$ град., 2 – $\alpha = 10$ град., 3 – $\alpha = 20$ град., 4 – $\alpha = 30$ град.
в)

а) – $\alpha = 0$ град., $\beta = 20$ град., б) – $i = 1$, $\alpha = 0$ град., в) – $i = 1$, $\beta = 20$ град.

Рисунок 4 – Траектории движения точки поверхности диска в координатной плоскости $X''OZ''$

Из рисунков видно, что увеличение кинематического коэффициента i вызывает сокращение длины формируемого дна борозды, рост угла атаки β приводит к росту длины дна борозды, а увеличение угла отклонения от вертикали α приводит к изменениям характера заглупления и выглупления элемента ротационного рабочего органа.

Таким образом, получены зависимости, позволяющие определять параметры траектории движения точек, лежащих на поверхности ротационного рабочего органа, и формы образуемого дна борозды в зависимости от угла атаки β , угла отклонения плоскости вращения рабочего органа α , кинематического коэффициента i . Они могут быть использованы при обосновании основных параметров ротационных рабочих органов.

Литература

1. Синеоков Г.Н. Дисковые рабочие орган почвообрабатывающих машин. Теория и расчет // М.;1949. – 83 с.
2. Канарев Ф.М. Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия // М.; Машиностроение, 1983. – 142 с.
3. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике // М.; 1963. – 870 с.

УДК 631.353.3

*Астафьев В.Л., д.т.н., профессор, Дерепаскин А.И., д.т.н.,
Бобков С.И., к.т.н., Полищук Ю.В. к.т.н.
Костанайский филиал КазНИИМЭСХ, г. Костанай*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОДАЧИ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ СЕНОСОЛОМИСТОЙ МАССЫ В ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОМ ПОДБОРЩИКЕ-ПОГРУЗЧИКЕ РАССЫПНОГО СЕНА

В статье приведено исследование процессов подачи и транспортирования сеносоломистой массы и обоснование параметров расположения подбирающе-подающего механизма относительно ротора в пневмомеханическом подборщике-погрузчике рассыпного сена

Грубые корма в виде сена однолетних и многолетних трав, а также солома зерновых культур занимают основную долю в структуре зимнего кормового баланса животноводства Северного Казахстана. Следует отметить, что сено в регионе заготавливают преимущественно в рассыпном виде. При этом рынок машин для заготовки рассыпного сена представлен в весьма ограниченном ассортименте. Машины ближнего и дальнего зарубежья представлены в основном прицепными подборщиками-стогообразователями, удовлетворительно работающими только при высокой урожайности трав (4 т/га и более). Это на 10 – 30 ц/га превышает зональную урожайность трав. При этом они имеют высокую стоимость. Для подбора сена из валков и погрузки его в сборочную емкость используются подборщики-погрузчики типа «Ветерок» на базе списанных зерноуборочных комбайнов «Нива» и «Енисей», которые морально устарели и имеют низкую надежность в работе. В 90-х годах прошлого века в ЦелинНИИМЭСХ была разработана конструкция прицепного подборщика-погрузчика рассыпного сена, который под маркой «Тайфун» выпускается в ТОО «Агротехмаш» (г. Костанай).

В качестве подбирающе-подающего устройства используется полотняный подборщик с закрепленными на нем пружинными пальцами. В качестве пневмошвыркового механизма используется простейший рабочий орган роторного типа, который с точки зрения аэродинамических показателей можно рассматривать, как обычный центробежный вентилятор. При транспортировании материала роторными рабочими органами перемещение его происходит как за счет броска лопастью, так и под воздействием воздушного потока, образующегося при работе ротора.

Основным недостатком конструкции подборщика-погрузчика «Тайфун» является нарушение технологического процесса при работе на различных по длине стеблей травах. На короткостебельных травах (житняк,

эспарцет) происходит сгруживание массы перед ротором либо её выброс, а на длинностебельных (костер, донник) происходит наматывание стеблей на вал ротора. Это происходит вследствие несогласованности параметров и режимов работы подбирающе-подающего механизма с ротором.

Главное условие согласованности работы этих двух механизмов машины заключается в обеспеченности оптимальной зоны контакта лопастей ротора с подаваемой массой. То есть необходимо, чтобы масса после её схода с полотняного подборщика попадала в определенный сектор окружности вращения ротора для её дальнейшей подачи в воздуховод под нужным углом δ со скоростью $V_{рез}$ (рисунок 1). Эта скорость является результирующей двух скоростей: первоначальной скорости схода массы с полотняного подборщика V_0 и скорости V_1 , полученной в результате «броска» лопастью ротора вентилятора. Далее она подхватывается воздушным потоком и со скоростью $V_{воз}$, создаваемым ротором, и транспортируется дальше по воздуховоду.

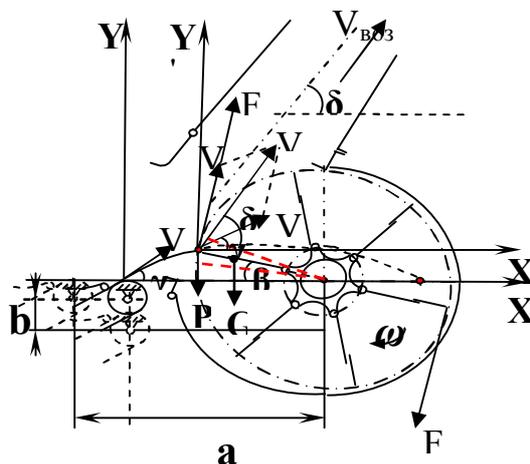


Рисунок 1 – Расчетная схема подающе-транспортирующей системы.

Установив этот сектор окружности вращения ротора, параметры и режимы работы подборщика (скорость движения ленты и, соответственно, скорость движения массы V_0 в момент схода с транспортера, радиус ведущего вала подборщика), и зная параметры ротора (его диаметр, частоту вращения ω), можно определить рациональные расстояния a и b (рисунок 1) расположения ведущего вала подборщика в горизонтальной и вертикальной плоскостях относительно оси вращения ротора вентилятора и угол наклона подборщика γ к горизонту. При правильном выборе оптимальной зоны контакта снижаются затраты мощности, уменьшается выброс короткостебельной растительности и растений низкой влажности, а также предотвращается закручивание на роторе и исключение процесса вращения длинностебельной растительности и растений повышенной влажности.

Для нахождения оптимальной зоны контакта сеносоломистой массы с лопастями ротора вентилятора необходимо определить траекторию движения сеносоломистой массы при её сбрасывании с подающего транспортера и траекторию движения массы после встречи с лопастью ротора.

Теоретическое определение траектории движения сена при подаче его на ротор вентилятора в зависимости от скорости его движения и угла выхода к горизонтали представляет определенные трудности, поскольку сено не однородное тело и не движется компактным пучком. Однако, с некоторыми допущениями для тела массой m , брошенного с начальной скоростью V_0 под углом γ к горизонту, траектория может быть определена приближенно [1]:

$$y = xtg\gamma - \frac{g}{2V_0^2 \cos^2 \gamma} x^2 \quad (1)$$

Из формулы (1) видно, что траектория движения тела представляет собой параболу. В результате анализа уравнения и построения расчетных кривых движения массы в зависимости от скорости V_0 и угла наклона транспортера γ установлено, что рабочие органы приемного устройства (в нашем случае это лопасти ротора) должны располагаться в пределах 0,2-0,3 м по горизонтали от точки выброса массы с транспортера. Это расстояние по горизонтали соответствует точкам параболы, по которой движется масса, на её подъеме близко к перегибу. В данных точках траектории скорость движения максимальная, это необходимое условие при подаче массы на ротор. После точки перегиба масса движется вниз, т.е. скорость начинает падать и стремится к нулю, поэтому данный участок кривой не учитывается.

Для определения направления движения массы после броска лопастью ротора необходимо знать траекторию её движения.

Используем теорему о движении центра масс системы материальных точек [1, 2]:

$$Ma_c = \sum_{k=1}^n F_k^e \quad (2)$$

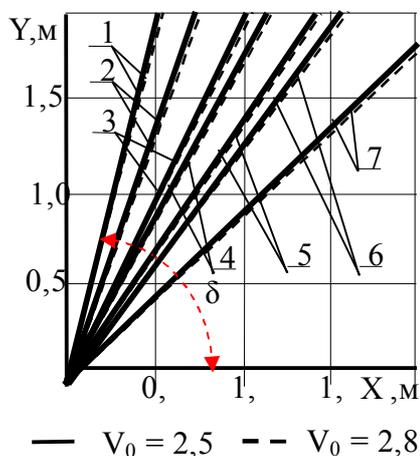
где M – масса системы, кг; a_c – ускорение центра масс, м/с²; F_k^e – проекция внешних силы, Н.

После проецирования на оси X и Y , преобразования и интегрирования уравнения (2) находим уравнение траектории движения массы после встречи с лопастью ротора вентилятора:

$$y = \frac{x \cdot \omega \cdot R \cdot \cos\beta}{\omega \cdot R \cdot \sin\beta + 2 \cdot V_0 \cdot \cos\gamma} - \frac{x^2 \cdot g}{2 \cdot \left(\frac{\omega \cdot R \cdot \sin\beta}{2} + V_0 \cdot \cos\gamma \right)^2} + \frac{x \cdot V_0 \cdot \sin\gamma}{\frac{\omega \cdot R \cdot \sin\beta}{2} + V_0 \cdot \cos\gamma} \quad (3)$$

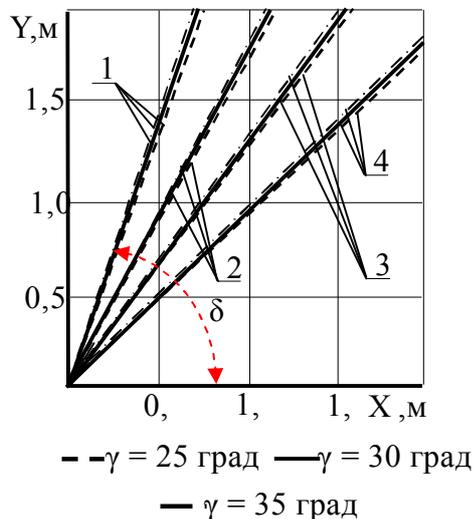
Как видно из формулы (3) траектория представляет собой параболу. Наибольший интерес представляет угол наклона δ основания кривой, т. е. угол, под которым начинает двигаться масса после броска лопастью ротора (рисунок 1).

На рисунке 2 представлены траектории движения массы в момент её отрыва от лопасти ротора в зависимости от первоначальной скорости подачи массы на лопасть V_0 , при разных углах β отклонения лопасти от горизонтали и при постоянном угле γ подачи массы (представлены только начальные отрезки кривых, близкие к прямым линиям, поскольку точки перегиба парабол находятся далеко за пределами графиков). Из рисунка 2 видно, что на изменение траектории движения массы, а соответственно и на угол δ её наклона к горизонтали существенное влияние оказывает угол β отклонения лопасти ротора.



- 1 – $\beta = 10$ град.; 2 – $\beta = 15$ град.;
 3 – $\beta = 20$ град.; 4 – $\beta = 25$ град.;
 5 – $\beta = 30$ град.; 6 – $\beta = 35$ град.;
 7 – $\beta = 45$ град.

Рисунок 2 – Траектория движения массы после отрыва от лопасти вентилятора (при угле наклона транспортера $\gamma = 30$ град)



- 1 – $\beta = 15$ град.; 2 – $\beta = 25$ град.;
 3 – $\beta = 35$ град.; 4 – $\beta = 45$ град..

Рисунок 3 – Траектория движения массы после отрыва от лопасти вентилятора (при скорости подачи массы на ротор вентилятора $V_0 = 2,5$ м/с)

На рисунке 3 также представлены траектории движения массы в момент её отрыва от лопасти ротора (также представлены только начальные отрезки парабол) в зависимости от угла γ подачи массы, при разных углах β отклонения лопасти от горизонтали и при постоянной первоначальной скорости подачи массы на лопасть V_0 .

Из рисунка 3 также видно, что существенное влияние на изменение траектории движения массы, а соответственно и на угол δ её наклона к горизонтали оказывает угол β отклонения лопасти ротора.

Анализ расчетной схемы подающе-транспортующей системы машины позволяет сделать заключение о целесообразности совпадения угла δ , под которым масса движется после встречи с лопастью ротора, с углом наклона воздуховода для исключения потерь энергии на трение массы о стенки воздуховода при транспортировке последней.

По формуле (3) были построены траектории движения массы после броска лопастью ротора при различных углах β отклонения лопасти от горизонтали и определены соответствующие этому отклонению углы δ .

На рисунке 4 представлен график зависимости угла δ направления $V_{рез}$ от угла β отклонения лопасти, представляющий собой близкую к прямой линию.

Исследованиями, проведенными ранее, установлено, что для устойчивого заполнения сборочной емкости угол наклона воздуховода должен составлять 60-70 градусов. Следовательно, угол отклонения лопасти ротора от горизонтали (рисунок 4) должен составлять 15-25 градусов. Именно в этот сектор окружности вращения ротора должна подаваться масса сена после её сбрасывания с полотняного подборщика.

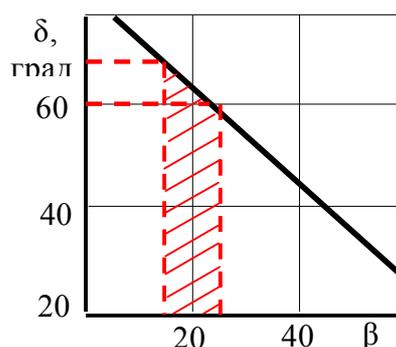


Рисунок 4 – Зависимость угла δ направления $V_{рез}$ от угла β отклонения лопасти ротора от горизонтали

Таким образом, зная траекторию движения сеносоломистой массы при её сбрасывании с подборщика и сектор окружности вращения ротора, в который должна подаваться масса сена, с учетом конструктивных параметров подборщика и ротора можно определить параметры их расположения относительно друг друга для надежного выполнения технологического процесса подбора и транспортирования сеносоломистой массы пневмомеханическим способом.

Литература

1. Бать И.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика в примерах и задачах. –М.: Наука, 1975. –Т. 2. – 607 с.
2. Добронравов В.В., Никитин Н.Н., Дворников А.Л. Курс теоретической механики. –М.: Высшая школа, 1974. –528 с.

УДК 631.313

*Лежнев Ю. Ф., к.т.н.**Костанайский филиал КазНИИМЭСХ, г. Костанай*

НОВОЕ ОРУДИЕ ДЛЯ БОРЬБЫ С СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ

В статье приведено описание нового многофункционального орудия для поверхностной обработки МФО-13, уничтожающего сорную растительность не подрезанием, как культиваторы со стрельчатыми лапами, а вырыванием. Приведены основные показатели качества выполнения технологического процесса и производительности по результатам испытаний нового орудия. Установлено, что его применение на операциях ранневесенней обработки, предпосевной культивации и мелкой обработки пара позволяет снизить эксплуатационные затраты в 1,5-1,7 раза по сравнению с серийными почвообрабатывающими орудиями

Основными причинами высокой засоренности полей в Северном Казахстане являются несоблюдение и упрощение технологии возделывания яровых зерновых культур, несвоевременность выполнения агротехнических приемов борьбы с сорняками, а также несовершенство, моральный и материальный износ почвообрабатывающих и посевных машин. По данным технологических институтов это приводит к ежегодному недобору урожая зерновых в Казахстане от 10 до 30%.

Известно, что в почвозащитном земледелии одним из эффективных приемов борьбы с сорняками является парование полей. Для уничтожения сорняков в паровом поле применяют как механические, так и химические обработки. До настоящего времени, в большинстве случаев борьба с сорной растительностью выполняется механическим способом посредством поверхностных обработок почвы. Поверхностная обработка парового поля должна обеспечивать полное подрезание и уничтожение вегетирующей сорной растительности, формировать выровненную, мелкогребнистую и ветроустойчивую поверхность поля (высота гребней не более 3-5 см), при этом содержание эрозионно-опасных частиц в верхнем слое почвы 0-5 см после обработки не должно возрасти по сравнению с исходным их количеством.

В настоящее время для поверхностной обработки пара используют тяжелые культиваторы КПЭ-3,8, КТС-10-1, КТ-3,9 и КТ-7,4, а также культиваторные части посевных комплексов, основными рабочими органами которых являются стрельчатые лапы. Основным их недостатком является неспособность качественно выполнять технологический процесс подрезания сорняков при глубине хода стрельчатых рабочих органов менее 8-10 см, так как из-за недостаточного противодействия со стороны подрезаемого пласта, происходит сгуживание почвы. В связи с

чем, культиваторы заглубляют на большую глубину, хотя до 70% массы корней многих видов однолетних сорняков расположено на глубине до 6-8 см. Из-за чрезмерной глубины хода стрельчатых лап часть мелких сорняков остается не уничтоженной. Кроме того, большая глубина обработки приводит к излишним потерям почвенной влаги, росту тягового сопротивления орудия, снижению его производительности и, в конечном итоге, увеличению затрат на обработку пара. К тому же, с ростом влажности почвы значительно ухудшается процесс подрезания сорных растений стрельчатыми рабочими органами, из-за чего приживаемость сорняков достигает 8-12% и более.

Из указанного следует, что орудия со стрельчатыми рабочими органами не в полной мере удовлетворяют агротехническим требованиям и не обеспечивают эффективного уничтожения сорной растительности.

Одним из эффективнейших орудий в борьбе с сорной растительностью по праву считается штанговый культиватор, рабочим органом которого является штанга квадратного сечения, установленная перпендикулярно направлению движения, вращающаяся от привода в направлении против вращения опорных колес орудия с частотой 0,8-0,9 оборотов на 1 м пути. В процессе работы штанга не подрезает, а вырывает с корнем сорняки, которые за счет ее вращения постепенно сходят с ее поверхности. Однако, из-за плохой заглубляющей способности на уплотненных почвах, ненадежного механизма привода и недолговечности подшипниковых узлов, культиваторы со штанговыми рабочими органами не нашли применения в сельском хозяйстве.

Известны ротационные рабочие органы разработки СибИМЭ (Россия) в виде колец с конусовидным ободом, собранных в батарее и установленных под углом к направлению движения, которые используются в качестве вспомогательных в составе культиватора со стрельчатыми лапами или дисковой бороны для извлечения подрезанных сорняков на дневную поверхность, прикатывания почвы и выравнивания поля.

Использование таких рабочих органов в качестве основных при работе на уплотненных почвах – невозможно, так как при выполнении технологической операции на их рабочую поверхность действуют значительные выглубляющие силы.

Учитывая достоинства и недостатки кольцевых рабочих органов в КФ ТОО КазНИИМЭСХ АО «КазАгроИнновация» разработано многофункциональное орудие для поверхностной обработки почвы МФОП-13 с кольцевыми рабочими органами. Его ротационные кольцевые рабочие органы, установленные под углом к направлению движения, в отличие от разработок СибИМЭ, являются основными и выполняют технологический процесс поверхностной обработки почвы и уничтожения сорняков. Как и штанговый рабочий орган, кольцевые рабочие органы орудия уничтожают сорняки вырыванием и выносят их на дневную поверх-

ность. Для лучшей заглубляемости в почву, ободья рабочих органов орудия в сечении имеют форму сегмента круга, хорда которого наклонена к плоскости вращения рабочих органов на определенный угол. Такое конструктивное исполнение позволяет повысить заглубляющуюся способность до 3,5 раз, по сравнению с кольцевыми рабочими органами с круглым ободом. Орудие является универсальным и может применяться на летних мелких обработках пара, на ранневесенней обработке, предпосевной культивации, на полях обработанных с осени, как по стерневым, так и по отвальным фонам. Орудие выполнено по асимметричной схеме, оно состоит из двух модулей шириной захвата по 6,5 м и сцепки. Каждый модуль содержит раму, прицеп, пять секций с девятью рабочими органами и стабилизирующий механизм в виде бороздного колеса. Один модуль агрегируется с тракторами тягового класса 1,4 (типа МТЗ-80), а два модуля со сцепкой с шириной захвата 13 м агрегируются с тракторами класса 4, например, Т-4А, ВТ-100, ВТ-150. Рабочая скорость орудия от 7 до 12 км/ч.

Технологический процесс осуществляется орудием МФОП-13 следующим образом. Кольцевые рабочие органы, перекатываясь в почве на установленной глубине, своим ободом разрыхляют поверхностный слой почвы, вырывают сорняки с корнем и выносят их на дневную поверхность. Поскольку в процессе работы происходит перемещение почвы в продольно-поперечном направлении, обеспечивается хорошее выравнивание поверхности. Перекатывание рабочих органов в почве со значительным скольжением обеспечивает орудию высокую проходимость и работоспособность без залипания и забивания при повышенной влажности почвы и значительном количестве стерни и растительных остатков.

Испытания опытного образца орудия для поверхностной обработки почвы МФО-13 проводили на ранневесенней обработке почвы, предпосевной культивации и второй обработке пара. Условия испытаний на обработке парового поля представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Условия испытаний на обработке парового поля

Показатели	Значения показателей		
	слои почвы		
	от 0 до 5 вкл.	св. 5 до 10 вкл.	св. 10 до 15 вкл.
Влажность почвы, %	12,3	18,1	23,0
Твердость почвы, МПа	0,5	1,0	2,1
Засоренность почвы сорняками, шт./м ²	167,7		

Результаты испытаний на второй культивации пара свидетельствуют (таблица 2), что новое орудие обеспечивает обработку поверхностного слоя почвы, в котором расположена основная масса корней сорняков, не затрагивая нижележащие влажные слои. В то же время, серийный тяжелый

культиватор КТ-7,4 устойчиво работал на средней глубине 10,6 см, что приводило к излишнему иссушению почвы. Крошение почвы после прохода испытываемого орудия составило 84,6%, что 1,2 раза выше, чем у серийного культиватора со стрелчатыми лапами. Также кольцевые рабочие органы орудия МФО-13 лучше выравнивают поверхность поля – высота гребней после их прохода составляла 1,7 см, что в 3,6 раза меньше, чем после стрелчатых лап тяжелого культиватора. Уничтожение сорных растений по новому орудю и серийному культиватору получено практически равное, но так как кольцевые рабочие органы нового орудия не подрезают, а вырывают с корнем сорные растения, после его прохода приживаемость сорняков практически отсутствует, в то время как после тяжелого культиватора 5,6% сорняков прижилось. Благодаря меньшей глубине хода и иному характеру взаимодействия с почвой, удельное тяговое сопротивление орудия МФОП-13 в 2,2 раза ниже, чем у культиватора КТ-7,4, соответственно ниже и энергозатраты на единицу обработанной площади. Эксплуатационно-технологическая оценка показала, что производительность нового орудия за 1 час эксплуатационного времени в 1,7 раза выше, чем у серийного культиватора КТ-7,4, при меньшем в 1,7 раза расходе топлива. Аналогичная картина получена на ранневесенней обработке и предпосевной культивации почвы. В связи с чем, применение нового орудия на операциях ранневесенней обработки, предпосевной культивации и мелкой обработки пара позволило снизить эксплуатационные затраты в 1,5-1,7 раза.

Таблица 2 - Показатели работы орудия МФОП-13 и культиватора КТ-7,4

Показатели	Значения показателей		
	по исходным требованиям	МФОП-13	КТ-7,4
1	2	3	4
Агротехнические			
Глубина обработки:			
- средняя, см	4,0...8,0	7,1	10,6
- коэффициент вариации, см	не более 20,0	15,5	21,9
Крошение (фракций до 25 мм), %	не менее 80,0	84,6	72,5
Высота гребней после прохода, см	не более 3,0	1,7	6,2
Подрезание сорных растений, %	не менее 97,0	99,6	98,1
Приживаемость сорняков, %	нет данных	0,2	5,6
Энергетические			
Скорость движения агрегата, км/ч	6,0...12,0	9,5	8,1
Удельное тяговое сопротивление, кН/м	нет данных	1,7	3,7
Энергозатраты на физическую единицу обработки за час основного времени, кВт·ч/га	нет данных	7,3	14,4
Эксплуатационно-технологические			
Ширина захвата агрегата, м	12,8...13,2	13,0	7,4

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Производительность, га за 1 ч: - основного времени	9,1...13,0	12,4	6,0
- эксплуатационного времени	6,4...9,1	8,8	4,6
Коэффициент надежности технологического процесса	не менее 0,99	0,99	0,99
Коэффициент использования эксплуатационного времени	не менее 0,70	0,71	0,77
Удельный расход топлива, кг/га	нет данных	3,0	5,2
Экономические			
Затраты труда, чел.-ч/га	нет данных	0,11	0,21
Эксплуатационные затраты, тенге/га	нет данных	726,8	1234,9

Таким образом, применение орудия МФОП-13 с кольцевыми рабочими органами по сравнению с традиционными культиваторами со стрелчатými лапами позволяет повысить качество выполнения операций поверхностной обработки почвы и эффективность борьбы с сорной растительностью, а также снизить затраты на их выполнение. Следует отметить, что качество работы орудия МФОП-13 практически не зависит от объема выполненной работы, так как из-за специфического характера взаимодействия с почвой, ободья кольцевых рабочих органов изнашиваются незначительно и их ресурса хватает на весь срок эксплуатации орудия, поэтому они не требуют замены или ремонта.

УДК 636:631.3:621.3

Омаров Р.А., д.т.н., Байболов А.Е., к.т.н., Ахметов Т.Д.

КазНИИМЭСХ, г. Алматы

Омар Д.Р.

КазНУ им. Аль Фараби, г. Алматы

Атантаев Т.Н.

магистрант АГТУ, г. Алматы

ОСНОВНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ К РАЗРАБОТКЕ КОЛЛЕКТОРА СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ИЗ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Предложена новая конструкция гелиоколлектора для нагрева воды от солнечной энергии. Приведено описание конструкции и работы устройства. Составлено уравнение теплового баланса гелиоколлектора, выведены основные расчетные формулы, проведен их математический анализ. Теоретическими исследованиями доказана эффективность предложенного технического решения в сравнении с известными

Предлагаемый коллектор солнечной энергии предназначен для нагрева воды от солнечной энергии. Может быть использован, например, в сельском хозяйстве, где горячая вода в больших объемах требуется для мойки молочной посуды, шерсти и др.

Коллектор солнечной энергии (КСЭ) является основным конструктивным узлом солнечного водонагревателя, от эффективности которого зависят технико-экономические показатели всей установки, в том числе: надежность, долговечность. Известные ГК не удовлетворяют требованиям сельского хозяйства не только по стоимости, массогабаритным характеристикам, но и по устойчивости к случайным механическим повреждениям, которые происходят при передислокациях по полям и пастбищам.

Для этих целей в Казахском НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства разработан облегченный, транспортабельный, плоский ГК из современных пластиковых материалов с соответствующими теплофизическими характеристиками. Основные элементы – поглощающая панель, светопрозрачное покрытие изготовлены из полигаля, который стоек к воздействию ультрафиолетовых лучей, атмосферных осадков. Благодаря сотовой структуре полигаля, масса ГК (3 кг/м^2) в 3...4 раза меньше массы известных зарубежных ГК. Применение в качестве поглощающей панели светопрозрачного материала позволило повысить КПД реализовать прямое поглощение солнечной энергии нагреваемым теплоносителем, Эффект достигается за счет снижения тепловых потерь в окружающую среду путем выравнивания температурного поля в полости поглощающей панели и внутри гелиоколлектора.

Конструкция нового ГК показана на рисунке 1. Основные элементы ГК: корпус 1, поглощающая панель (ПП) из полигаля 2 с продольными внутренними каналами 3 для теплоносителя, верхняя 4 и нижняя 5 коллекторные трубы, состыкованные с противоположными торцами панели. Корпус герметично закрыт сверху светопрозрачным покрытием из полигаля 8, а снизу снабжен теплоизоляцией 7, уложенной под ПП.

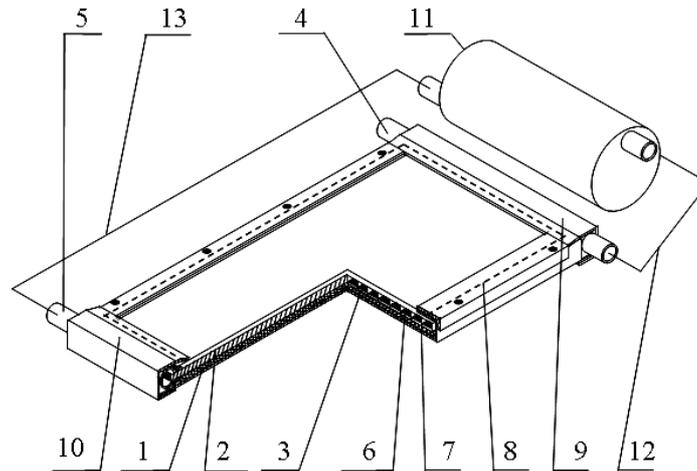


Рисунок 1 – Схема коллектора солнечной энергии

Выше коллектора устанавливается бак-аккумулятор 11. В процессе работы солнечные лучи проникают через прозрачную теплоизоляцию 8, прозрачную стенку ПП 2, поглощаются теплоносителем, находящимся в продольных каналах 3. Нагреваемый теплоноситель циркулирует по трубам 12 и 13, накапливаясь в баке 11

Тепловой баланс ГК можно выразить следующим уравнением

$$E - Q_0 - Q_1 - Q_2 - Q_3 = c \cdot m \cdot \frac{dt}{d\tau} \quad (1)$$

Здесь $Q_0 \dots Q_3$ – тепловые потери отражением и теплопроводностью; c и m – удельная теплоемкость (ккал/кг*град) и масса теплоносителя, (кг) t – текущая температура теплоносителя; τ - время, ч.

$$Q_0 = k_0 \cdot E \quad (2)$$

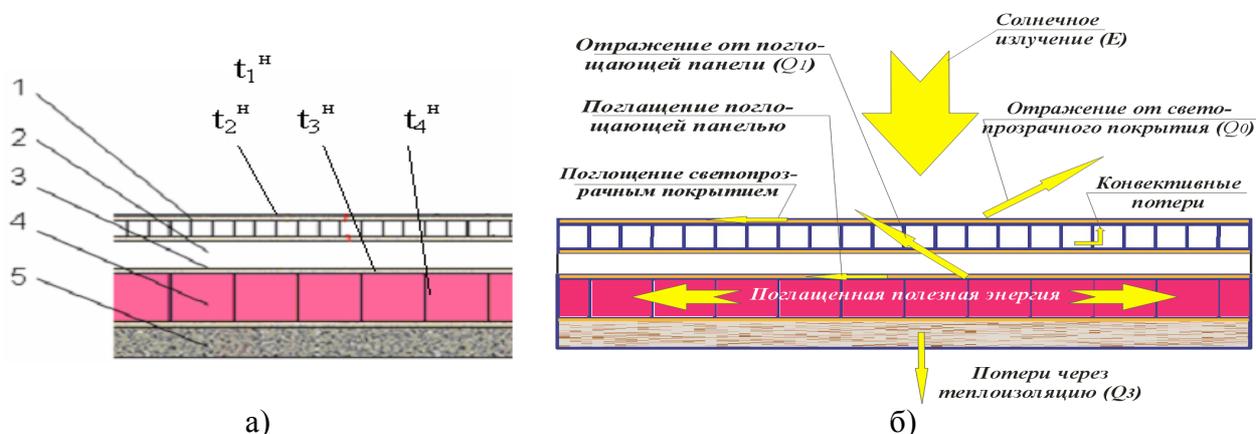
где k_0 – коэффициент, показывающий долю СЭ, отраженной от поверхности ГК.

Схема ГК в разрезе и расчетная схема тепловых потоков показаны на рисунке 2.

$$Q_1 = k_1 \cdot E \cdot (1 - k_0) \quad (3)$$

где k_1 – коэффициент, показывающий долю СЭ, отраженной от поверхности ПП;

Q_2 и Q_3 – потери тепла от ПП излучением и теплопередачей в окружающую среду.



1 – светопрозрачное покрытие; 2 – воздушная прослойка; 3 – световоспринимающая поверхность поглощающей панели (ПП); 4 – теплоноситель циркулирующий по внутренним каналам ПП; 5 – теплоизоляция с тыльной стенки ПП

Рисунок 2 – Схемы поперечного разреза с обозначением расчетных параметров (а) и тепловых потоков ГК (б)

После соответствующих подстановок уравнение (1) приводится к следующему виду

$$E - k_0 E - k_1 \cdot E \cdot (1 - k_0) - U_L \cdot (t - t_1) = c \cdot m \cdot \frac{dt}{d\tau} \quad (4)$$

Где U_L – суммарный приведенный коэффициент тепловых потерь.

Решение уравнения (4) позволяет вывести формулу для расчета текущей температуры теплоносителя

$$t_4 = t_1 + \frac{1}{U_L} \cdot \left\{ E \cdot (k_0 + k_1 - k_0 \cdot k_1) \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{U_L \cdot \tau}{c \cdot m}\right) \right] \right\} \quad (5)$$

Из полученной формулы видно, что при $\tau = 0$, $t_4 = t_1$. То есть в начале процесса температура теплоносителя равна температуре окружающей среды.

При $\tau = \infty$

$$t_4 = t_1 + \frac{E(k_0 + k_1 - k_0 k_1)}{U_L} \quad (6)$$

Коэффициент полезного действия (КПД) является основным показателем, показывающим энергетическую эффективность нового ГК, то

есть степень полезного использования падающей на поверхность ГК солнечной энергии. Для нового ГК

$$\eta_H = \frac{Q_{POL}^H}{E^H} \quad (7)$$

или

$$\eta_H = \frac{E^H - k_0 \cdot E^H - k_1 \cdot E^H \cdot (1 - k_0) - U_L^H \cdot (t_3 - t_1)}{E^H} \quad (8)$$

После соответствующих математических преобразований выражение (8) приводится к виду

$$\eta_H = 1 - k_0 - k_1 \cdot (1 - k_0) - \frac{U_L^H}{E^H} \cdot (t_3 - t_1) \quad (9)$$

При равных условиях КПД базового варианта будет иметь аналогичный вид, то есть

$$\eta_B = 1 - k_0^B - k_1^B \cdot (1 - k_0^B) - \frac{U_L^B}{E^B} \cdot (t_3^B - t_1) \quad (10)$$

Для теоретического обоснования выдвинутой гипотезы воспользуемся методом сравнения КПД нового и базового ГК

$$\begin{aligned} \Delta \eta = \eta_H - \eta_B = & (k_0^B - k_0) - (k_1 - k_1^B) + (k_0 \cdot k_1 - k_0^B \cdot k_1^B) - \\ & - \frac{1}{E^B} \cdot [(U_L \cdot t_3 - U_L^B \cdot t_3^B) - (U_L \cdot t_1 - U_L^B \cdot t_1)] \end{aligned} \quad (11)$$

В соответствии с поставленной гипотезой $\Delta \eta_H$ должно быть положительным. Для выполнения анализа примем соответствующие допущения.

Выделим из сложной задачи конкретный, исследуемый вопрос, каковым является обоснование эффективности изготовления ПП из прозрачного материала. Соответственно, исключим из рассмотрения другие составляющие формулы (11), не оказывающие влияния на рассматриваемый процесс. В частности, примем условие равенства в сравниваемых вариантах:

- коэффициентов отраженной и поглощенной СЭ светопрозрачным покрытием, то есть $k_0 = k_0^B$;
- коэффициентов суммарных тепловых потерь, то есть $U_L = U_L^B$.
- интенсивностей солнечной радиации, $E^H = E^B = E$

С учетом принятых допущений выражение (11) существенно упрощается

$$\Delta \eta = (k_1 - k_1^B) \cdot (k_0 - 1) - \frac{U_L}{E} (t_3 - t_3^B) > 0 \quad (12)$$

Проведем анализ полученного выражения.

Сравнение будем проводить по двум параметрам, входящим в выражение (12), по:

- потерям СЭ при ее передаче (прохождении) через стенку ПП, которые характеризуются коэффициентами k_1^B и k_1 ;
- температурам поверхности ПП в новом и базовом вариантах (t_3 и t_3^B).

В известных ГК ПП изготавливается из непрозрачного материала (металла) и, для повышения поглощательной способности, покрывается черной краской. В результате СЭ сначала поглощается материалом ПП, которая нагревается и передает тепло теплоносителю.

В новом варианте передача тепла осуществляется по другой схеме. Здесь СЭ напрямую проникает через прозрачную стенку ПП и непосредственно поглощается теплоносителем. То есть $k_1^B > k_1$. Следовательно, $(k_1 - k_1^B) \cdot (k_0 - 1) > 0$, так как $k_0 < 1$.

Известно, что второе слагаемое в (2.29), также положительное число, так как выражение в скобках $(t_3 - t_3^B)$ имеет отрицательное значение, ввиду того что $t_3^B > t_3$. Следовательно, перед вторым слагаемым выражение (12) знак будет плюс. Соответственно, выражение (12) будет положительным числом, то есть $\Delta \eta > 0$, что и следовало доказать.

Таким образом, теоретические исследования подтвердили первоначальную гипотезу об эффективности нового конструктивного решения ГК. Количественный значения КПД можно оценить экспериментальными лабораторными исследованиями, создав модели нового и базового ГК.

Литература

1. Инновационный патент РК № 23565, МПК F24J2/24. Коллектор солнечной энергии для нагрева жидкостей /Омаров Р.А., Байболов А.Е., Ахметов Т.Д.; патентообладатель и заявитель Казахский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства. Заявл. 26.02.2010 г.

УДК 631.53.02:537.212-77

*Раджабов А., д.т.н., профессор**Ташкентский государственный аграрный университет, г. Ташкент**Музафаров Ш.М., к.т.н, доцент**Ташкентский институт ирригации и мелиорации, г. Ташкент*

АНАЛИЗ СХЕМ ГЕНЕРИРОВАНИЯ УНИПОЛЯРНЫХ ИМПУЛЬСОВ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРОВ

Анализом переходных процессов двух схем питания разрядных технологических промежутков определено, что предельная частота следования импульсов зависит от параметров схемы питания и емкости разрядного промежутка. Выявлено, что при использовании стримерной формы коронного разряда можно повысить эффективность процесса электрогазоочистки за счет стабилизации разрядного тока и рассматривать технологический разрядный промежуток, как элемент электрической цепи

Повышение эффективности очистки газов от твердых и жидких аэрозольных частиц можно осуществить при использовании стримерной формы коронного разряда. Неотъемлемым условием создания этого вида разряда является применение униполярных импульсов высокого напряжения с крутым фронтом возрастания напряжения. При этом амплитуда напряжения должно превышать пробивной порог разрядного промежутка при питании постоянным напряжением [1,2].

Схема генерирования униполярных импульсов высокого напряжения для питания электрофильтров должна удовлетворять следующим условиям:

- обеспечивать стабильность частоты, формы и амплитуды импульсов напряжения;
- иметь минимальные габариты, простоту и надежность при минимальной стоимости;
- устранять переход в искровой и дуговой формы разрядов;
- удовлетворять требованиям электробезопасности, пожарной безопасности, производственной санитарии;
- не создавать радиопомех.

Генерирование униполярных импульсов высокого напряжения можно осуществить по схеме приведенной на рисунке 1, где генерируемые машинным генератором G периодические импульсы напряжения повышаются трансформатором T и выпрямляются выпрямителем, собранном по схеме умножения напряжения, без накопительного конденсатора на выходе схемы ($C1, V1, V2$). К выходу схемы подключается технологический разрядный промежуток электрофильтра РП имеющий собственную емкость $C2$. Осциллограмма напряжения на выходе генератора приведена на рисунке 2, а ос-

циллограмма напряжения на входе электрофильтра на рисунке 3.

Одно из преимуществ предлагаемого способа очистки газов с использованием стримерной формы коронного разряда над существующим способом очистки в электрических полях коронного разряда постоянного напряжения заключается в возможности рассматривания технологического разрядного промежутка, как элемента питающей цепи.

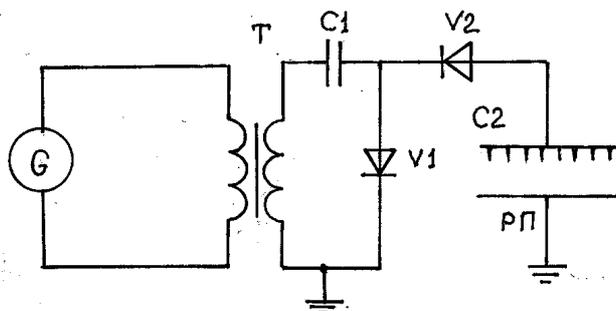


Рисунок 1 – Принципиальная схема питания электрофильтров униполярными импульсами высокого напряжения

Одним из параметров импульсного напряжения является частота следования импульсов, которая определяется процессами переноса объемных зарядов, образовавшимися под действием импульса напряжения, в разрядном промежутке. Очевидно, что для стабилизации разрядных процессов в паузе между импульсами, плотность объемных зарядов в разрядном промежутке должна быть уменьшена до величины, при которой не возникнут вторичные ионизационные процессы от воздействия повторного импульса.

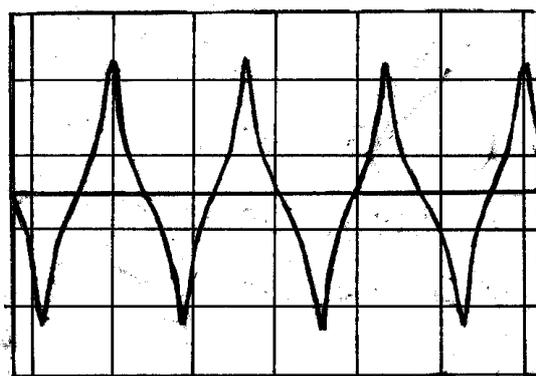


Рисунок 2 – Осциллограмма напряжения на выходе машинного генератора периодических импульсов напряжения

После приложения импульса напряжения и стримерного пробоя в разрядном промежутке образуются объемные заряды плотностью σ (число объемных зарядов на единицу объема разрядного промежутка). Так

как в объеме газа вследствие рекомбинации и переноса объемных зарядов уменьшается их плотность, то, соответственно, уменьшается плотность тока через разрядный промежуток

$$j = ebEg(t) \quad (1)$$

где e – элементарный заряд; b – подвижность ионов; E – напряженность электрического поля; $g(t)$ – уменьшающаяся во времени плотность объемных зарядов.



Рисунок 3 – Осциллограмма напряжения на входе электрофильтра

Таким образом, в разрядном промежутке плотность тока пропорциональна напряженности электрического поля, т.е. проводимость линейная. Изменение плотности зарядов будет определяться изменением плотности тока и характеризоваться параметрами источника питания.

Проанализируем переходный процесс в электрической цепи источника высоковольтных импульсов напряжения в паузе между импульсами. По схеме замещения (рисунок 4) имеем замкнутый контур последовательно включенных формирующей емкости C_1 , емкости разрядного промежутка C_2 , активного R_1 и индуктивного L сопротивлений вторичной обмотки повышающего трансформатора, прямого сопротивления диода R_2 .

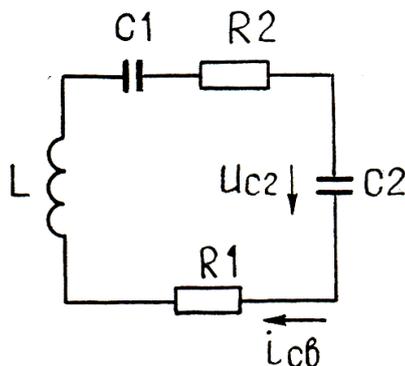


Рисунок 4 – Схема замещения источника импульсов высокого напряжения в паузе между импульсами

Ввиду $C_1 > C_2$, примем допущение, что напряжение U_{C1} на конденсаторе C_1 равно амплитуде напряжения на выходе трансформатора U_a и

остаётся постоянным в паузе между импульсами.

Для определения закона изменения напряжения и тока разрядного промежутка в паузе между импульсами составим характеристическое уравнение цепи в комплексной форме

$$Z = R_1 + R_2 + j\omega L + 1/(j\omega C_1) + 1/(j\omega C_2) \quad (2)$$

Заменим сомножитель $j\omega$ на оператор P и полученное выражение $Z(p)$ приравняем нулю

$$Z(p) = R_1 + R_2 + pL + 1/(pC_1) + 1/(pC_2) = 0$$

или

$$p^2(C_1C_2L) + pC_1C_2(R_1 + R_2) + C_1 + C_2 = 0 \quad (3)$$

Корни характеристического уравнения (1) определяются равенством

$$p_{1,2} = \{-C_1 C_2 R \pm [(C_1 C_2 R)^2 - 4(C_1 C_2 L)(C_1 + C_2)]^{0,5}\} / (2C_1 C_2 L) \quad (4)$$

где $R = R_1 + R_2$.

Отсюда свободная составляющая напряжения на конденсаторе C_2

$$U_{C2св} = (A_1 e^{p_1 t} + A_2 e^{p_2 t}) + U_a \quad (5)$$

а ток в цепи

$$i_{св} = [Cd(U_{C2св} - U_a)]/dt = C(A_1 p_1 e^{p_1 t} + A_2 p_2 e^{p_2 t}) \quad (6)$$

где $C = C_1 + C_2$.

Ввиду $C_1 > C_2$, примем допущение, что напряжение U_{C1} на конденсаторе C_1 равно амплитуде напряжения на выходе трансформатора U_a и остаётся постоянным в паузе между импульсами.

Начальные условия для расчетов

$$U_{c2} = 2U_a, U_{c1} = U_a, i_a = i_0, t = 0$$

где U_{c2} – амплитуда напряжения на разрядном промежутке емкостью C_2 ; U_a – амплитуда напряжения на выходе повышающего трансформатора; U_{c1} – напряжение на конденсаторе C_1 ; i_a – амплитуда разрядного тока; $i_{св,0}$ – начальный ток цепи; t – время интегрирования.

С учетом принятых допущений и начальных условий получаем

$$U_a = A_1 + A_2,$$

$$i_a = A_1 p_1 + A_2 p_2.$$

Отсюда

$$A_1 = (p_2 U_a - i_a) / (p_2 - p_1) \quad (7)$$

$$A_2 = (p_1 U_a - i_a) / (p_2 - p_1) \quad (8)$$

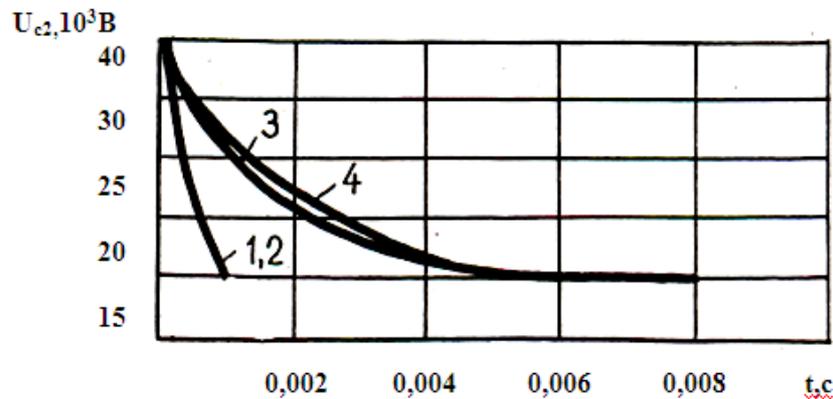
При этих значениях постоянных интегрирования законы изменения

напряжение и тока разрядного промежутка в паузе между импульсами имеют вид

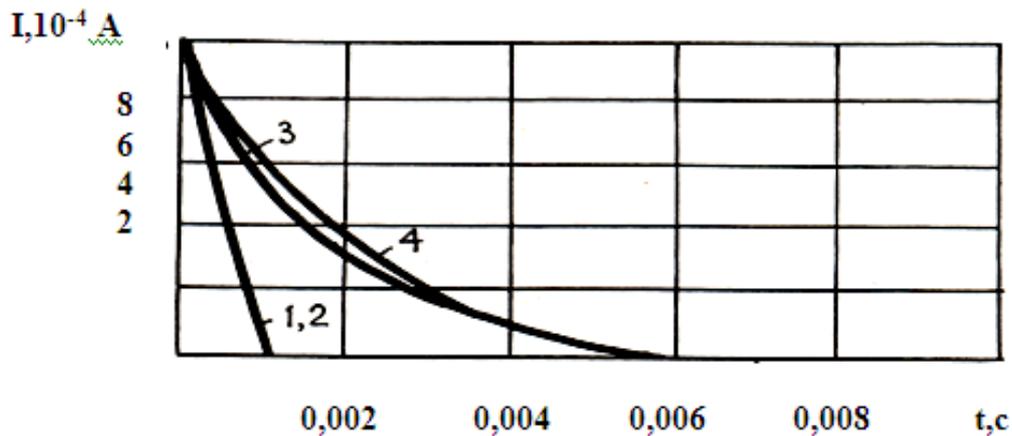
$$U_{C2.cв} = [1/(p_2-p_1)] [(p_2U_a-i_a)p_1e^{p_1t}-(p_1U_a-i_a)p_2e^{p_2t}]+U_a \quad (9)$$

$$i_{cв} = [C/(p_2-p_1)] [(p_2U_a-i_a)p_1e^{p_1t}-(p_1U_a-i_a)p_2e^{p_2t}] \quad (10)$$

Задача решалась на ПК для следующих значений параметров цепи: $L=100$ Гн; $R_1=35 \times 10^3$ Ом; $R_2=2 \times 10^8$ Ом; $C_1=10^{-9}, 10^{-10}$ Ф; $C_2=10^{-11}, 10^{-12}$; $U_a=2 \times 10^4$ В; $i_a=10^{-4}$ А. Шаг интегрирования 0,001 с. По результатам расчетов построены графики изменения напряжения и тока разрядного промежутка в паузе между импульсами (рисунок 5).



а)



б)

Рисунок 5 – Процесс изменения напряжения (а) и тока в контуре (б) разрядного промежутка в паузе между импульсами:

- 1 – $C_1=10^{-10}$ Ф, $C_2=10^{-12}$ Ф; 2 – $C_1=10^{-9}$ Ф, $C_2=10^{-12}$ Ф;
3 – $C_1=10^{-10}$ Ф, $C_2=10^{-11}$ Ф; 4 – $C_1=10^{-9}$ Ф, $C_2=10^{-11}$ Ф

Анализ кривых указывает на одинаковый закон изменения $U_{C2.cв}$ и $i_{cв}$. Характер переходного процесса зависит от параметров цепи R_1, R_2, L, C_1 и C_2 , т.е. от вида корней характеристического уравнения. При этом

определяющим является величина емкости разрядного промежутка C_2 . С увеличением емкости разрядного промежутка увеличивается время компенсации зарядов накопленных в нем. Так, при емкости $C_2=10^{-11}$ Ф время полной компенсации зарядов составляет 0,006 с, а при $C_2=10^{-12}$ Ф – 0,001с. Отсюда максимальная частота следования импульсов составляет соответственно 166 имп^{-1} и 1000 имп^{-1} .

Частота следования импульсов может быть увеличена при уменьшении эквивалентного сопротивления источника питания. Для этого можно использовать схему с двухсторонним питанием (рисунок 6).

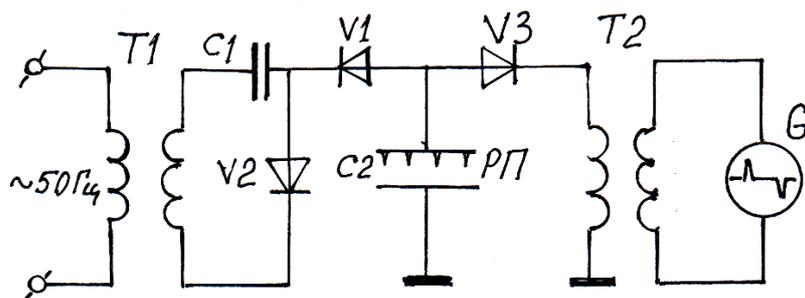


Рисунок 6 – Принципиальная схема генерирования униполярных импульсов

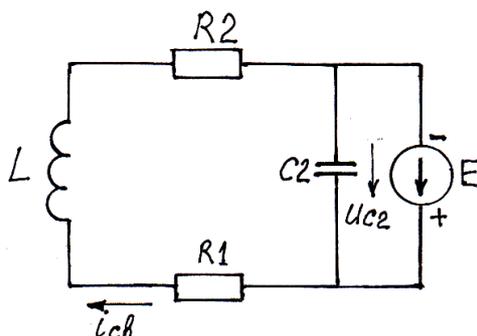


Рисунок 7 – Схема замещения источника импульсов высокого напряжения с двухсторонним питанием в паузе между импульсами

В схеме для создания постоянной составляющей импульсного напряжения используется повышающий трансформатор T_1 , с помощью которого повышается напряжение сети. Повышенное напряжение сети выпрямляется схемой с умножением напряжения (C_1 , V_1 и V_2) и подается на разрядный промежуток РП (C_2). Импульсное периодическое напряжение после повышения на трансформаторе T_2 , выпрямляется диодом V_3 и накладывается на постоянную составляющую высокого напряжения с двухсторонним питанием

Как и для предыдущей схемы определим закон изменения напряжения и тока разрядного промежутка в паузе между импульсами. Для этого составим характеристическое уравнение цепи в комплексной форме со-

гласно эквивалентной схемы (рисунок 8)

$$Z=R_1+R_2+j\omega L+1/j\omega C_2 \quad (11)$$

Решение этого уравнения проведем аналогично предыдущей задаче. В результате получим следующие соотношения:

Корни характеристического уравнения (9) определяются равенством

$$p_{1,2} = \{-C_2 (R_1+R_2) \pm [(C_2 (R_1+R_2))^2 - 4(C_2L)]^{0,5}\} / 2C_2L \quad (12)$$

Отсюда свободная составляющая напряжения разрядного промежутка.

Напряжение разрядного промежутка и ток цепи в паузе между импульсами будут изменяться по закону

$$U_{C2} = \{1/ (p_2-p_1)[(p_2U_a-i_a)e^{p_1t} - (p_1U_a-i_a)e^{p_2t}]\} + U_0 \quad (13)$$

$$i_{cв} = C_2/ (p_2-p_1)[(p_2U_a-i_a)p_1e^{p_1t} - (p_1U_a-i_a)p_2e^{p_2t}] \quad (14)$$

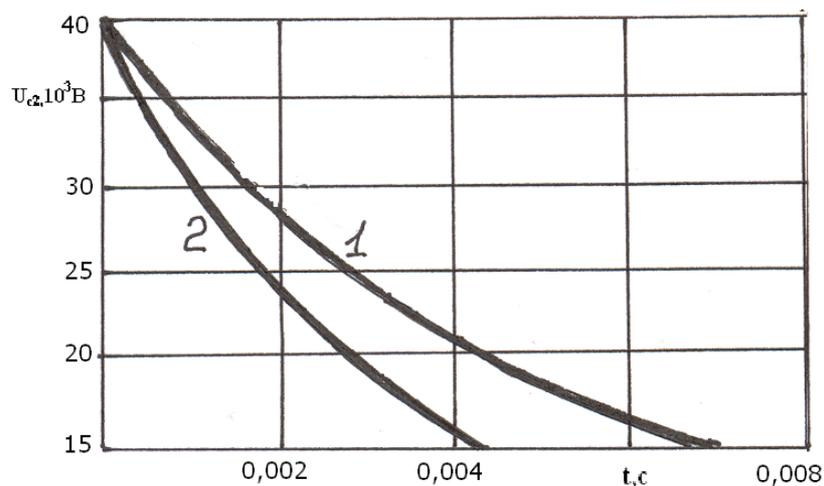


Рисунок 8 – Процесс изменения напряжения разрядного промежутка в паузе между импульсами для схемы выпрямления с умножением напряжения (1) и для схемы с двухсторонним питанием (2)

Для сравнения двух схем питания разрядных промежутков электрофильтров уравнения (9) и (13) решались на ПК для следующих значений параметров цепи: $L=100$ Гн; $R_1=35 \times 10^3$ Ом; $R_2=2 \times 10^6$ Ом; $C_1=10^{-8}$ Ф; $C_2=10^{-10}$ Ф. Шаг интегрирования 0,0001с. Ввиду одинакового характера изменения напряжения и тока расчеты производились только для напряжения. Результаты расчетов представлены в виде графика на рисунке 8.

При одинаковых параметрах элементов цепи для схемы выпрямления с умножением напряжения максимальная частота, при которой обеспечивается стабильный процесс стримерной формы коронного разряда,

не должна превышать 140 имп^{-1} , а для схемы с двухсторонним питанием - 232 имп^{-1} .

Схема с двухсторонним питанием дает возможность регулировать постоянную составляющую импульсного напряжения в необходимых пределах. Кроме этого, при использовании двухполупериодной схемы выпрямления можно получать удвоенную частоту импульсов по отношению к частоте периодических импульсов напряжения. Недостатком этой схемы является необходимость двух изолированных источников высокого напряжения.

Результаты проведенного анализа адекватны результатам проведенной серией экспериментальных исследований по изучению характеристик стримерной формы коронного разряда.

Выводы

1 Частота импульсного напряжения определяется временем полной компенсации объемных зарядов промежутка, образовавшихся под действием импульса напряжения, параметрами элементов схемы питания и емкостью разрядного промежутка.

2 При питании униполярными импульсами высокого напряжения с перенапряжением технологические разрядные промежутки можно рассматривать, как элемент электрической цепи.

3 Если при коронном разряде постоянного напряжения ток разряда представляет собой функцию дискретного случайного процесса, то при питании униполярными импульсами высокого напряжения токи разряда стабильны по частоте и амплитуде

4 В схемах с двухсторонним питанием частота импульсов может быть увеличена по сравнению со схемами выпрямления с умножением напряжения. При этом, появляется возможность регулировать технологическими процессами, осуществляемыми в электрических полях изменением постоянной составляющей импульсного напряжения.

Литература

1. Абдулла Ахмед Саид Моршед. Электрофильтр для очистки воздуха в цехах хлопкоочистительных заводов: Дис. ...канд. тех. наук. – Т., 1999. – 123 с.

2. Музафаров Ш.М., Абдулла Ахмед Саид Моршед. Анализ возможности стабилизации процессов униполярного коронного разряда //Узбекский журнал Проблемы информатики и энергетика. – 1999. – № 2. – С. 30-33.

УДК 681.518:007

*Гловацкий О.Я., д.т.н., профессор, Эргашев Р.Р., к.т.н.,
Бекчанов Ф.А., н.с., Рустамов Ш.Р., н.с.,
Ташкентский институт ирригации и мелиорации, г. Ташкент*

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И КОЭФФИЦИЕНТА ГОТОВНОСТИ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ

В работе рассмотрены показатели насосного агрегата функционирующей в реальном масштабе времени с переходом от одного состояния к другому. В каждом состоянии все его характеристики надежности определены расчетным способом. Разработан алгоритм определения коэффициента готовности насосного агрегата на весь период эксплуатации. Предложена методика проведения многоэтапного обследования состояния насосного агрегата по различным характеристикам надежности.

Насосный агрегат (НА) является сложной системой, функционирующей в реальном масштабе времени с переходом от одного состояния к другому. В каждом состоянии все его характеристики надежности [1] зависят от времени эксплуатации.

Функция надежности определяется как результат учета ряда факторов: внешней среды, технологических свойств систем, эксплуатационных требований.

Полученные показатели надежности объектов сравнивают с требуемыми по техническим условиям показателями надежности [1, 2]

$$P_{расч} \geq P_{тр} \quad (1)$$

где $P_{расч}$ – расчетное значение нижней границы оценки вероятности безотказной работы; $P_{тр}$ – требуемое значение вероятности безотказной работы.

Когда условие (1) не выполняется, требование по надежности считается невыполненным и необходимо провести доработку, которая обеспечит выполнение соотношения.

При оценке параметрической надежности условие надежности записывается

$$П \geq В \quad (2)$$

где $П$ – потенциальная способность конструкции противостоять внешним воздействиям во всем времени эксплуатации НА; $В$ – внешнее воздействие.

Неравенство (2) может выражать условие надежности объекта по предельному состоянию (устойчивость, несущая способность, деформативность и т.д.).

Функция V может выражать как внешние воздействия, так и возникающие от них деформации. В общем случае все расчеты НА, обеспечивающие его надежную работу, могут быть сведены к равенству

$$Y_1 - Y_2 \geq 0 \quad (3)$$

где Y_1 - сумма внутренних факторов, характеризующая несущую способность (или предел допустимой деформации и т. д.);

Y_2 - сумма внешних факторов, характеризующая действующие нагрузки при их наиболее невыгодном сочетании.

Тогда надежность НА определится вероятностью значений больше нуля

$$P = P(v \geq 0) \quad (4)$$

Когда известно соотношение $Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ и закон распределения случайных величин x_i , то моменты распределения случайных величин устанавливаются по показателю надежности P .

Одна из наиболее важных надежностных характеристик – коэффициент готовности НА [1,2]. Поэтому при выполнении производственных заданий на НА значительное место занимают вопросы тщательного анализа перехода системы от одного состояния к другому и динамики изменения коэффициента готовности НА при каждом состоянии.

Допустим, НА в ходе выполнения задания находится в n состояниях и период времени нахождения в каждом состоянии $t_i = t_{K_i} - t_{H_i}$. Здесь t_{H_i} и t_{K_i} – моменты времени начала и конца нахождения в i -м состоянии.

Можно отметить, что оценка состояния НА зависит от продолжительности времени нахождения в каждом состоянии и динамики изменения коэффициента готовности на каждом интервале времени $[t_{H_i}, t_{K_i}]$.

Суммарное время нормальной эксплуатации НА можно определить следующим образом

$$T = \sum_{i=1}^n t_{M_i} + \sum_{i=1}^n (t_{K_i} - t_{H_i}). \quad (5)$$

Для оценки коэффициента готовности НА на каждом интервале времени можно использовать следующее дифференциальное уравнение [3]

$$\pi_i(t) + (\lambda_i + \mu_i)\pi_i(t) = \mu_i. \quad (6)$$

Здесь $\pi_i(t)$ – коэффициент готовности НА на интервале $[t_{H_i}, t_{K_i}]$; λ_i и μ_i – интенсивности отказа и восстановления в данном интервале.

Общее решение дифференциального уравнения (6) имеет вид [3]

$$\pi_i(t) = \frac{\mu_i}{\lambda_i + \mu_i} + Ce^{-(\lambda_i + \mu_i)t}. \quad (7)$$

Здесь $t_i \in [t_{H_i}, t_{K_i}]$.

Для нахождения значения C для каждого состояния можно использовать следующие начальные условия:

$$t_i = t_{H_i}, \pi_i(t_i) = \pi_i(t_{H_i}), (i = 1, 2, \dots, n). \quad (8)$$

Теперь, используя начальные условия, из общего решения (6) получим

$$\pi_i(t_{H_i}) = \frac{\mu_i}{\lambda_i + \mu_i} + Ce^{-(\lambda_i + \mu_i)t_{H_i}}.$$

Отсюда

$$C = \frac{\pi_i(t_{H_i})(\lambda_i + \mu_i) - \mu_i}{\lambda_i + \mu_i} e^{(\lambda_i + \mu_i)t_{H_i}}. \quad (9)$$

Подставляя (8) в (6), получим частные решения дифференциальных уравнений, в следующем виде

$$\pi_i(t) = \frac{\mu_i}{\lambda_i + \mu_i} + \frac{\pi_i(t_{H_i})(\lambda_i + \mu_i) - \mu_i}{\lambda_i + \mu_i} e^{(\lambda_i + \mu_i)(t_{H_i} - t)}. \quad (10)$$

Здесь ясно, что $t_{H_i} - t_i \leq 0$, поэтому при $t_i \rightarrow t_{K_i}$, значение $\pi_i(t_i)$ уменьшается.

При исследовании коэффициента готовности НА встречаются следующие два случая:

1) коэффициент готовности НА $\pi_i(t_i)$ равен коэффициенту готовности в конце предыдущего интервала времени, т.е. $\pi_i(t_i) = \pi_{i-1}(t_{K_{i-1}})$;

2) коэффициент готовности НА $\pi_i(t_i)$ не равен коэффициенту готовности в конце предыдущего интервала времени, т.е. $\pi_i(t_i) = \pi_{i-1}(t_{K_{i-1}}) + \alpha_i$, где α_i – скачки коэффициентов готовности при переходе от одного состояния к другому. В этом случае, если с учетом предложенной нами методики будет возможность уменьшить абсолютное значение α_i до нуля, то исследование можно продолжить как в первом случае, иначе требуются дополнительные исследования по изучению α_i .

Рассмотрим алгоритмы реализации первого случая. В данном случае вместо n начальных условий (5) достаточно использовать только одно начальное условие, поставленное для первого интервала времени

$$t_i = t_{H_i}, \pi_i(t_i) = \pi_i(t_{H_i}).$$

Для остальных интервалов времени $\pi_i(t_{K_i})$ можно определить из начальных условий $t_i = t_{H_i}, \pi_i(t_i) = \pi_{i-1}(t_{H_{i-1}}), (i = 2, \dots, n)$. учитывая, что

$$\pi_{y_{i+1}}(t_{H_{i+1}}) = \pi_i(t_{K_i}).$$

Учтем, что коэффициенты оперативной готовности НА для каждого интервала времени $\pi_i(t_{K_i})$ можно получить расчетным способом последовательно по возрастанию номеров интервалов времени. Данный алгоритм намного облегчает процесс уточнения коэффициента готовности НА на весь период эксплуатации.

Аналогично данной методике можно проводить многоэтапное обследование состояния НА по другим надежностным характеристикам.

Литература

1. Гловацкий О.Я., Эргашев Р.Р. Исследования надежности и состояния системы машинного водоподъема // Материалы международной научно-технической конференции – Т., 2009. – С. 77-80.
2. Абзалов Б.Х., Гловацкий О.Я. Новые методы оценки технического состояния мелиоративных насосных станций систем машинного водоподъема //Труды САНИИРИ. – Т. 2006. – С. 100-104.
3. Муминов Н.А. К расчету надежности гибких производственных комплексов //Проблемы машиностроения и автоматизации. – М.: Будапешт, 1987. – Вып.15. – С. 57-60.

УДК 631.358

*Юлдашев Ш., д.т.н., профессор,
Ли А., к.т.н., Норов Б., к.т.н., Шарипов З., к.т.н.
Ташкентский институт ирригации и мелиорации, г. Ташкент*

О СПОСОБЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ

В статье рассматриваются пути улучшения показателей работы и увеличения ресурса гильзы и срока службы ДВС в целом. Раскрыта сущность модернизированного способа восстановления гильзы и некоторые теоретические аспекты, характеризующие технологический процесс

Способ восстановления гильзы двигателей внутреннего сгорания, разработанный учеными Ташкентского института ирригации и мелиорации (ТИИМ), заключается в том, что стенку изношенного цилиндра разрезают по линии вертикальной оси, затем гильзу стягивают и стык заваривают электродуговой сваркой под слоем флюса, далее механической обработкой доводят под необходимый ремонтный размер. При этом полностью восстанавливается работоспособность сопряжения, так как обработка под ремонтный размер осуществляется с теми же допусками, с которыми восстанавливают изношенные детали [1].

Применение способа ремонтных размеров является основным для восстановления сопряжения "гильза - поршень" для дизелей. По действующим техническим требованиям изношенная гильза должна восстанавливаться расточкой хонингованием под увеличенный ремонтный размер. Недостатком данного способа является ухудшение свойств материала вследствие воздействия высокой температуры электродуговой сваркой. Другим недостатком данного способа является исключительная преимущество применения только цилиндров двигателей внутреннего сгорания воздушного охлаждения.

В ремонтном производстве чаще применяют способ восстановления изношенной внутренней цилиндрической поверхности, заключающийся в восстановлении гильзы под номинальный размер, которую осуществляют путем получения составной гильзы, включающей изношенную гильзу и тонкостенную новую, которую устанавливают в изношенную с образованием между ними зазора заполненного воздухом [2].

Существенным недостатком данного способа восстановления гильзы цилиндров заключается в том, что наличие воздушной прослойки между основным и вставным цилиндрами приводит, к неравномерному охлаждению последней, тем самым ухудшает эксплуатационные показатели работы и снижает мощностные характеристики ДВС. Более того воздушная прослойка приведет к неравномерному теплообмену и износу внутренней поверхности гильзы.

Улучшение показателей работы и увеличение срока службы ДВС в целом, является основной целью всех разрабатываемых технологий восстановления гильз цилиндров. Одним из путей улучшения показателей работы и увеличения срока службы ДВС является модернизация ныне существующих способов, в частности вышеописанного способа восстановления гильз цилиндров ДВС.

Сущностью модернизированного нами способа восстановления гильзы под номинальный размер является получение неподвижного соединения составной гильзы путем запрессовки в изношенную гильзу новой тонкостенной с нанесенными на контактируемые поверхности термопасты с минимальным натягом покрытия, обеспечивающим упругий насыщенный контакт.

При упругом насыщенном контакте все микронеровности, которые расположены на контурной площади контакта образуют зоны контакта. Условие реализации упругого насыщенного контакта имеет вид [3]:

$$(8 \times 10^{-2} \times D^{1/2} \times E) / [(b^{1/n} \times n)^{(2n+1)/(2n-1)} \times (1-m^2)] \leq P_{CH} < (a_t \times HB) / (b^{1/n} \times n)^{1/(n-1)} \quad (1)$$

где E – модуль упругости;

$\Delta = \frac{R_{max}}{rb^{1/v}}$ – безразмерный коэффициент, характеризующий шероховатость поверхности;

R_{max} – наибольшая высота неровностей профиля;

r – приведенный радиус неровности;

n, b – параметры, зависящие от вида обработки;

m – коэффициент Пуассона;

a_t – коэффициент, учитывающий напряженное состояние в зоне контакта и кинематические особенности взаимодействия твердых тел. При упругом контакте $a_t = 0,5$;

HB – твердость материала (термопасты).

Поэтому при запрессовке детали с покрытием термопастой в отверстие сопрягаемой детали необходимо за счет натяга покрытия термопастой создать давление, обеспечивающее упругий насыщенный контакт и предпосылки высокой долговечности неподвижного соединения.

Минимальный натяг покрытия, обеспечивающий упругий насыщенный контакт определим по формуле:

$$N_{упр.нас.min} = 2R_{max} \times [1,114 / b^{1/3 n} \times [(b^{1/n} \times n)^{(2n+1)/(2n-1)}]^{2/3} + [(n-1) / (b \times n^n)^{1/(n-1)}] \quad (2)$$

Из формулы (2) следует, что величина натяга, обеспечивающая

упругий насыщенный контакт, зависит только от параметров обработки b и n и шероховатости поверхности R_{max} отверстия сопрягаемой детали.

Относительное сближение определяют по формуле [3]:

$$R_{max} = h/e \quad (3)$$

где h – глубины внедрения неровности;

e – относительное сближение при насыщенном упругом контакте.

Относительное сближение при насыщенном упругом контакте можно определить по формуле:

$$e = 3P_c^{2/3} \times (1-m^2)^{2/3} / E^{2/3} \times b^{1/3n} \times D^{1/3} + (n-1)/(b \times n^n)^{1/(n-1)} \quad (4)$$

Подставим в формулу (3) вместо P_c левую часть выражения P_{CH} (1) получим формулу для определения относительного сближения:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{3 \left[\frac{8 \cdot 10^{-2} \Delta^{1/2} E}{(b^{1/\nu} \cdot \nu)^{(2\nu+1)(2\nu-1)} (1-\mu^2)} \right]^{2/3} \cdot (1-\mu^2)^{2/3}}{E^{2/3} b^{1/3\nu} \Delta^{1/3}} + \frac{\nu-1}{(b\nu^\nu)^{1/(\nu-1)}} = \\ &= (1,114/b^{1/3n} \times [(b^{1/n} \times n)^{(2n+1)/(2n-1)}]^{2/3}) + [(n-1)/(b \times n^n)^{1/(n-1)}] \end{aligned} \quad (5)$$

Деформация покрытия термопастой в вертикальном направлении определяется из выражения:

$$d = h = N/2 \quad (6)$$

где N – натяг покрытия термопастой.

С учетом формул (3) и (6) получим выражение для определения натяга покрытия термопастой:

$$N = 2h = 2eR_{max} \quad (7)$$

Термопаста, используемая в качестве смазки, при нанесении на поверхность отверстия сопрягаемой детали заполнит микровпадины. После отверждения термопасты увеличится площадь контакта. Кроме того, увеличатся фрикционные параметры. Рост фактической площади контакта снизит контактные напряжения в покрытии термопасты при ее нагружении. Таким образом, предложенный способ сборки позволит увеличить усилие распрессовки и долговечность неподвижного соединения.

Сущность процесса восстановления состоит в том, что сначала изношенную гильзу после очистки растачивают на алмазно-расточном станке модели 2А78 под размер в зависимости от толщины новой тонкостенной гильзы. Расточку проводят резцами из Гексанита - Р(ТУ 2-037-194-77). После расточки внутренней поверхности новой тонкостенной гильзы 2 производится покрытие ее внешней цилиндрической поверхности термопас-

той. Покрытие термопастой производят кистью волосяной №10. Термообработку покрытия производят при температуре $T=150^{\circ}\text{C}$, время $t=3\text{ч}$. Непосредственно перед запрессовкой на внутреннюю поверхность изношенной гильзы в качестве смазочного материала наносят тонкий слой термопасты, а затем в нее запрессовывают новую тонкостенную гильзу. Сборка составной гильзы производится путем запрессовки на гидравлическом прессе модели 21-35-М-1 новой тонкостенной гильзы в изношенную гильзу.

Таким образом, после сборки между наружной поверхностью новой тонкостенной и внутренней поверхностью расточенной изношенной гильзы цилиндра не будет зазора, заполненного воздухом.

Затем составную гильзу в специальном приспособлении устанавливают на вертикально-хонинговальном станке модели ЗГ833 и обрабатывают алмазно-хонинговальными брусками под номинальный размер.

Основное преимущество нового способа заключается в том, что между наружной поверхностью новой тонкостенной гильзы и внутренней поверхностью изношенной гильзы не остается воздушный зазор. Воздушный зазор ухудшает теплопередачу от новой тонкостенной гильзы к изношенной гильзе, являющейся гнездом. Разность температур в камере сгорания и водяной рубашкой приводит к интенсивному износу и в результате сокращает срок службы гильзы и эксплуатации ДВС. Плохая теплопередача от новой тонкостенной гильзы к гнезду, то есть к изношенной гильзе, может привести к перегреву гильз и падению мощности двигателя, что является весьма нежелательным. Поэтому при установившемся тепловом состоянии двигателя воздушный зазор между новой тонкостенной гильзой и ее гнездом - изношенной гильзой не должен иметь место. Последнее условие соблюдается только при наличии и использовании термопасты в технологическом процессе восстановления гильз.

Предлагаемый способ восстановления гильз цилиндров по сравнению с известным способом позволяет за счет равномерного теплообмена снизить интенсивность износа и тем самым повысить срок службы гильз цилиндров и эксплуатации ДВС в целом. Восстановление гильз цилиндров может быть организовано на уровне мастерских общего назначения и центральных районных МТП.

Литература

1. Способ восстановления отверстий в деталях: Решение ВНИИГПЭ о выдаче патента по заявке №4867933/27 от 11.11.91 /Ш.У. Юлдашев, К.И. Пискентбаев, И.А. Аширбеков.
2. Патент RU 2215630 С2, МКл³. В 23 Р 6/02. Способ восстановления гильз цилиндров тракторных двигателей / Голубничий Н.Т.
3. Справочник по триботехнике /Под общ. ред. М. Хебды, А.В. Чичинадзе. – В 3 т. – Т.1. Теоретические основы. – М.: Машиностроение, 1989. – 400 с.

Требования к научным статьям, размещаемым в журнале «Международная агроинженерия»

Статья, представленная к публикации должна быть актуальной, отличаться новизной и практической значимостью научных результатов. Предпочтение будет отдаваться, прежде всего, оригинальным статьям теоретического и прикладного характера по научным направлениям, затрагивающим проблемы развития сельскохозяйственного производства. Тематическая направленность статей: техника, технологии и переработка сельскохозяйственной продукции, использование альтернативных источников энергии и информационных технологий в сельском хозяйстве, биоинженерия. Не допускается подача ранее опубликованных или одновременно направленных в другие издания работ.

Статья должна сопровождаться:

- **письмом**, с указанием фамилии и инициалов первого автора на английском языке, его адрес, телефон и e-mail;

- **рецензией**, заверенной печатью (рецензент с ученой степенью не ниже ученой степени автора статьи, научная специализация рецензента должна соответствовать научному направлению публикации);

- **экспертным заключением**, выданным учреждением, в котором выполнена работа.

К публикации принимаются статьи в электронном виде на казахском, русском или английском языках, оформленные в соответствии с нижеуказанными требованиями и имеющие научный стиль изложения. Ответственность за содержание статей несут авторы. Статьи, несоответствующие тематической направленности журнала, а также не отвечающие по содержанию и по оформлению изложенным требованиям, к публикации не принимаются. Редакция журнала оставляет за собой право перевода статей на два других языка, отличные от языка оригинала статьи, и их размещение на сайте www.kazars.kz. Сроки публикации представленных статей устанавливает редакция в зависимости от их значимости и очередности поступления.

Статья оформляется в редакторе MS Word (шрифт Times, кегль – 14) на страницах формата А4, ориентация - книжная, с полями 2,5 см, с одинарным межстрочным интервалом (Образец статьи см. на сайте www.kazars.kz) и предоставляется одним файлом в следующей последовательности:

1. **Индекс УДК**; в первой строке слева, без отступа, кегль 14.

2. **Фамилия** и инициалы автора (строчные полужирные), ученая степень, звание; место работы, город (кегль 14, курсив, выравнивание по центру).

3. **Название статьи** должно строго соответствовать содержанию, отражать основную идею выполненного исследования, быть по возможности кратким; кегль 14, прописные полужирные, выравнивание по центру.

4. **Аннотация** на английском языке и на языке оригинала статьи должна ясно излагать её полный содержание с графиком и формулой (в объеме в 1 страниц) и быть пригодной для опубликования отдельно от статьи; кегль 12, курсив, 4-7 строк без отступов с выравниванием по ширине, одинарный межстрочный интервал.

5. **Основная часть** статьи оформляется с абзацными отступами 10 мм с выравниванием текста по ширине, включает таблицы, графические изображения, диаграммы, схемы, фотографии, рисунки и др. Иллюстративный материал должен быть цветным, четким, представлен в едином стиле с соответствующими исходными данными. Подпись к рисунку располагается под ним посередине. Основной текст статьи может обрамлять рисунок. Слово «Рисунок» пишется полностью. Иллюстрации, таблицы, формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, нумеруются арабскими цифрами, нумерация сквозная.

6. **Заключение и/или выводы**. Статья завершается заключением и/или четко сформулированными выводами, где в сжатом виде приводятся основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.

7. **Литература**, используемая в статье, указывается в порядке упоминания в ссылках в квадратных скобках и приводится в конце статьи как нумерованный библиографический список (не более 10-ти источников), оформленный согласно ГОСТа. Перечисленные компоненты статьи отделяются между собой одной пустой строкой.

Объем научной статьи, включая все вышеперечисленные компоненты (2-5 обязательны), должен составлять, как правило, не менее 2 и не превышать 10 полных страниц. Нумерация страниц размещается в нижнем колонтитуле по центру, кегль 12.

Электронные версии статьи и указанных сопроводительных документов (письмо, копии рецензии и экспертного заключения) следует направлять по адресу: kazniimesh@yandex.kz, agro_otvet-sekret@mail.ru

Научно-технический журнал «Международная агроинженерия», 2012 г., вып. 4

Издание зарегистрировано Министерством связи и информации Республики Казахстан: Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания № 11827-Ж от 2 июля 2011 года.

Журнал «Международная агроинженерия» зарегистрирован в Международном центре по регистрации сериальных изданий ISSN (ЮНЕСКО, г. Париж, Франция) и ему присвоен международный номер ISSN 2227-2038 (Print), ISSN 2227-2054 (Online). Сертификат выдан Национальным центром ISSN Национальной государственной книжной палаты Республики Казахстан 14 марта 2012 г.

Издается ежеквартально с 2012 г.
Собственник ТОО «Казахский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства» (г.Алматы)

Подписано к печати 25.12.12
Тираж 100 экз. Заказ №188
Отпечатано в компании CopyLand
г. Алматы пр. Сейфуллина, 541
print@copyland.kz



Редакция журнала «Международная агроинженерия»
050005, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. Райымбека, 312
Казахский НИИМЭСХ; e-mail: kazniimesh@yandex.kz;
тел. приемной: +7 (727) 247-96-00, факс: +7(727) 247-96-07;
тел. ответственного секретаря: +7(727) 247-96-08;
e-mail: agro_otvet-sekret@mail.ru; www.kazars.kz