

КАЗАХСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕХАНИЗАЦИИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

МЕЖДУНАРОДНАЯ АГРОИНЖЕНЕРИЯ

научно-технический журнал

2012

Выпуск 3

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**,
канд. техн. наук (КазНИИМЭСХ)

Члены:

Доскалов Пламен - Профессор, PhD University of Ruse Departament of futomatics & Mechatronics, (Bulgaria); **Havrland Bohumil** - prof. Ing Czech University of life sciences Prague (Czech Republic); **Раджеш 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.**, канд. техн. наук (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

<i>Астафьев В.Л.</i> Потенциал и фактическая роль НИИ механизации сельского хозяйства по осуществлению основных направлений деятельности на современном этапе.....	5
<i>Жортуылов О.Ж., Абилжанулы Т.</i> Результаты приемочных испытаний опытного образца пресс-подборщика тюкового ПТ-160.....	8
<i>Маматов Ф.М., Худояров Б., Кодиров У.</i> Новая технология подготовки почвы к севу хлопчатника на гребнях.....	13
<i>Дерепаскин А.И., Полищук Ю.В., Бинюков Ю.В.</i> Снижение затрат на улучшение травостоев применением комбинированных орудий.....	16
<i>Голиков В.А., Артамонов В.Н.</i> Определение выработки рулонных пресс-подборщиков сена.....	19
<i>Гайфуллин Г.З., Курач А.А., Семибаламут А.В.</i> Оценка влияния кинематического режима работы ротационного кольцевого рабочего органа на удельные затраты мощности.....	22
<i>Дерепаскин А.И., Полищук Ю.В., Бинюков Ю.В., Хлебко С.И., Токарев И.В.</i> Обоснование основных параметров устройства для внесения выхлопных газов двигателя трактора в почву.....	27
<i>Астафьев В.Л., Лежнев Ю.Ф., Бирюков Н.М., Шипотько В.Н., Кащенко А.В.</i> Обоснование параметров машины для предварительной очистки зернового вороха.....	32
<i>Абилжанулы Т., Жортуылов О.Ж., Солдатов В.Т., Алексеек А.А., Абилжанов Д.Т.</i> Уравновешивание механизмов прессующего поршня пресс-подборщиков тюковых.....	35
<i>Маматов Ф.М., Файзуллаев Х., Эргашев И.Т., Мирзаев Б.С.</i> Определение тягового сопротивления почвоуглубителя с наклонной стойкой.....	39
<i>Ли А.</i> Исследования движения потока семенного вороха люцерны в бункере клеверотки.....	46
<i>Раджабов А.Р., Музафаров Ш.М.</i> Исследование разрядных процессов в электрических полях стримерной формы коронного разряда.....	52
<i>Раджабов А.Р., Музафаров Ш.М.</i> Исследование силовых характеристик электрического поля стримерной формы коронного разряда.....	58
Требования к научным статьям, подготовленным к публикации в журнале «Международная агроинженерия».....	

Требования к научным статьям, подготовленным к публикации в журнале «Международная агроинженерия»

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

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, не соответствующие 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, отличных от языка оригинала статьи, и их размещение на сайте www.kazniimesh.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 A4, ориентация - книжная, с полями 2,5 см, с одинарным межстрочным интервалом (**Образец** статьи см. на сайте www.kazniimesh.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 полное содержание с графиком и формулой (в объеме 1 страницы) 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 абзачными 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 по середине. 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.

УДК 631.117.4:631.171

*Астафьев В.Л., д.т.н.проф., Костанайский филиал КазНИИМЭСХ,
г.Костанай*

ПОТЕНЦИАЛ И ФАКТИЧЕСКАЯ РОЛЬ НИИ МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ПО ОСУЩЕСТВЛЕНИЮ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Показаны потенциал и роль механизации сельского хозяйства в осуществлении технической политики и развития сельхозмашиностроения в Республике Казахстан, разработке новых технических средств и испытаниях ввозимой сельскохозяйственной техники.

В области механизации сельского хозяйства Республики Казахстан в настоящее время осуществляют деятельность два крупных научно-исследовательских института: Казахский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства, осуществляющий деятельность и выполняющий свои функции в южном регионе Казахстана, и Костанайский филиал КазНИИМЭСХ, осуществляющий деятельность и выполняющий свои функции в основном зернопроизводящем регионе страны – Северном Казахстане.

Казахский НИИМЭСХ основан в 1948 г. Период расцвета института пришелся на 1975-1991 годы. В это время под руководством и при участии ученых КазНИИМЭСХ был разработан комплекс противозерозионной техники и освоено его производство, разработаны научные основы технологического проектирования поточных линий и машин для кормоприготовления, разработаны безотходные технологические комплексы для обработки продукции овцеводства, эффективные технические средства для уборки зерновых культур и заготовки грубых кормов.

Штат сотрудников в период расцвета института составлял около 1000 человек. Разработки института по механизации растениеводства, животноводства, кормопроизводства и кормоприготовления тиражировались опытно-механическим заводом не только по Казахстану, но и в Узбекистан, Россию, Монголию. Машины почвозащитного комплекса, одним из основных разработчиков которых был КазНИИМЭСХ, внедрены в СССР на площади около 60 млн. га.

В настоящее время основными направлениями научной деятельности института являются:

- разработка системы машин для комплексной механизации растениеводства южного региона Казахстана;
- разработка технических средств для заготовки кормов в южном регионе Казахстана;
- разработка технических средств для почвообработки и посева на богарных и орошаемых землях;
- разработка технических средств энерго- и водоснабжения на базе нетрадиционных источников энергии.

Костанайский филиал КазНИИМЭСХ образован в 2008 году. До 2008 года институт назывался Целинный НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства. Целинный НИИМЭСХ основан в 1962 году. Период расцвета института пришелся на 1980-1991 годы. Ученые института принимали участие в разработке средств механизации для почвозащитной системы земледелия, технических средств для обработки малопродуктивных почв и возделывания кормовых культур.

Штат сотрудников в период расцвета института составлял около 700 человек.

Машины противозерозионного комплекса, технические средства для глубокой обработки малопродуктивных почв и производства кормов тиражировались на заводах Казахстана.

В настоящее время основными направлениями научной деятельности Костанайского филиала являются:

- разработка системы машин для комплексной механизации растениеводства Северного Казахстана;
- разработка технических средств для посева и почвообработки;
- разработка технических средств для уборки и послеуборочной обработки сельскохозяйственных культур;
- разработка технических средств для возделывания кормовых культур и заготовки кормов в северном регионе Казахстана.

Структура этих институтов аналогична и включает:

- научные подразделения по направлениям деятельности;
- конструкторские подразделения;
- опытно-механический завод (г. Алматы);
- экспериментальное производство (г. Костанай);
- обслуживающие подразделения (библиотека, патентный сектор, сектор множительной техники, автотракторный участок и т.д.).

Штатная численность составляет в том и другом институте около 100 человек. Столь существенное сокращение штатной численности за последние годы обусловлено прежде всего недостатком бюджетного финансирования¹. Вместе с тем следует констатировать, что несмотря на уменьшение количества направлений научной деятельности за последние годы в научно-исследовательских институтах сохранен потенциал научных кадров: численность докторов составляет 14 человек, кандидатов наук – 24 человека. Сохранен потенциал и конструкторских работников. Разработка новых технических средств в настоящее время ведется на основе систем автоматизированного проектирования (САПР).

Сохранение конструкторского потенциала на двух наших предприятиях имеет очень большое значение для развития сельхозмашиностроения Казахстана в настоящее время, так как за годы перехода к рыночной экономике в республике были потеряны заводы тракторо- и сельхозмашиностроения: Павлодарский тракторный, «Целинсельмаш», «Казахсельмаш», ГСКВ ПЭТ и большой штат конструкторов, работавших на этих предприятиях.

Следует отметить, что институты механизации располагают достаточно мощной материально-технической базой: здания, техника, оборудование и приборы для научных исследований и испытаний сельскохозяйственной техники, станочное оборудование. Основная комплектация материально-технической базы этих предприятий пришлась на 1970-1985 годы, поэтому на 2012-2013 годы согласно Постановления Правительства № 2339 от 31.12.09 и решения МСХ РК предусматривается соответствующая реконструкция и техническое перевооружение МТБ НИИ механизации в г. Алматы и г. Костанай.

Основными функциями в рамках основной деятельности научно-исследовательских институтов механизации является:

- выполнение прикладных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на ускорение научно-технического прогресса в отраслях растениеводства, животноводства и переработки сельхозпродукции;
- разработка передовых технологий и импортозамещающих технических средств и их внедрение в сельскохозяйственное производство;
- разработка методов эффективного использования комплексов машин и их реализация;
- разработка технической документации (в том числе стандартов и нормативов) на средства механизации для растениеводства и животноводства;
- обобщение и пропаганда передового опыта и новейших достижений в области механизации и электрификации сельскохозяйственного производства;
- проведение испытаний и сертификация сельскохозяйственной техники.

¹ Следует отметить, что в составе КазНИИМЭСХ находится еще и Аккольский филиал (бывший Целинный филиал ГосНИТИ), основным направлением научной работы которого является технический сервис. Однако из-за недостатка бюджетного финансирования его основная научная деятельность в 2009-2011 годах была приостановлена.

Ясно, что конечным и главным показателем эффективности функционирования НИИ механизации является количество тиражируемых разработок на заводах и их внедрение в производство. К сожалению, указанные функции по серийному тиражированию и внедрению технических средств в сельскохозяйственное производство в настоящее время не могут быть выполнены в объеме всех разработок. Основной проблемой здесь является неразвитость сельхозмашиностроения в РК. Существующих заводов по производству сельхозмашин – единицы, причем в своем большинстве они укомплектованы устаревшим оборудованием. Тем не менее, в последние годы Костанайский филиал КазНИИМЭСХ передал по согласованию с МСХ РК и АО «КАИ» техническую документацию на производство следующих машин:

- сеялка универсальная для прямого и разбросного посева СУ-2 (ТОО «Экс-про» г. Костанай);
- жатка валковая прицепная ЖВП-9,1 (ТОО «Агротехмаш», г. Костанай);
- жатка-хедер широкозахватная ЖХ-9,1 (Тогузакский механический завод, Костанайская обл.);
- зерноочистительные машины ОЗП-5 т ОЗП-25 (ТОО «ЗКМК», г. Уральск).
- погрузчик фронтальный к тракторам типа К-700 (ТОО Агротехмаш», г. Костанай);

Указанные машины производятся по заявкам хозяйств.

Следует отметить, что опытно-механический завод КазНИИМЭСХ и экспериментальное производство Костанайского филиала могут тиражировать свою продукцию только малыми опытными партиями для пропаганды ее эффективности сельхозтоваропроизводителям, так как основную часть времени они загружены изготовлением экспериментальных и опытных образцов..

В связи с этим, необходимо констатировать, что неразвитость сельхозмашиностроения в РК в настоящее время является существенным ограничением эффективного функционирования НИИ механизации.

Учитывая, что ввиду указанной причины основной объем тракторов и сельхозмашин поступает на рынок Казахстана из-за рубежа, мы полагаем, что основным полем деятельности инженерных НИИ в настоящее время могут быть испытания поставляемой сельскохозяйственной техники с целью выбора наиболее эффективных, адаптированных образцов в условиях республики. Для этого необходимо проведение испытаний с определением соответствия показателей назначения ввозимой продукции требованиям заявленных технических условий и нормативной документации, действующей на территории нашей страны.

Аккредитованные Госстандартом РК лаборатории испытаний и сертификации при НИИ механизации имеются.

Однако, действующее законодательство в РК предусматривает обязательное проведение лишь сертификационных испытаний, основное содержание которых составляет определение показателей безопасности машины для окружающей среды и человека. А испытания по определению показателей назначения (показателей качества работы, производительности, энергоемкости и расхода топлива, технической надежности и экономической эффективности) – при ввозе машин в республику носят статус добровольных и могут проводиться только по желанию продавца техники. Практика показывает, что зарубежные заводы изготовители и их дилеры не испытывают особого желания представлять технику на испытания с определением показателей назначения, несмотря на то, что около половины ввозимой техники не адаптировано к условиям РК.

В результате страдают сельхозтоваропроизводители, которые покупают не проверенную технику, при этом потенциал НИИ механизации по защите отечественных сельхозтоваропроизводителей от некачественной техники, по адаптации зарубежной техники к условиям РК остается большей частью не востребованным.

Выход из создавшегося положения мы видим в следующем:

1. Необходимо принятие мер по отрасли сельского хозяйства, обязывающих или заставляющих производителей зарубежной техники представлять ее на испытания в аккредитованные лаборатории с определением показателей назначения.

2. По мере набора объема испытаний сформировать банк данных эффективной, адаптированной в условиях РК техники.

3. По мере развития сельхозмашиностроения ставить на производство в республике разработки инженерных НИИ или их зарубежные аналоги (путем создания совместных производств или копирования лучших образцов).

При выполнении этих мер потенциал инженерных НИИ будет использован в полной мере при испытаниях, адаптации и разработке новых машин, что существенно повысит эффективность функционирования наших предприятий в интересах страны.

УДК 631.352.2

*Жортулов О.Ж., д.т.н., проф., Абилжанулы Т. д.т.н., проф.,
КазНИИМЭСХ, г.Алматы*

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИЕМОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ПРЕСС-ПОДБОРЩИКА ТЮКОВОГО ПТ-160

Показаны отличительные особенности конструкции пресс-подборщика. Приведены отмеченные по результатам приемочных испытаний достоинства машины. Приведены результаты приемочных испытаний по показателям назначения опытного образца пресс-подборщика сена тюкового ПТ-160, разработанного в ТОО «КазНИИМЭСХ» несоответствия техническому заданию.

В ТОО «КазНИИМЭСХ» разработан и изготовлен опытный образец пресс-подборщика тюкового ПТ-160 для подбора сена или соломы и прессования массы в малогабаритные тюки прямоугольной формы с автоматической обвязкой шпагатом и выгрузкой тюков на скошенное поле. Он также может быть использован на стационаре для прессования массы из скирды или копен.

Опытный образец пресс-подборщика тюкового ПТ-160 является модификацией пресс-подборщика малых тюков ПС-532 (разработка АО «КТИкорммаш» Кыргызстан).

Пресс-подборщик ПТ-160 состоит из рамы, ходовой части, подборщика, переднего и заднего упаковщиков, прессовальной камеры, кривошипно-шатунного механизма, противовеса, поршня, главного редуктора, маховика, контрпривода, вязального аппарата, конической передачи, цепных передач, отключающего механизма привода поршня.

Отличительными особенностями опытного образца являются установленный подбирающий механизм упрощенной конструкции и редуктор, обеспечивающий вращение кривошипно-шатунного механизма в вертикальной плоскости. В конструкции установленного на нем подборщика не имеется многих быстроизнашивающихся ответственных деталей: кривошипов, подшипников, роликов и беговой дорожки.

Подборщик состоит из пальцевого подбирающего барабана, установленного между рядами колец-скатов, и подбрасывающего барабана. Ось подбирающего барабана установлена ниже оси колец-скатов с эксцентриситетом. Исходя из такого расположения подбирающего барабана, его пальцы при подъеме вверх постепенно уходят под кольца скаты, не захватывая стеблей, то есть процесс подбора сена выполняется без наличия роликов, кривошипов и беговой дорожки. При этом приподнятую массу сена вверх подбрасывающий барабан своими криволинейными дисками непрерывно подает в камеру упаковщиков.

В конструкции ранее выпускаемых пресс-подборщиков (ПС-532) установлены два редуктора сложной конструкции. С одного редуктора передачу получал кривошипно-шатунный механизм поршня, а с другого передавалось вращение остальным механизмам машины. В конструкции ПТ-160 установлен один главный редуктор. С одной стороны горизонтального вала редуктора получает привод прессующий поршень, а на другом конце вала установлены две звездочки, с одной из которых вращение передается подборщику, а с другой – упаковщику и вязальному аппарату. Кроме того, при изготовлении редуктора использованы стандартные широко распространенные шестерни, качественно выполненные на предприятиях автомобильной промышленности. Корпус редуктора имеет сварную конструкцию. Все это обеспечивает изготовление редуктора на заводе, не имеющем литейного производства.

Пресс-подборщик работает в агрегате с трактором класса тяги 1,4.

Технологический процесс работы опытного образца пресс-подборщика тюкового ПТ-160 аналогичен работе базовой машины ПС-532.

Приемочные испытания пресс-подборщика тюкового ПТ-160 на выполнении процесса прессования сена и соломы проведены на полях в ТОО «Племзавод Аксай»

Карасайского района и ТОО «Айршир» Талгарского района Алматинской области (рисунок). Урожайность люцерны составляла 3,2 т/га, разнотравья – 2,7 т/га, пшеничной соломы – 2,5 т/га, ширина валка: люцерны – 1,25 м; разнотравья – 1,37 м; соломы – 1,42 м. Масса 1 пог.м. валка: люцерны – 2,75 и 3,2 кг; разнотравья – 2,2 кг; соломы – 2,12 кг.



Рисунок – Пресс-подборщик ПТ-160 в полевых условиях (вид сзади)

Влажность люцерны составляла 23,2%, влажность разнотравья – 22,4%, а влажность пшеничной соломы – 18,3%. Температура воздуха – 29...33°C. Оценка условий испытаний проведена по ГОСТ 28287-89; ОСТ 10.23.5-2003. В целом условия испытаний соответствовали требованиям технического задания на ПТ-160.

Определены агротехнические показатели при лабораторно-полевых испытаниях пресс-подборщика тюкового ПТ-160 на прессовании сена люцерны, разнотравья и соломы пшеничной.

Показатели качества работы снимались на скоростях: 0,77; 1,0; 1,05 и 1,43 м/с, а также при номинальной и максимальной производительностях и производительности на 20...30% меньше номинальной.

Максимальная производительность пресс-подборщика достигала до 11...14 т/ч, а номинальная производительность пресс-подборщика фиксировалась в пределах 7,6...12,1 т/ч основного времени. Уровень потерь сена составил от 1,63 до 1,93 %.

По результатам агротехнической оценки пресс-подборщик тюковый ПТ-160 соответствует техническому заданию на его разработку и может применяться в условиях Республики Казахстан.

Результаты эксплуатационно-технологической оценки приведены в таблице.

Определением функциональных показателей пресс-подборщика тюкового по требованиям ГОСТ 28827-89 установлено, что номинальная производительность пресс-подборщика была равна: на люцерне – 12,1 т/ч, на разнотравье – 8,5 т/ч и на соломе пшеничной – 7,6 т/ч. Коэффициент использования сменного времени – 0,75, а коэффициент эксплуатационного времени на люцерне – 0,74, на других кормах – 0,75. Потери по всем видам кормов ниже 2%, т.е. соответствуют требованиям ТЗ.

Эксплуатационно-технологическая оценка и расчет баланса времени проводились по ГОСТ Р 52778-2007. Показатели энергетической оценки были определены по ГОСТ 28827-89 и СТО АИСТ 2.2-2006 на всех вышеуказанных видах кормов при максимальной, номинальной и минимальной производительностях на рабочих скоростях агрегата – 0,77; 1,0; 1,05 и 1,43 м/с.

Таблица – Результаты агротехнической, эксплуатационно-технологической и энергетической оценок

Показатель	Норматив по ТЗ	Испытываемый вариант		
1	2	3		
1 Состав агрегата	трактор тягового класса 1,4 + ПТ-160	МТЗ-80+ ПТ-160		
2 Условия работы:				
- культура	сено, солома, провяленная масса	люцерна	разнотравье	солома пшеничная
- рельеф	уклон не более 12 ⁰	уклон ровный 3 ⁰		
- урожайность, т/га		3,2	2,7	2,5
3 Режим работы:				
- скорость, м/с (км/ч):				
- рабочая	не более 2,5 (9,0)	1,05 (3,8)	1,05 (3,8)	1,05 (3,8)
- транспортная	не более 6,9 (25)	4,2 (15)	4,2 (15)	4,2 (15)
- ширина захвата, м	1,6	1,45	1,45	1,45
4 Эксплуатационные показатели:				
а) производительность т. за ч времени:				
- основного	6...8	12,1	8,5	7,6
- сменного		9,1	6,4	5,7
б) удельный расход топлива, кг/т, не более	1,2	0,69	0,72	0,74
в) число обслуживающего персонала, чел.				
тракторист	1	1	1	1
г) эксплуатационно-технологические коэффициенты:				
- технологического обслуживания	0,7	0,93	0,93	0,93
надежности технологического процесса	не менее 0,98	0,98	0,98	0,98
-использования сменного времени, не менее	0,65	0,75	0,75	0,75
-использования эксплуатационного времени	0,6	0,74	0,75	0,75
5 Показатели качества выполнения технологического процесса:				
- потери сена, %	2,0	1,74	1,82	1,87
- расход шпатага, кг/т	нет данных	0,65	0,65	0,85
- длина стеблей скошенных растений, м	нет данных	0,83	0,93	0,48
- качество вязки тюков, %	98	98	98	98
- влажность массы, %	10...24	23,2	22,4	18,3
- масса 1 пог.м валка, кг	2...3	3,2	2,2	2,12
Размеры тюков, м:				
- длина	0,4...1,3	0,8	0,83	0,81
- ширина	0,51 ±0,01	0,51	0,51	0,51

Продолжение таблицы				
-высота	0,37 ± 0,01	0,36	0,36	0,36
Масса тюков, кг				
- сена	7,5...42,0	17,3	16,8	-
- соломы	6,0...34,0	-	-	13,4
Плотность прессования , кг/м ³				
- сена	100...180	117,8	109,5	
- соломы	80...140			90,1
6 Энергетические показатели				
Потребная мощность на ВОМ, кВт	не более 22	11,2	10,9	10,8
Тяговая мощность, кВт	нет данных	4,2	4,2	4,0

Энергетические показатели пресс-подборщика снимались при холостом и рабочих его ходах с помощью передвижной тензометрической станции, оборудованной комплектом тензометрической аппаратурой ТОПАЗ-1-01 и светолучевым осциллографом. Мощность, необходимая для привода пресс-подборщика, определялась расчетным путем, крутящий момент и частота вращения вала определялись тензометрическим валом, соединенным с ВОМ трактора. Обработка осциллограмм осуществлялась прибором ПОБД-12.

Результаты энергетической оценки показали, что на процессе прессования при максимальной производительности затрачиваемая мощность находится в пределах 13,6...14,2 кВт. Ограничение производительности происходит в зависимости от подачи массы в камеру прессования через боковые окна камеры. При производительности выше 14,2 т/ч масса с трудом подается в камеру прессования.

Показатели надежности пресс-подборщика оценены по СТО АИСТ 2.8-2007 и СТО АИСТ 2.9-2007. В период испытаний пресс-подборщика произошел всего лишь один отказ (срез штифта упаковщика) по первой группе сложности. Нарботка составила 217 часов, а плановая наработка по первой группе сложности на отказ 75 часов, т.е. в 2,9 раза выше планового времени. Коэффициент готовности с учетом эксплуатационного и оперативного времени равен 0,98. Высокая надежность работы пресс-подборщика ПТ-160 связана с надежной работы подборщика, редуктора и кривошипно-шатунного механизма, снабженного противовесом.

Следует отметить, что снабжение противовесом кривошипа шатунного механизма обеспечивает снижение амплитуды горизонтального колебания пресс-подборщика на 60%, по сравнению с пресс-подборщиком ПС-532, что было установлено специальными сравнительными исследованиями.

Годовой экономический эффект от применения пресс-подборщика тюкового ПТ-160 по сравнению с пресс-подборщиком ПТ-165 составляет 535442 тенге. Затраты труда составляют 0,083 чел.ч./т.

Оценкой безопасности установлено, что пресс-подборщик тюковый ПТ-160 соответствует требованиям стандартов НД РК. Техническое и технологическое обслуживание удобно и безопасно. Во время технологического процесса механизатор выполняет допустимое количество рабочих движений и сохраняет рациональную рабочую позу. Прицепка и отсоединение пресс-подборщика удобны.

Эксплуатация пресс-подборщика тюкового ПТ-160 удобна и безопасна.

В процессе проведения приемочных испытаний выявлены следующие достоинства:

- в пресс-подборщике ПТ-160 установлен новый подбирающий механизм, который не имеет быстро изнашивающихся деталей (беговой дорожки, роликов, кривошипов), что позволяет: повысить срок службы агрегата; повысить частоту вращения подбирающих пальцев на 30% и производительность пресс-подборщика; а также устанавливать подбирающие пальцы подборщика диаметром 6 мм, увеличивая их долговечность;

- масса нового главного редуктора (134 кг), установленного на пресс-подборщике ПТ-160, снижена в 1,5 раза по сравнению с массой главного редуктора пресс-подборщика ПС-532 (213 кг), являющегося аналогом ПТ-160.

Кроме того при изготовлении главного редуктора ПТ-160 использованы стандартные качественные шестерни автомобильной промышленности, а корпус редуктора имеет сварную конструкцию, что обеспечивает его изготовление на заводе, не имеющем литейного производства;

- производительность пресс-подборщика ПТ-160 составляет 8,9 т/ч эксплуатационного времени, что выше в 1,56 раза по сравнению с пресс-подборщиком ПТ-165 (Республика Беларусь);

- пресс-подборщик ПТ-160 показал высокую надежность, при этом наработка на отказ выше в 2,9 раза плановой, а коэффициент готовности за оперативное время равен 0,98;

- пресс-подборщик тюковый ПТ-160 имеет возможность агрегатироваться с тракторами класса тяги 1,4. Показатели плотности формируемого тюка составляли 87...112 кг/м³, масса тюка от 13 до 17 кг. Тюки формируются правильной прямоугольной формы, не разлохмачены, вязка тюков прочная.

В тоже время выявлены следующие несоответствия показатели опытного образца пресс-подборщика ПТ-160 техническому заданию (ТЗ), которые необходимо устранить при доработке конструкции:

- в агрегате нет мест крепления средств пожаротушения;
- таблички маркировки выполнены только на русском языке;
- ширина захвата подборщика составляет 1,45 м вместо 1,6 м, что усложняет подбор валков шириной захвата более 1,45 м;
- используется лебедка с механическим приводом для перевода подборщика из транспортного положения в рабочее и обратно, такой привод не позволяет производить эти операции с места тракториста, следовательно целесообразнее использовать гидропривод.

Испытанный пресс-подборщик тюковый ПТ-160 найдет широкое применение на прессовании сена и соломы в индивидуальных, фермерских и коллективных хозяйствах Республики Казахстан. Использование пресс-подборщика тюкового ПТ-160 экономически выгодно.

На основании приемочных испытаний пресс-подборщика тюкового ПТ-160, испытательная лаборатория пришла к следующим выводам и предложениям:

- опытный образец пресс-подборщика тюкового ПТ-160 в основном соответствует техническому заданию (ТЗ);
- пресс-подборщик тюковый ПТ-160 технологический процесс прессования выполняет удовлетворительно, качественные показатели работы полностью отвечают требованиям ТЗ;
- пресс-подборщик тюковый ПТ-160 имеет высокий уровень надежности при эксплуатации;
- пресс-подборщик тюковый ПТ-160 рекомендуется выпустить опытной партией с учетом устранения выявленных недостатков.

Литература

1. Протокол № 01-И-2011 от 30 сентября 2011 г. приемочных испытаний опытного образца пресс-подборщика тюкового ПТ-160. – Алматы, 2011. – 30 с.

УДК 631.312

Маматов Ф.М., КИЭИ, Худояров Б., УзНИИМЭС, Кодиров У., ТашГАУ; г. Ташкент

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ ПОЧВЫ К СЕВУ ХЛОПЧАТНИКА НА ГРЕБНЯХ

Кратко изложена новая технология подготовки почвы хлопковых полей к посеву хлопчатника на гребнях. Приводится устройство и принцип работы комбинированного агрегата, изготовленного на базе плуга ПФХ-2. Комбинированный агрегат надежно осуществляет новую технологию подготовки почвы на гребнях. Применение агрегата позволяет увеличить производительность труда, снизить энергозатраты и расход минеральных удобрений, а также повысить качество подготовки почвы в зоне сева пропашных культур, способствует накоплению влаги.

Приемами механической обработки почвы при рациональной технологии возделывания сельскохозяйственных культур стремятся создать оптимальные условия для роста и развития растений, т.е. придать почве такое состояние, при котором на глубине обработки она становится очищенной от сорной растительности, имеет определенную плотность и пористость, обеспечивающие лучшие условия для прорастания семян, впитывания влаги и сохранение ее от испарения, что, в конечном счете, позволяет получать высокие запрограммированные урожаи.

Однако в ряде случаев требуемого состояния почвы при механической обработке, выполняемой существующими машинами и орудиями, можно добиться только при многократных проходах агрегатов. Принятые в настоящее время технология возделывания сельскохозяйственных культур предусматривает до 10–12 операций. Особенно большое количество операций требуется при возделывании хлопчатника. Многократные проходы агрегатов по полю отрицательно сказываются на уплотнении почвы и вызывают разрушение комочков наиболее оптимальных размеров, что приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур. В связи с этим во всех странах мира широкое распространение получила новая технология возделывания сельскохозяйственных культур - совмещение операций, позволяющая наряду с ростом урожайности культур, повысить производительность труда в 1,5–3 раза и снизить затраты на единицу получаемой продукции.

Учеными Каршинского инженерно-экономического института и Ташкентского государственного аграрного университета была разработана новая технология подготовки хлопковых полей к посеву хлопчатника на гребнях [1–7].

Новая технология предусматривает рыхление середины междурядья на глубину равной не менее глубины вспашки с одновременным внесением удобрения в разрыхленный слой (рисунок 1). По следу поверхностного рыхления проводится глубокое рыхление вдоль продольной оси формируемых гребней и вносится удобрение. Ширина и глубина внесения удобрений в верхний и подпахотный слои почвы определяются в зависимости от условий возделывания хлопчатника. Затем оставшийся не разрыхленный правой и левой половины гребневой части междурядья срезают, оборачивают относительно друг от друга соответственно в борозды правой и левой междурядья и формируют гребни. Рыхление уплотненной части середины междурядья способствует снижению энергоемкости обработки, так как на рыхлении почвы требуется меньшее усилие, чем на оборот пласта.

Все это позволяет увеличить производительность труда, снизить энергозатраты и расход минеральных удобрений, а также повысить качество подготовки почвы в зоне сева пропашных культур, способствует накоплению влаги.

Для осуществления нового способа подготовки почвы к севу хлопчатника на гребнях в КИЭИ был изготовлен комбинированный агрегат (рисунки 2 и 3) на базе фронтального плуга ПФХ-2.

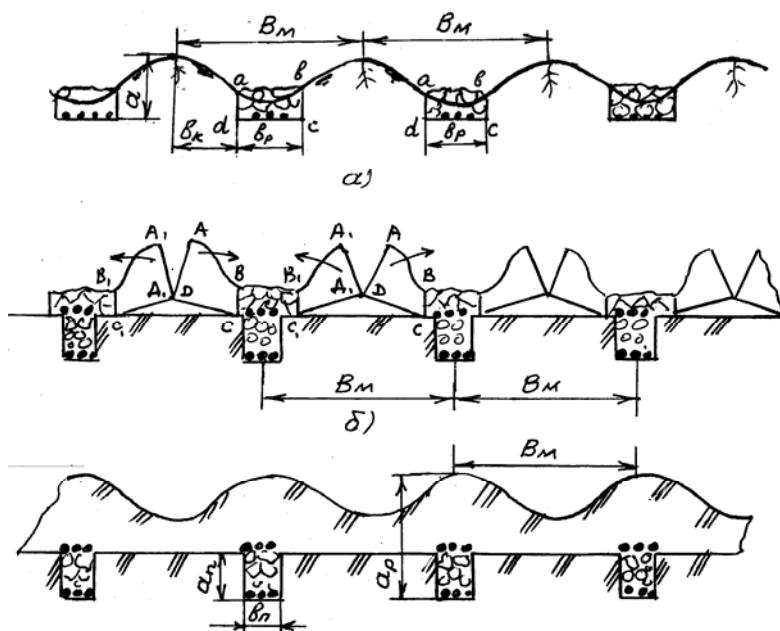


Рисунок 1 – Схема формирования новых гребней рабочими органами комбинированного агрегата

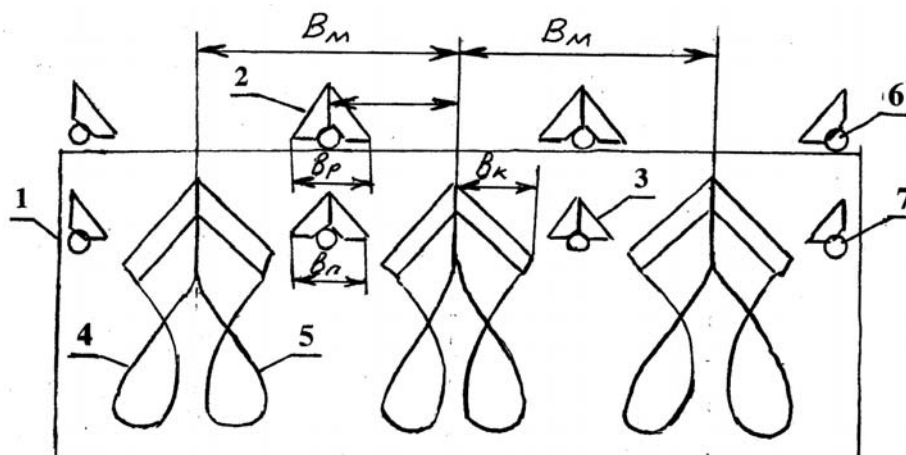


Рисунок 2 – Схема расположения рабочих органов комбинированного агрегата

Комбинированный агрегат содержит раму 1, на которой установлены в ряду в чередующемся порядке рыхлители 2 и глубокорыхлители 3 с удобрениями 6 и 7, парные лево- и правооборачивающие корпуса 4 и 5.

Удобрители 6 и 7 рыхлителя и почвоуглубителя выполнены трубчатыми. Ширина захвата корпусов B_k составляла 30 см. Рабочая поверхность корпуса винтового типа. Удобрители 6 и 7 через тукопроводы 9 соединены с дозирующим устройством 10 и бункером 11, установленным на раме 1. Дозатор 10 получает привод от опорного колеса 8 через цепную передачу.

При работе орудие располагают в междурядья так, чтобы рыхлители приходились к серединам борозды, а полевые обрезы корпусов к середине гребня, т.е. к рядкам стеблей хлопчатника. При этом рыхлители 2 разрыхляют середину междурядья $авсд$, а трубчатые удобрители 6 одновременно вносят удобрения, поступающие из бункера 14 через дозатор 13 и тукопроводы 12. Глубокорыхлители 3 осуществляют подпахотное рыхление по следу рыхлителей 2, а удобрители 7 вносят

удобрения. Лево – и правооборачивающие плужные корпуса 5 и 6 внедряясь в почву, отделяют от дна борозды левую $A_1B_1C_1D_1$ и правую $ABCD$ половины гребневой части междурядья, оборачивают, соответственно, влево и вправо и формируют гребни.

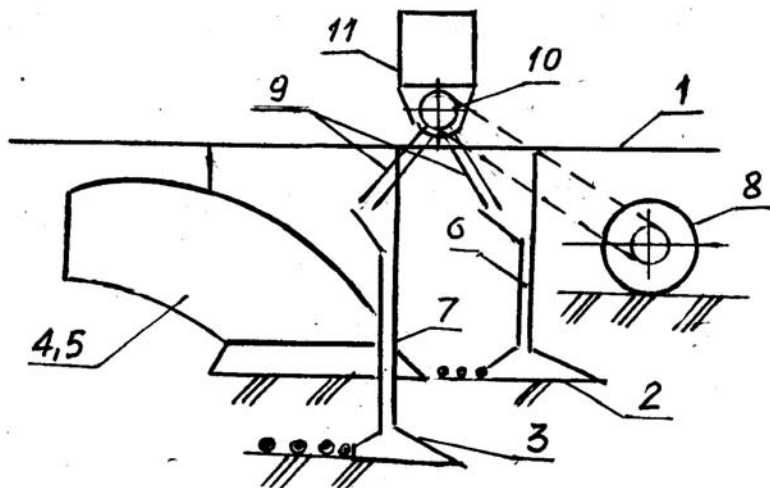


Рисунок 3 – Схема комбинированного агрегата

Комбинированный агрегат опробовали в хозяйствах Кашкадарьинской области Узбекистана в 2006-2009 годах на супесчаных почвах. Агрегат надежно работал, формируя требуемую форму гребня. В настоящее время в ТашГАУ и КИЭИ ведутся широкомасштабные научно-исследовательские работы по обоснованию основных параметров комбинированного агрегата.

Литература

1. А.с. SU №1787340. Комбинированное почвообрабатывающее орудие /Маматов Ф.М. и др. – Оpubл. 1993, бюлл. № 2.
2. А.с. SU № 1821067. Способ подготовки почвы к севу пропашных культур на гребнях и грядах /Маматов Ф.М. и др. – Оpubл. 1993, бюлл. №22.
3. Патент UZ IAP 02613 Республика Узбекистан. Способ подготовки почвы к севу пропашных культур на гребнях и грядах /Маматов Ф.М., Худояров Б. – Оpubл. 2004, бюлл. №2.
4. Патент UZ IAP 03071 Республика Узбекистан. Способ подготовки почвы к севу пропашных культур на гребнях и грядах /Маматов Ф.М., Худояров Б. – Оpubл. 2006, бюлл. №4.
5. Патент UZ IAP 03148. Комбинированное почвообрабатывающее орудие /Маматов Ф.М., Худояров Б. – Оpubл. 2006, бюлл. №5.

УДК 631.312

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

СНИЖЕНИЕ ЗАТРАТ НА УЛУЧШЕНИЕ ТРАВСТОЕВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМБИНИРОВАННЫХ ОРУДИЙ

Приведено описание разработанных комбинированных машин для применения в различных технологиях улучшения старовозрастных травостоев. Их применение позволяет снизить количество проходов агрегатов по полю, эксплуатационные затраты, себестоимость кормов и продукции животноводства в целом.

Появление государственных программ по возрождению животноводческой отрасли и их субсидирование из госбюджета способствовало увеличению поголовья животных для удовлетворения потребности населения в молоке, мясе и продуктах их переработки. Однако увеличение поголовья животных предполагает и рост объемов заготавливаемых кормов для стойлового периода. Несмотря на значительные площади, занятые многолетними травами, стабилизировать заготовку грубых кормов в необходимых объемах по годам не удастся, а стоимость заготавливаемых кормов, из-за увеличивающегося спроса, растет. Низкая продуктивность сеяных многолетних трав, находящаяся на уровне 5...8 ц/га, заключается в длительных сроках их использования – 20 лет и более.

Существуют различные способы улучшения старовозрастных травостоев. Выбор зависит от возможностей хозяйств, почвенных условий, состояния травостоев.

Коренное улучшение является достаточно эффективным способом повышения продуктивности сильно засоренных травостоев.

Для коренного улучшения старовозрастных трав в почвозащитной системе земледелия рекомендуется использовать безотвальную обработку почвы [1, 2]. Глубокую обработку рекомендуется проводить орудиями РСН-3,0 или плугами общего назначения, укомплектованными стойками СибИМЭ, на глубину 27-30 см. После этого проводят тщательную разделку поверхностного, дернового слоя, на глубину 10-12 см, тяжелой дисковой бороной БДТ-7(10) за два прохода. Для сохранения почвенной влаги и провокации роста семян сорных растений производят выравнивание и уплотнение обработанной поверхности кольчато-шпоровыми катками ЗККШ-6. Использование однооперационных почвообрабатывающих машин приводит к интенсивному воздействию движителей на почву, высокому расходу топлива и большим затратам труда. Решить проблему распыления почвы и снижения прямых затрат возможно за счет использования комбинированного орудия и выполнения технологического процесса обработки пласта многолетних трав за один проход агрегата.

В ЦелинНИИМЭСХ (КФ ТОО «КазНИИМЭСХ») проведены исследования, обоснованы технологическая схема и основные параметры комбинированного орудия ОКТ-4,2М (рисунок 1). Технологический процесс обработки пласта многолетних трав орудием ОКТ-4,2М выполняется следующим образом: плоскорежущие рабочие органы, установленные по двухрядной схеме, производят сплошную обработку почвы на глубину до 30 см. Вырезные диски по типу БДТ, установленные в два ряда, разделяют верхний слой на глубину до 10...12 см, оставляя растительные и пожнивные остатки в поверхностном слое почвы для предотвращения возникновения ветровой эрозии. Двухбарабанный прикатывающий каток выравнивает и уплотняет обработанную поверхность, это сохраняет почвенную влагу, провоцирует прорастание семян сорных растений и обеспечивает благоприятные условия для выполнения последующих технологических операций. Конструкция орудия защищена инновационным патентом Республики Казахстан



Рисунок 1 – Орудие ОКТ-4,2М

Государственные приемочные испытания показали, что орудие ОКТ-4,2М устойчиво выполняет технологический процесс, с качеством, соответствующим требованиям нормативной документации, опытный образец надежен в работе [3]. Ширина захвата орудия 4,2 м, рабочая скорость 6...9 км/ч. Производительность орудия в агрегате с трактором К-701 на обработке почвы из-под многолетних трав за час сменного времени составила 1,8 га. Оценка экономической эффективности ОКТ-4,2М по сравнению с базовым вариантом РСН-3,0 + БДТ-7,0 (два прохода) + ЗККШ-6 показала, что использование орудия позволяет снизить затраты труда в 1,9 раза, расход топлива и эксплуатационные затраты в 1,6 раза за счет совмещения технологических операций и выполнения технологического процесса за один проход агрегата. Годовой экономический эффект от использования разработанного орудия составляет 1400 тыс. тенге.

Большим резервом экономии разнообразных ресурсов (семян, ГСМ, трудовых затрат) является использование приемов и технологий поверхностного улучшения. Его рекомендуется использовать, прежде всего, на травостоях с большим содержанием ценных трав (не менее 30...40%) [4]. Поверхностное улучшение направлено на использование биологического потенциала травостоев, управление процессами самовозобновления.

Мировой опыт показывает, что повышение урожайности многолетних трав возможно за счет применения полосного подсева семян трав. Такой способ повышения продуктивности сеяных многолетних трав, лугов и пастбищ требует в 1,8...3,0 раза меньше затрат, за счет экономии посевного материала, совмещения технологических операций и выполнения технологического процесса за один проход агрегата по полю. При этом ни на один год не прекращается сбор урожая [5].

Высокая твердость до 5...7 МПа и низкая влажность почвы до 8...12% под многолетними травами не позволяют применять существующие орудия для полосного подсева, которые разрабатывались для использования в более легких почвенных условиях. Разработанное в ЦелинНИИМЭСХ орудие для полосного подсева семян трав ОПШ-6 агрегируется с тракторами тягового класса 5 (рисунок 2). Орудие выполняет полосное разуплотнение почвы щелерезом на глубину до 30 см, обработку дернового слоя полосы фрезбарабаном на глубину до 12 см, предпосевное выравнивание, уплотнение почвы в обработанной полосе и высев семян комбинированным рабочим органом с последующим послепосевным прикатыванием катком. Ширина захвата орудия 4,2 м, оно состоит из шести почвообрабатывающих посев-

ных секций. Ширина обработанной полосы 15 см, расстояние между центрами полос 70 см. Конструкция орудия имеет новизну, защищенную инновационным патентом.

Результаты приемочных испытаний показали, что при глубине обработки щелерезом 27 см, фрезбарабаном 10 см и скорости движения агрегата 6,2 км/ч, оборотах фрезбарабана 350 об/мин, производительность агрегата составила 1,9 га за один час сменного времени. Показатели качества и надежности выполнения технологического процесса соответствуют предъявляемым требованиям. Полосной подсев имеет последствие на обработанных площадях, в среднем 4 года, поэтому расчет экономической эффективности, данного способа повышения урожайности многолетних трав, проведен на комплексе работ по уборке трав на сено за этот период. За базу для сравнения был принят контрольный участок (участок, на котором не проводился полосной подсев). Расчеты показали, что годовой экономический эффект от эксплуатации новой машины, за счет повышения урожайности, составляет 500 тыс. тенге.



Рисунок 2 – Орудие для полосного подсева семян трав ОПП-6

Таким образом, практика показывает, что использование в технологиях возделывания многолетних трав эффективных, энергосберегающих комбинированных орудий сокращает эксплуатационные затраты в 1,6 раза и более, при этом снижается себестоимость кормов и продукции животноводства в целом.

Литература

1. Система машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства на 1986-1995 годы. Растениеводство. – М.: 1988. – С. 118-120.
2. Методические указания по проектированию противосолонцовых мелиораций в Казахской ССР (для зоны неполивного земледелия). – Ч.1. Технологии мелиорации и использования солонцовых почв. – Алма-Ата, 1989. – С. 10-12.
3. Дерепаскин А.И., Полищук Ю.В., Бинюков Ю.В. Орудие ОКТ-4,2 для обработки пласта многолетних трав //Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2004. – № 5. – С. 14-15.
4. Зотов А.А., Сабитов Г.А., Сафин К.М. Сенокосы и пастбища Урала. – Ярославль, 2002. – 360 с.
5. Сысуев В.А., Кормищиков А.Д. Технологии и технические средства для полосного подсева семян трав в дернину /Рекомендации. Киров: НИИСХ Северо-востока, 2000. – 60 с.

УДК 631.353.3

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫРАБОТКИ РУЛОННЫХ ПРЕСС-ПОДБОРЩИКОВ СЕНА

Предложены математические модели для определения сменной выработки рулонных пресс-подборщиков в зависимости от урожайности травостоя при заготовке сена.

Мировой опыт показывает, что наиболее эффективной технологией заготовки сена является прессование его в виде рулонов, обвязанных шпагатом, сеткой или полимерной пленкой. При этом полностью механизированы процессы заготовки, погрузки кормов, снижаются затраты на транспортировку. Рулоны удобны для хранения и сено в них сохраняет питательную ценность, особенно при упаковке их в пленку.

Скашивание травостоя для последующего прессования в рулоны осуществляется прицепными и самоходными косилками, скашивающими траву в расстил, и косилками-плющилками с различной шириной захвата. Рулонные пресс-подборщики подбирают подсушенную до 20-22% траву из валков, которые формируются косилками с валкообразующими устройствами, косилками-плющилками, жатками или граблями различного типа.

Для рационального использования рулонных пресс-подборщиков рекомендуется формировать валок сена для подбора с массой одного погонного метра не менее 3 кг.

Масса одного погонного метра валка m определяется по формуле

$$m = B y, \quad (1)$$

где B – ширина прокоса, с которого формируется валок, м; y – урожайность травостоя, предназначенного для заготовки сена, кг/м².

Скорость рулонного пресс-подборщика определяется из выражения

$$V = \frac{q}{m}, \quad (2)$$

Где V – скорость пресс-подборщика, м/с; q – пропускная способность пресс-подборщика, кг/с.

Пропускная способность рулонных пресс-подборщиков ПРФ-145, ПР-200 составляет 6...7 кг/с, а ПРФ-180 и ПР-750 – 9 кг/с.

Максимальная рекомендуемая скорость рулонных пресс-подборщиков равна 2,5 м/с или 9 км/час.

С учетом этих значений может быть определена производительность рулонных пресс-подборщиков за 1 час эксплуатационного времени по формуле

$$W_{\text{ч}} = 0,1 K_{\text{э}} B V, \quad (3)$$

где $K_{\text{э}}$ – коэффициент использования эксплуатационного времени; B – ширина прокоса, с которого формируется валок сена, м; V – скорость движения пресс-подборщика, км/час.

По результатам приемочных испытаний различных рулонных пресс-подборщиков сена в условиях республики установлено, что коэффициент использования эксплуатационного времени их составляет в среднем 0,73.

Используя указанные данные, проведены расчеты производительности пресс-подборщиков за 1 час эксплуатационного времени и выработки за 7 часов сменного времени в зависимости от урожайности люцерны для заготовки сена и ширины прокоса при формировании валка с массой 3 кг на погонном метре.

Данные расчета, выполненные применительно к заготовке люцернового сена, приведены в таблице.

Таблица 1 – Производительность пресс-подборщиков в зависимости от урожайности люцерны для заготовки сена и ширины прокоса

Урожайность, ц/га	Кол-во массы на 1 м ² , кг	Ширина прокоса для формирования валка мощностью, кг/п.м.	Производительность пресс-подборщиков			
			ПРФ-145		ПРФ-180	
			га/час	га/смену	га/час	га/смену
50	0,5	6	3,1	21,7	3,9	27,3
45	0,45	6,6	3,5	24,5	4,3	30,1
40	0,4	7,5	3,9	27,3	4,9	34,3
35	0,35	8,6	4,5	31,5	5,6	39,2
30	0,3	10	5,2	36,4	6,6	46,2
25	0,25	12	6,3	44,1	7,9	55,3
20	0,20	15	7,9	55,3	9,8	68,6

Из анализа таблицы следует, что с уменьшением урожайности необходимо увеличивать ширину прокоса с целью формирования валка необходимой массы. Для этого могут быть использованы роторные грабли с различной шириной захвата для формирования одинарного или сдвоенного валка (ГВР-6, ГВР-630, ГР-700, ГВБ-6,2) или поперечные (ГПГ-4, ГПГ-6, ГПГ-12). Причем роторные грабли в зависимости от условий могут осуществлять при необходимости ворошение скошенной массы и оборачивание сформированных валков.

Грабли (ГР-700, ГВБ-6,2) могут работать как боковые при формировании одного валка за 2 прохода «челноком», что позволяет их использовать на участках с низкой урожайностью.

По данным таблицы 1 построены графические зависимости производительности пресс-подборщиков от урожайности люцерны для заготовки сена (рисунок 1), которые аппроксимируются следующими степенными моделями:

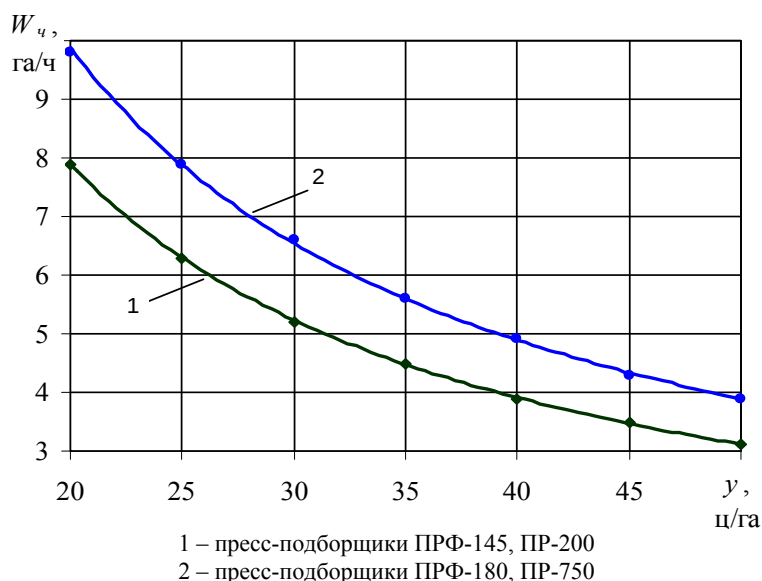


Рисунок 1 – Зависимость производительности за 1 час эксплуатационного времени рулонных пресс-подборщиков от урожайности люцерны для заготовки сена

– для пресс-подборщиков ПРФ-145, ПР-200 (пропускная способность 6...7 кг/с)

$$W_q = 164,38 y^{-1,0135}, \quad (4)$$

при достоверности аппроксимации 0,9997,
где W – производительность пресс-подборщика, га/час; y – урожайность люцерны для заготовки сена, ц/га.

Для практического использования формулу (4) с достаточной точностью можно использовать в следующем виде

$$W_q = \frac{164,38}{y}, \quad (5)$$

– для пресс-подборщиков ПРФ-180, ПР-750 (пропускная способность 9 кг/с)

$$W_q = 206,05 y^{-1,0143}, \quad (6)$$

при достоверности аппроксимации 0,9997.

Для практического использования

$$W_q = \frac{206,05}{y}; \quad (7)$$

По аналогии сменная выработка (7 ч) пресс-подборщиков (рисунок 2) аппроксимируется степенными моделями:

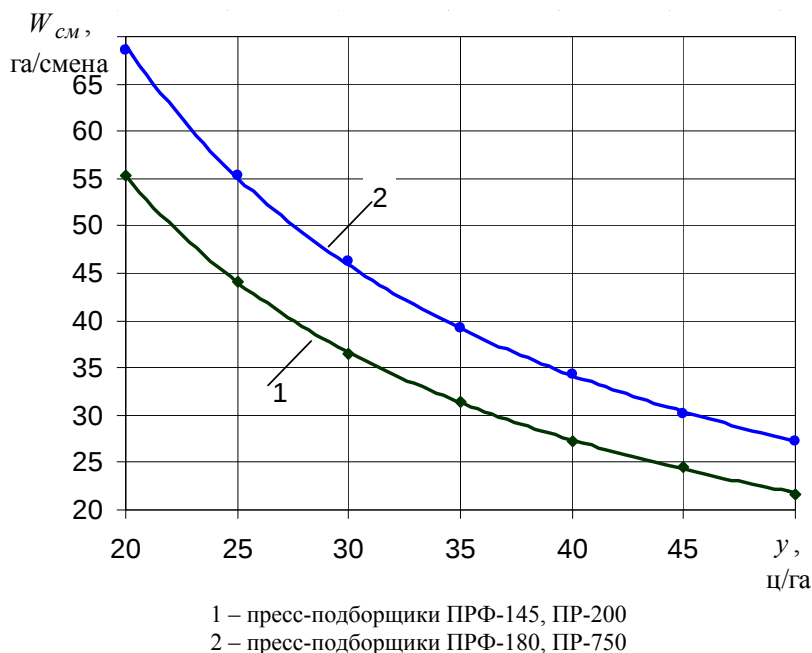


Рисунок 2 – Зависимость сменной выработки рулонных пресс-подборщиков от урожайности люцерны для заготовки сена

– для пресс-подборщиков ПРФ-145, ПР-200

$$W_{cm} = 1150,7 y^{-1,0135} \quad (8)$$

Достоверность аппроксимации 0,9997.

Для практического использования:

$$W_{cm} = \frac{1150,7}{y} \quad (9)$$

– для пресс-подборщиков ПРФ-180, ПР-750

$$W_{cm} = 1442,4 y^{-1,0143} \quad (10)$$

Для практического использования

$$W_{cm} = \frac{1442,4}{y} \quad (11)$$

Таким образом, по представленным моделям можно определить производительность за 1 час эксплуатационного времени и сменную выработку пресс-подборщиков в зависимости от урожайности люцерны для заготовки сена без проведения расчетов.

Данный метод был нами предложен также для определения необходимой пропускной способности зерноуборочных комбайнов от величины убираемой площади зерновых культур при различной урожайности [1].

Литература

1. Голиков В.А. Влияние величины посевной площади на типаж технических средств //Сельскохозяйственные машины и технологии. – ВИМ. – 2011. – №5. – С.11-14.

УДК 631. 313.72

*Гайфуллин Г.З., д.т.н., проф., Курач А.А., к.т.н., Семибаламут А.В., к.т.н.;
Костанайский филиал КазНИИМЭСХ, г. Костанай*

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКОГО РЕЖИМА РАБОТЫ РОТАЦИОННОГО КОЛЬЦЕВОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА НА УДЕЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ МОЩНОСТИ

В статье приведены результаты экспериментальных исследований по обоснованию кинематического режима работы ротационных рабочих органов для поверхностной обработки почвы в тягово-приводном варианте по критерию минимальных удельных затрат мощности.

Активное применение в Северном Казахстане современных ресурсосберегающих технологий обработки почвы во многом сдерживается из-за отсутствия необходимой почвообрабатывающей техники. Имеющийся парк на 70...80% представлен культиваторами с пассивными стрельчатыми рабочими органами, которые не обеспечивают качественного выполнения поверхностной обработки, имеют низкую производительность и высокие энергозатраты на выполнение технологического процесса. Тракторы с такими орудиями работают в тяговом режиме, т.е. всю мощность двигателя передают через движители, находящиеся в постоянном контакте с почвой.

Тяговый принцип передачи энергии от двигателя к рабочим органам через звено «двигатель трактора – почва» базируется на отношении между номинальной мощностью двигателя P_n , весом трактора G_{mp} и скоростью движения v и определяется соотношением [1]

$$\frac{G_{mp} \cdot v}{P_n} = const, \quad (1)$$

где G_{mp} - вес трактора, кН; P_n - номинальная мощность двигателя, кВт; v - скорость движения трактора, м/с.

Нарушение этого соотношения приводит либо к недоиспользованию мощности двигателя (при малом весе трактора), либо к излишнему весу трактора при ограниченной мощности двигателя. В результате данный способ передачи энергии имеет низкий КПД (не превышающий 0,5 – 0,6) и сопровождается высоким буксованием движителей или переуплотнением почвы. Для реализации необходимой силы тяги при выполнении технологических операций, чаще всего увеличивают сцепной вес тракторов, что требует дополнительных (30 – 40 % мощности двигателя) затрат энергии и нарушает экологические нормы, связанные с переуплотнением почвы вызывающим снижение плодородия корнеобитаемого слоя [2, 3].

В связи с этим проблема разработки почвообрабатывающей техники, отвечающей требованиям ресурсосберегающих технологий обработки почвы, экологическим нормам, является актуальной.

Анализ научно-технической литературы показывает, что одним из вариантов улучшения качества поверхностной обработки почвы, снижения энергозатрат на ее выполнение, повышения энергооснащенности агрегатов является применение тягово-приводных машинно-тракторных агрегатов на основе орудий с рабочими органами с активным приводом, приводимыми от вала отбора мощности энергосредства, гидропривода или автономного двигателя. Использование орудий с активным приводом рабочих органов позволяет:

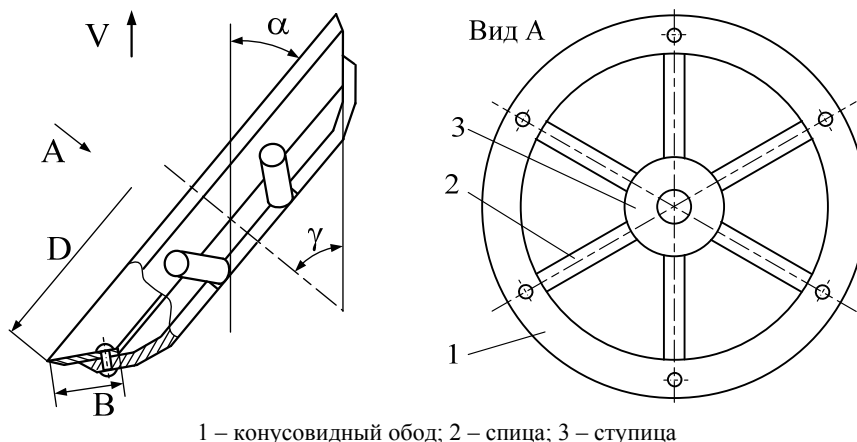
- рациональнее использовать мощность двигателя трактора, за счет возрастания силового потока в системе двигатель - рабочие органы, что обеспечивает увеличение КПД при передаче энергии;

- снизить тяговое сопротивление орудий, позволяющее использовать тракторы меньшей массы (тягового класса);

-снизить буксование движителей трактора и их отрицательное воздействие на почву (разрушение структуры почвы);

-расширить интервал влажности почвы, в котором обеспечивается требуемое качество обработки [4].

В Костанайском филиале КазНИИМЭСХ разрабатывается почвообрабатывающее орудие для поверхностной обработки почвы, ротационные рабочие органы которого имеют активный привод. Ротационный рабочий орган представляет собой конусовидный кольцевой обод с режущей кромкой 1, посредством спиц 2 соединенный со ступицей 3 и установленный под углом атаки к направлению движения, рисунок 1.



1 – конусовидный обод; 2 – спица; 3 – ступица

Рисунок 1 – Ротационный рабочий орган

Внешний диаметр обода D рабочего органа равен 450 мм, угол конусности обода $\gamma=50$ град., его ширина B составляет 30 мм.

В процессе работы ротационные рабочие органы, собранные в батареи, установленные под углом атаки α и приводимые во вращение от ВОМ трактора, перемещаясь в почве на заданной глубине, производят её рыхление, подрезание сорняков, вынос их на дневную поверхность и выравнивание поверхности поля.

Для оценки влияния угла атаки α и кинематического режима работы η ротационных рабочих органов на удельные затраты мощности N были проведены экспериментальные исследования, в следующих условиях:

- тип почвы – чернозем южный, по механическому составу средний суглинок;
- влажность почвы в слое 0-5 см – 8,8%, 5-10 см – 10,8% и в слое 10-15 см – 12,0%;
- твердость – 1,29, 2,92 и 3,42 МПа соответственно;
- глубина обработки равнялась 7,2 см при $\sigma=0,9$ см, скорость движения - 9,2 км/ч.

Для углов атаки рабочих органов от 10 до 50 град. с шагом 10 град. коэффициент η задавался в диапазоне от 0,8 до 4,3 изменением их частоты вращения. При этом рассматривались следующие режимы, рисунок 2:

- движение рабочего органа происходит со скольжением, коэффициент $\eta<1$;
- движение рабочего органа происходит без скольжения и буксования, коэффициент $\eta=1$;
- движение рабочего органа происходит с буксованием, коэффициент $\eta>1$.

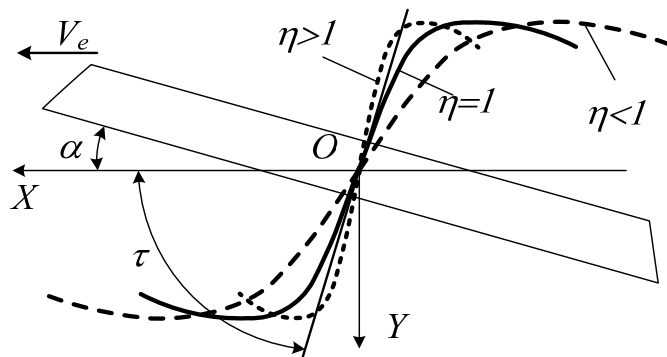


Рисунок 2 – К выбору кинематического режима работы ротационных рабочих органов с активным приводом

Мощностные показатели рабочих органов определяли с использованием следующих выражений.

Удельную мощность N рассчитывали по формуле:

$$N = N_m + N_e, \text{ кВт/м}, \quad (2)$$

где N_m - удельная мощность, затрачиваемая на преодоление тягового сопротивления, кВт/м; N_e - удельная мощность, затрачиваемая на привод (вращение) рабочих органов, кВт/м.

Удельная мощность N_m находилась по выражению

$$N_m = R_x \cdot V_e / B_o, \text{ кВт/м}, \quad (3)$$

где R_x - тяговое сопротивление рабочих органов, кН; V_e - поступательная (переносная) скорость движения, м/с; B_o - ширина захвата рабочих органов, м.

Удельная мощность N_e , определялась по выражению

$$N_e = 0,1047 \cdot M \cdot n / B_o, \text{ кВт/м}, \quad (4)$$

где M - крутящий момент для привода рабочих органов, кН·м; n - частота вращения рабочих органов, мин⁻¹.

С целью сравнения для каждого угла атаки рабочих органов определяли удельные затраты мощности в тяговом (безприводном) режиме.

Коэффициент кинематического режима работы ротационных рабочих органов η определялся по выражению

$$\eta = \frac{V_o}{V_e \cdot \cos \alpha} = \frac{\pi \cdot R \cdot n}{30 \cdot V_e \cdot \cos \alpha}, \quad (5)$$

где V_o - окружная (относительная) скорость движения точек обода рабочего органа, м/с; α - угол атаки рабочего органа, град.; R - радиус рабочего органа, м.

Как следует из выражения (5), коэффициент η зависит от угла атаки α , т.е. при равной частоте вращения n , скорости V_e и диаметра D , для разных углов α коэффициент η различен. В связи с этим, для характеристики кинематического режима работы и построения зависимостей использовали угол между касательной к траектории движения точек обода и направлением поступательного движения в горизонтальной плоскости τ , связанный с коэффициентом η выражением

$$\tau = \arctg \left[\sin \alpha \cos \alpha / (1 / \eta - \cos^2 \alpha) \right]. \quad (6)$$

В результате экспериментальных исследований получены зависимости удельного тягового сопротивления рабочих органов R_x от угла τ для разных углов атаки α , работающих в тягово-приводном режиме, рисунок 3.

Из графиков видно, что с ростом угла τ (и с ростом η) тяговое сопротивление рабочих органов уменьшается в 1,5-2 раза, а с увеличением угла атаки с 10 до 50 град. наблюдается рост тягового сопротивления в 2-2,6 раза. Значения R_x рабочих органов в тягово-приводном и тяговом режиме равны только в начальный момент, когда кинематические режимы совпадают. В остальных случаях при наличии привода, тяговое сопротивление рабочих органов ниже.

Крутящий момент на привод рабочих органов M с ростом угла τ (и с ростом η) увеличивается по степенной зависимости, особенно при больших углах атаки, рисунок 4.

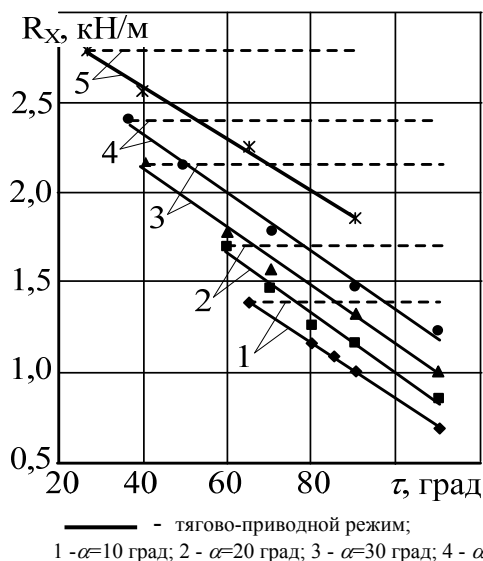


Рисунок 3 - Зависимости удельного тягового сопротивления рабочих органов $R_{x\gamma\delta}$ от угла τ

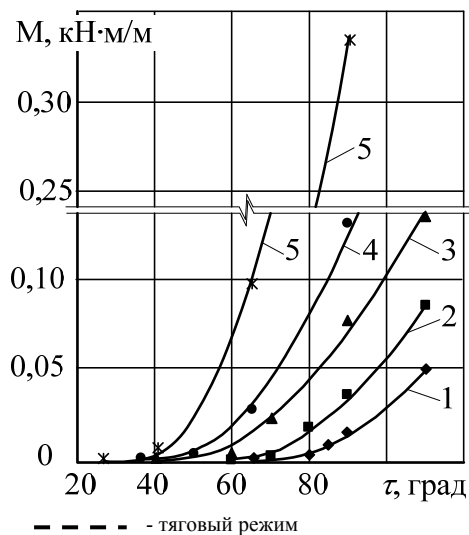


Рисунок 4 - Зависимости удельного крутящего момента на привод рабочих органов $M_{\gamma\delta}$ от угла τ

На рисунке 5 приведены зависимости удельных затрат мощности N на выполнение технологического процесса обработки почвы рабочими органами от угла τ для различных углов атаки α .

Из графиков видно, что в тягово-приводном режиме с ростом угла τ удельные затраты мощности N при всех вариантах угла атаки сначала уменьшаются, а затем резко возрастают. При этом минимальное значение N получено для угла τ при котором соблюдается условие $\alpha + \tau = \pi/2$, что соответствует коэффициенту кинематического режима работы рабочих органов η равному, с учетом допуска, 0,95...1,05. В сравнении с удельными затратами мощности N в тяговом (бесприводном) режиме минимальные значения N в тягово-приводном режиме ниже на 11-14%.

Следует отметить, что с ростом угла атаки удельные затраты мощности в тягово-приводном режиме увеличиваются интенсивнее, чем в тяговом режиме. Аналогичные результаты получены и для скоростей движения 8 и 10 км/ч.

УДК 631.31.06

*Дерепаскин А.И., д.т.н., Полищук Ю.В., к.т.н.,
Бинюков Ю.В., к.т.н., Хлебко С.И., Токарев И.В. научные сотрудники;
Костанайский филиал КазНИИМЭСХ, г. Костанай*

ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ ДВИГАТЕЛЯ ТРАКТОРА В ПОЧВУ

Представлено обоснование параметров оборудования для внесения выхлопных газов двигателя трактора К-701 в почву при посеве зерновых культур.

Одной из природных особенностей Северного Казахстана является широкое распространение солонцовых и карбонатных почв, находящихся в пашне. Они имеют пониженное содержание гумуса. Поэтому бактерии, участвующие в производстве углекислого газа, необходимого для растворения минеральных удобрений и перевода их в удобные для усвоения растениями формы, недостаточно активны. Это способствует тому, что вносимые в почву минеральные удобрения переходят в нерастворимые формы и не участвуют в формировании урожая. Для образования угольной кислоты в требуемых количествах необходим посторонний источник углекислого газа. Доктором сельскохозяйственных наук Бабушкиным В.М. и его учениками предложено в качестве постороннего источника углекислого газа использовать выхлопные газы двигателя трактора [1, 2]. Исследования, выполненные нами совместно с НПО «Кустанайское» подтвердили выводы его на южных солонцеватых черноземах Костанайской области [3].

Однако, широкая производственная проверка этого способа повышения урожайности сельскохозяйственных культур, сдерживается отсутствием необходимого оборудования для внесения выхлопных газов в пахотный слой.

Известные устройства, основанные на использовании динамического напора выхлопных газов двигателя для подачи последних к лезвиям рабочих органов, не могут быть использованы на современных тракторах, оборудованных комбинированными системами очистки воздуха. Поэтому нами разработано оборудование для внесения выхлопных газов двигателя в почву, с возможностью использования его на современных тракторах, и обоснованы основные параметры.

Как известно, у дизельных двигателей с внутренним смесеобразованием впрыснутое топливо воспламеняется от соприкосновения с нагретым в результате сжатия газами. В процессе сгорания газы подвергаются качественным и количественным изменениям. Газы, находящиеся в цилиндре двигателя до сгорания, состоят из свежепоступившего заряда и оставшихся от предыдущего цикла продуктов – остаточных газов [4], количество которых составит

$$M_{до} = M_1 + M_ч, \quad (1)$$

где $M_{до}$ – количество молей газа до сгорания; M_1 – количество молей свежепоступившего заряда; $M_ч$ – количество молей остаточных газов.

После сгорания – химической реакции соединения элементов, входящих в состав топлива, с кислородом воздуха количество газов составит

$$M_{п} = M_2 + M_ч, \quad (2)$$

Сравнивая выражения (1) и (2) видно, что в процессе работы двигателя количество остаточных газов остается неизменным, а количество молей свежепоступившего заряда преобразуется в определенное количество молей продуктов сгорания, которые и выделяются в виде выхлопных газов.

Свежепоступивший заряд состоит из дизельного топлива и воздуха. По химическому составу основными элементами дизельного топлива являются углерод - 85,7%, водород - 13,3 % и кислород - 1,0% по весу.

Известно, что для окисления 1 кг углерода требуется 2,67 кг кислорода, а для 1 кг водорода 8 кг кислорода, поэтому для сгорания 1 кг топлива потребуется кислорода

$$Q_o = 2.67C + 8H - Q_T, \quad (3)$$

где Q_o – теоретически необходимое количество кислорода для сгорания 1 кг топлива, кг; C , H , Q_T – соотношение углерода, водорода и кислорода в 1 кг топлива.

Принимающий участие в сгорании кислород поступает из атмосферного воздуха, в составе которого по весу примерно 0,23 части кислорода и 0,77 частей азота. Поэтому теоретически необходимое количество воздуха в молях L_o для сгорания 1 кг топлива можно определить по формуле

$$L_o = \frac{Q_o}{0,21} (0,084C + 0,25H - 0,03125), \quad (4)$$

где 0,21 – объемная доля содержания кислорода в воздухе.

Действительное количества воздуха, приходящееся на 1 кг топлива в рабочей смеси, может быть больше или меньше теоретически необходимого и характеризуется коэффициентом избытка воздуха [5]

$$\alpha = \frac{L}{L_o}, \quad (5)$$

где α – коэффициент избытка воздуха; L – действительное количество воздуха.

Для сравнения качественного количественного состава выхлопных газов произведен расчет сгорания 1 кг дизельного топлива при различных значениях коэффициента избытка воздуха. Результаты представлены на рисунках 1 и 2.

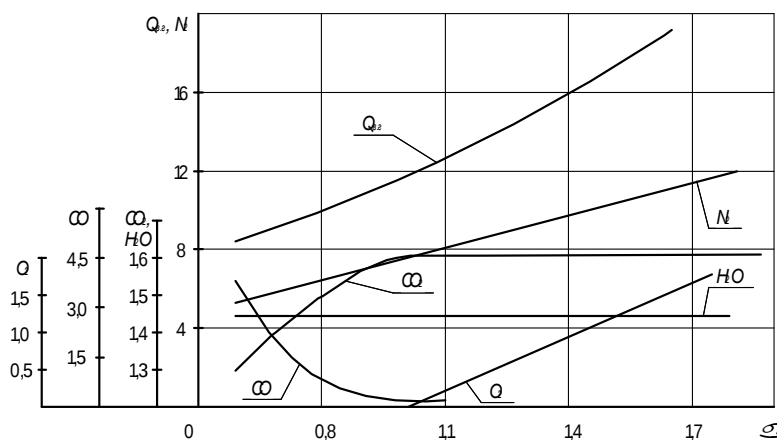


Рисунок 1 – Содержание компонентов выхлопных газов в 1 м³ при сгорании 1 кг топлива в зависимости от (α)

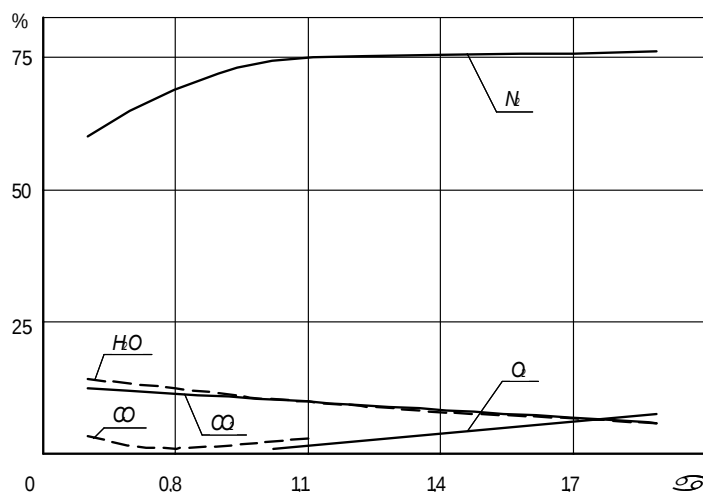


Рисунок 2 – Состав выхлопных газов в процентах при сгорании 1 кг дизтоплива в зависимости от коэффициента избытка воздуха (α)

где N – азот, HO_2 – пары воды, O_2 – кислород, CO, CO_2 – окись двуокись углерода.

Анализ результатов показывает, что с ростом α от 0,6 до 1,8 общий объем выхлопных газов увеличивается в 2,5 раза и происходит по слегка вогнутой кривой. Объем азота при этом растет пропорционально и увеличивается в три раза. Объем выделяемых водяных паров остается постоянным и в рассматриваемых пределах не зависит от α . С увеличением α объем CO растет по прямой до $\alpha = 1$ и достигает максимума, а в дальнейшем остается постоянным.

Принимая объем выхлопных газов при различных значениях равным 100% можно отметить следующее. Процентное содержание углекислого газа и воды в составе выхлопных газов примерно одинаковое и с увеличением уменьшается по прямолинейной зависимости. Так, при увеличении α от 0,6 до 1,8 содержание CO снижается от 15,4 до 7,7%, т. е. в 2 раза, а содержание паров воды снижается от 17,8 до 7,2 %, т.е. почти 2,5 раза.

По известным характеристикам газового потока выхлопных газов и требуемым дозам внесения их в почву, задача по обоснованию конструктивных параметров устройства сводится к выбору производительности отсасывающего вентилятора, проходных сечений трубопроводов, объема ресивера и диаметра редукционного клапана.

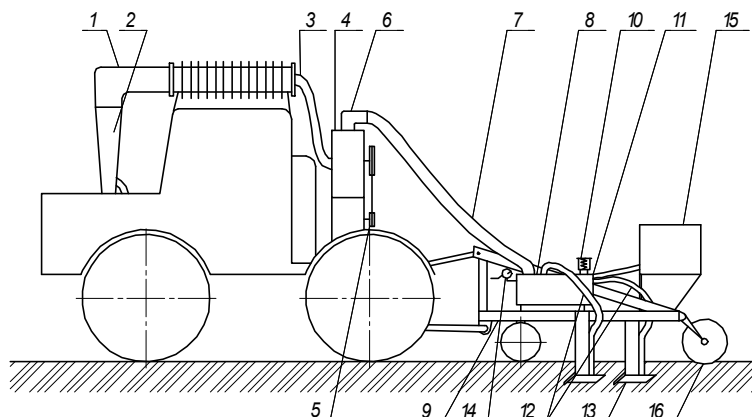


Рисунок 3 – Конструктивная схема устройства для внесения выхлопных газов двигателя трактора в почву

При этом были сделаны допущения, что скорость газового потока в любом сечении трубопровода не превышает критического значения, а распределения его по выходным патрубкам пропорционально площади проходного сечения. Для определения основных параметров была составлена конструктивная схема устройства для внесения выхлопных газов двигателя трактора в почву (рисунок 3).

Пренебрегая потерями газа в соединениях трубопроводов на основании уравнения неразрывности газового потока можно записать

$$Q_B = nQ_n + Q_p, \quad (6)$$

где Q_B – расход газа на входе в приемную трубу; Q_n – расход газа через выходные патрубки; Q_p – расход газа через редукционный клапан; n – количество выходных патрубков.

С использованием уравнений (3) и (4) и показателей регуляторной характеристики двигателя ЯМЗ-240НБ определены секундный расход выхлопных газов и скорость истечения их из выхлопной трубы при максимальной подаче топлива, равному 54 кг в час. Секундный расход Q_{bc} равен 0,2385 м³/с, а скорость V_r истечения выхлопных газов 22-26 м/с.

Следовательно, максимальный диаметр приемной трубы должен быть

$$d_n = \sqrt{\frac{Q_{bc}}{V_r}} = \sqrt{\frac{238500}{2600}} = 9.57 \text{ см.}$$

Ближайший к этому размеру диаметр стандартной трубы является 100 мм. Следовательно, выбрав диаметр 100 мм можно обеспечить свободный проход выхлопных газов при максимальной подаче топлива.

Аналогично определяем максимальный диаметр выходных патрубков:

$$d_n = \sqrt{\frac{Q_{bc}}{nV_r}} = \sqrt{\frac{238500}{9 \times 2600}} = 3.19 \text{ см.}$$

Ближайший к этому размеру диаметр стандартной трубы является 35 мм.

Объем ресивера определим из уравнения расширения объема газа при постоянной температуре

$$V_p = \frac{P_1 Q_{bc}}{P_2} = \frac{1.3 \times 238500}{0.2} = 155025 \text{ см}^3.$$

Целесообразно ресивер выполнить из трубы. Тогда при длине трубы 100 см диаметр её должен быть 44 см.

Зная секундный расход выхлопных газов при полной подаче топлива определялся часовой объем, который необходимо откачать из выхлопной трубы двигателя трактора. Он равен 858,6 м³/ч. Для отсоса образуемого выхлопных газов и создания разрежения необходимо, чтобы отсасывающий вентилятор создавал разрежение на величину 0,1...0,2 кПа ниже атмосферного.

По характеристикам вентиляторов подобран отсасывающий нагнетающий кузнечный вентилятор ТК-22, имеющий при частоте вращения 3000 об/мин производительность 1100 м³/ч.

По обоснованным параметрам изготовлено оборудование, проведены установка его на трактор К-701 и испытания в производственных условиях в ТОО «Сельхозтехника». Общий вид оборудования для внесения выхлопных газов при посеве зерновых культур сеялками СТС-2 в агрегате с трактором К-701 показан на рисунке 4.

Технологический процесс выполняется следующим образом. Отсасывающий вентилятор откачивает из приёмной трубы выхлопные газы и нагнетает их в ресивер, создавая избыточное давление в пределах 0,2-0,3 кПа, а из ресивера по гибким рукавам газы подаются в подлапное пространство сошника. В случае повышения давления выше заданного значения срабатывает редукционный клапан, который снижает давление

до требуемой величины. Контроль над величиной избыточного давления осуществляется по манометру, а регулируется путем изменения жесткости редукционного клапана. Результаты испытаний показали, что созданное оборудование надежно выполняет технологический процесс, обеспечивает заданную дозу внесения и может использоваться при посеве зерновых культур.



Рисунок 4 – Устройство для внесения выхлопных газов в почву, установлена на тракторе К-701

Таким образом, по результатам исследований обоснованы параметры оборудования для внесения выхлопных газов в пахотный слой при посеве зерновых культур.

Литература

1. Бессонов А. Выхлопные газы удобряют поля //Изобретатель и рационализатор. – 1984. – № 6. – С.8-9.
2. Кочунов М. Расслоение выхлопными газами //Мелиоратор. – 1988. – № 3. – С.63.
3. Провести проверку технологии повышения плодородия солонцевой пашни Кустанайской области путем внесения выхлопных газов в пахотный слой. Отчет о НИР (заключительный) НПО «Кустанайское». Руководитель Г.Н Кудашев. – Кустанай, 1989. – 64с.
4. Болтинский В.Н.Теория, конструкция и расчет тракторных и автомобильных двигателей. – М.:Изд. с-х литературы, 1962. – 391 с.
5. Николенко А.В., Хватов В.Н. Повышение эффективности использования тракторных дизелей в сельском хозяйстве. – Л.: Агропромиздат, 1986. – 191 с.

УДК 631.362.333

Астафьев В.Л., докт. техн. наук, проф., Лежнев Ю.Ф., канд. техн. наук, Бирюков Н.М., ст. науч. сотр., Шипотько В.Н., мл. науч. сотр., Кащенко А.В., мл. науч. сотр., Костанайский филиал КазНИИМЭСХ, г. Костанай

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МАШИНЫ ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЧИСТКИ ЗЕРНОВОГО ВОРОХА

Представлены результаты лабораторно-полевых исследований по обоснованию технологических параметров и режимов работы барабана для отделения грубой примеси при предварительной очистке зернового вороха.

Продовольственная безопасность Казахстана в значительной мере определяется количеством валового сбора зерна, необходимого для формирования семенного фонда, обеспечения хлебопродуктами населения и животноводства зернофуражом. При сохранении количества посевных площадей, основными способами увеличения производства зерна является интенсификация производства, повышение урожайности, улучшение качества послеуборочной обработки и сохранности урожая, а также снижение потерь на всех стадиях его производства.

В обеспечении сохранности собираемого урожая зерна и его доведении до товарной продукции важнейшее место принадлежит отрасли механизации послеуборочной обработки и хранения зерна и семян. Однако, за последние два десятилетия эта отрасль пришла в упадок. Имеющаяся в крупных хозяйствах зерноочистительная техника – это, в основном, комплексы ЗАВ, установленные в 60-70-х годах прошлого века и рассчитанные на выполнение поточной технологии. Технологические линии, за редким исключением, представлены предельно изношенными и морально устаревшими решетными машинами ЗВС или ЗАВ, работающими в паре с триерами. Такие линии не позволяют полноценно и своевременно осуществлять операцию очистки зерна, особенно на высоко влажном и сильно засоренном ворохе, качество которого ухудшилось из-за низкой культуры земледелия и применения изношенных комбайнов.

Ранее установлено, что в Казахстане доля зерна, убираемая с влажностью до 16%, не превышает 30...40%, средневзвешенная влажность убираемого зерна – 18...19%, а в неблагоприятные годы – свыше 20%. Практически во всех случаях влажность примесей значительно выше, чем у основного зерна [2]. Аналогичная ситуация осталась и в настоящее время.

В необработанном зерновом ворохе повышенной влажности и засоренности уже в первые часы хранения повышается интенсивность дыхания, что ведет к повышению температуры, появлению плесневых грибов и бактерий, частичной или полной порче зерна. Для безопасного хранения зерновой ворох с влажностью более 20% и температурой 10...16°С должен быть обработан в течение суток [3].

Поэтому очистка засоренного зерна тотчас же после его поступления на ток обязательна и должна производиться при помощи машин, позволяющих выделять примеси высокой влажности.

Ранее для предварительной очистки зерна от примесей в производстве применялись машины, рабочими органами которых является сетчатый транспортер (МПО-50, МПО-100), сетчатый барабанный скелператор (МПО-50С) [4, 5].

Конструкции сепараторов для предварительной очистки постоянно совершенствуются, но в ряде машин увеличение производительности достигается в основном не за счет интенсификации процесса сепарации, а за счет увеличения площади рабочей поверхности решет. Поэтому существенного снижения затрат на послеуборочную обработку при таком совершенствовании не происходит.

Повышение эффективности предварительной очистки зерна, по нашему мнению, можно обеспечить за счет разработки новых рабочих органов, обоснования режимов их

работы, что в совокупности обеспечит повышение пропускной способности зерноочистительных машин и снижение затрат на подработку.

В Казахстане производство решетных зерноочистительных машин, в том числе для предварительной очистки, не налажено, между тем ориентировочная потребность хозяйств в них составляет около 20 тыс. штук.

В связи с этим в Костанайском филиале КазНИИМЭСХ начаты работы по разработке машины для предварительной очистки зернового вороха.

На основании проведенного анализа научно-технической литературы обоснована конструктивно-технологическая схема машины в виде двухбарабанного центробежного сепаратора. Теоретически были обоснованы основные параметры и режимы работы и изготовлен макетный образец машины для предварительной очистки зернового вороха (рисунок 1).

На макетном образце машины для предварительной очистки зернового вороха были проведены лабораторно-полевые исследования по влиянию технологических параметров и режимов на процесс очистки зернового вороха от грубых примесей. Результаты этих исследований представлены ниже.

К основным технологическим режимам макетного образца центробежного сепаратора относятся: обороты барабана n , а к параметрам – ширина ячейки сетки и угол наклона барабана α (при заданном его диаметре).



Рисунок 1 – Общий вид макетного образца машины для предварительной очистки зернового вороха

Было исследовано влияние оборотов барабана n на угол подъема зернового вороха α и просеиваемость зерна g , при влажности зерна 12,2%, размерах ячейки рифленой сетки 10×10 мм и угле наклона барабана 1° (рисунок 2).

Из графика видно, что наибольший угол подъема зернового вороха, при котором осуществляется технологический процесс сепарации зернового вороха, составил $150...152^\circ$, а следовательно и максимальная просеиваемость зерна - $11,8...12,3$ кг/с.м обеспечивается при частоте вращения цилиндра $48...52$ об/мин. При анализе графика видно, что, если увеличивать частоту вращения цилиндра более 52 об/мин, то технологический процесс работы барабана нарушается, зерновой ворох совершает кольцевое, непрерывное движение внутри барабана и тем самым прекращается процесс сепарации зернового вороха.

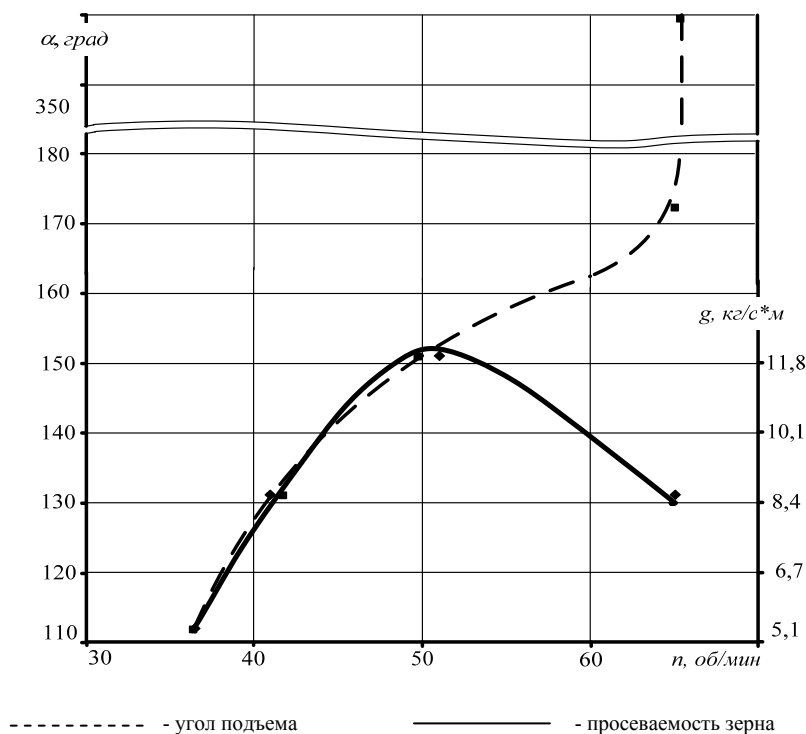


Рисунок 2 – Зависимость угла подъёма зернового вороха α и просеваемости зерна g от оборотов барабана n , при влажности зерна 12,2%, размере ячейки рифленной сетки 10×10 мм, и угле наклона барабана 1°

Чаще всего на механизированные тока поступает зерновой ворох непосредственно с поля, имеющий повышенную влажность. Поэтому были проведены лабораторные исследования по определению влияния угла наклона, частоты вращения барабана и размера ячейки сетки на просеваемость зерна на зерновом ворохе влажностью 20,2% (рисунок 3).

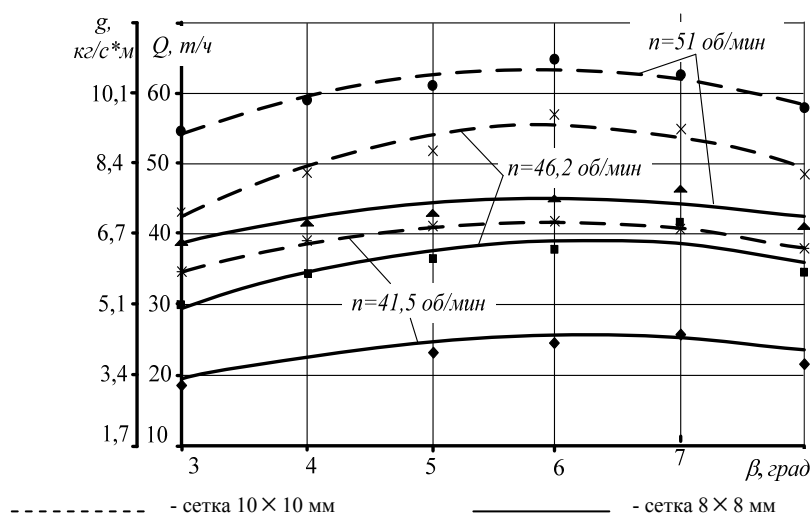


Рисунок 3 – Зависимость просеваемости g от угла наклона β , оборотов барабана n , для сетки с размерами 8 на 8 мм и 10 на 10 мм

Из графиков видно, что с увеличением угла наклона барабана от 3° просеиваемость во всех вариантах увеличивается в 1,2...1,3 раза и достигает максимальной величины при углах наклона $5...7^\circ$, при дальнейшем увеличении угла - просеиваемость снижается. С увеличением частоты вращения барабана от 41 до 51 об/мин, просеиваемость увеличивается в 1,6...1,9 раза, а при увеличении размера ячейки рифленой сетки просеиваемость увеличивается в среднем в 1,5 раза.

Таким образом, из представленных зависимостей вытекает, что при влажности зерна 20,2%, наибольшая просеиваемость зерна на сетке с размерами ячейки 8×8 или 10×10 мм при частоте вращения барабана от 46 до 51 об/мин достигается при углах наклона барабана $5...7^\circ$.

Литература

1. Анискин В.И. Особенности механизации послеуборочной обработки и хранения зерна в условиях рыночной экономики //Технологическое обеспечение производства продукции растениеводства. Науч. тр. ВИМ. – Т. 141. – Ч. 2. – М.: ВИМ, 2002.
2. Гладков Н.Г. Сепарирование семян по свойствам поверхности //Труды ВИСХОМ. Вып. 26. – М., 1959. – С.9-11.
3. Physical Properties of Agricultural Materials and their influence on Design and Performance of Agricultural Machines and Technologies. Collection of papers Facultu of Mechanization, College of Agricultural in Prague. Vysoka skela zemedelska v Praze. 1985. – 202 p.
4. Окнин Б.С. Машины для послеуборочной обработки зерна. – М.: Агропромиздат, 1987. – 238 с.
5. Тиц З.П. Машины для послеуборочной поточной обработки семян. – М.: Машиностроение, 1967. – 447 с.

УДК 631.63

Абилжанулы Т., д.т.н., проф., Жортуылов О.Ж., д.т.н., проф.,
Солдатов В.Т., к.т.н., ст.науч.сотр., Алексеек А.А., ст.науч.сотр.,
Абилжанов Д.Т., к.т.н. – ТОО «Казахский научно-исследовательский
институт механизации и электрификации сельского хозяйства»;
г.Алматы

УРАВНОВЕШИВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ПРЕССУЮЩЕГО ПОРШНЯ ПРЕСС-ПОДБОРЩИКОВ ТЮКОВЫХ

Проанализированы инерционные силы работы кривошипно-шатунного механизма прессующего поршня тюкового пресс-подборщика сена, решены вопросы уравнивания его механизмов путем установки противовеса и определено место его установки. Средняя масса противовеса должна быть равна 70 кг и он устанавливается с поворотом на 30° с линии кривошипа в противоположную сторону направления вращения вала редуктора.

По данным агентства статистики Республики Казахстан в 2009 году поголовье крупного рогатого скота достигло 6 млн., а численность овец и коз 16,7 млн.голов [1]. При этом ежегодный прирост составляет 3...5%. Все это способствует увеличению заготовки грубых кормов. В настоящее время, для заготовки грубых кормов находят широкое применение пресс-подборщики, которые обеспечивают прессование сена в виде малогабаритных тюков. Это связано с тем, что малогабаритные тюки легко снимаются со скирды и раздаются, а также легко реализуются как товар.

Учитывая эти преимущества технологии заготовки грубых кормов в виде малогабаритных тюков в ТОО «КазНИИМЭСХ» разработан пресс-подборщик тюковый ПТ-160. В данном пресс-подборщике установлен новый подбирающий механизм (патент РК № 9472, инновационный патент РК № 24471 и предпатент РК №19961), а также новый редуктор, обеспечивающий вращение кривошипно-шатунного механизма поршня в вертикальной плоскости.

Основным недостатком существующих пресс-подборщиков является неуравновешенность кривошипно-шатунного механизма. Для частичного уравнивания таких механизмов предлагается снабдить кривошип противовесом.

Однако при расположении кривошипа и противовеса в вертикальной плоскости $B_0 B_1$ сила инерции поршня не уравнивается. Для определения пути снижения инерционных сил, или хотя бы их частичного уравнивания проведем анализ значений инерционных сил работы кривошипно-шатунного механизма поршня по известным выражениям (рисунок 1) [2].

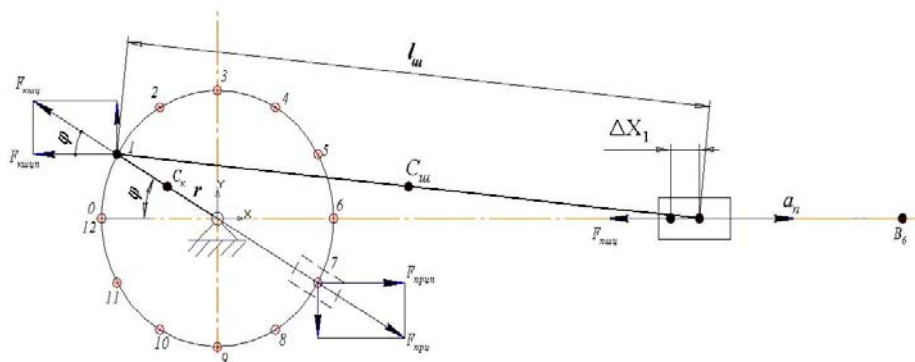


Рисунок 1 – Схема работы кривошипно-шатунного механизма поршня пресс-подборщика

Для точного расчета находим приведенную массу кривошипа и шатуна в точке A и приведенную массу шатуна и поршня в точке B . Они

При этом масса кривошипа в точке A определяется по формуле

$$m_{KA} = \frac{OC_K \cdot m_K}{r}, \quad (1)$$

где m_K – масса кривошипа, кг.

Масса шатуна в точке A

$$m_{ША} = \frac{BC_{Ш} \cdot m_{Ш}}{l_{Ш}}, \quad (2)$$

где $m_{Ш}$ – масса шатуна, кг; $l_{Ш}$ – длина шатуна, м.

Масса шатуна в точке B

$$m_{ШB} = \frac{AC_{Ш} \cdot m_{Ш}}{l_{Ш}}, \quad (3)$$

Значение центробежной силы, действующей в точке A , определяется по формуле

$$F_{кшц} = (m_{кш} + m_{ША}) \omega^2 r, \quad (4)$$

где ω – угловая скорость кривошипа, рад/с.

Значение инерционной силы, действующей в точке B , равно

$$F_{пшц} = (m_{п} + m_{ШВ}) a_n, \quad (5)$$

где $m_{п}$ – масса поршня, кг; a_n – ускорение поршня, m/c^2 .

При этом равновесие инерционных сил в горизонтальной плоскости выражается уравнением

$$F_{кшц} \cos \varphi + F_{пшц} = F_{пвц} \cos \varphi, \quad (6)$$

где $F_{пвц}$ – центробежная сила противовеса, Н.

Масса противовеса определяется по формуле

$$m_{пр} = \frac{(m_{KA} + m_{ША}) \omega^2 r \cos \varphi + (m_{п} + m_{ШВ}) a_n}{\omega^2 r \cos \varphi}. \quad (7)$$

Здесь ускорение поршня можно определить графическим построением через каждые 30° поворота кривошипа, на такое расстояние перемещается поршень пресс-подборщика Δx .

При перемещении поршня на расстояние Δx_l , т.е. с точки B_0 до точки B_l , первоначальная скорость $V_{n_0} = 0$, а V_{n_1} , определяется по формуле

$$V_{n_1} = \frac{\Delta x_l}{\Delta t_\varphi}, \quad (8)$$

где Δt_φ – время поворота кривошипа на угол φ .

При вращении кривошипа с частотой вращения n_k мин $^{-1}$, время, затраченное за один оборот кривошипа определится по формуле

$$\Delta t_1 = \frac{1}{\frac{n_k}{60}} = \frac{60}{n_k}. \quad (9)$$

Время, затраченное на поворот кривошипа на угол φ , определяется по формуле

$$\Delta t_\varphi = \frac{\Delta t_1 \varphi}{360} = \frac{\varphi}{6n_k}. \quad (10)$$

При перемещении поршня от точки B_0 до точки B_1 , его ускорение определяется по формуле

$$a_{n_1} = \frac{V_{n_1} - V_{n_0}}{\Delta t_\varphi} = \frac{\frac{\Delta x_1}{\Delta t_\varphi}}{\Delta t_\varphi} = \frac{\Delta x_1}{(\Delta t_\varphi)^2} = \frac{\Delta x_1}{\left(\frac{\varphi}{6n_k}\right)^2} = \frac{\Delta x_1}{\frac{\varphi^2}{36n_k^2}} = \frac{36n_k^2 \Delta x_1}{\varphi^2}. \quad (11)$$

Значение ускорений во второй точке определяется по формуле

$$a_{n_2} = \frac{V_{n_2} - V_{n_1}}{\Delta t_\varphi}, \quad (12)$$

где V_{n_2} – средняя скорость движения поршня при его перемещении от точки B_1 до точки B_2 , м/с. При этом данная скорость определяется по формуле

$$V_{n_2} = \frac{\Delta x_2}{\Delta t_\varphi}. \quad (13)$$

Для расчета значений массы противовеса были определены длины, центры тяжести и массы кривошипа, шатуна и поршня пресс-подборщика. Учитывая определенные параметры и полученные аналитические выражения, получены значения массы противовеса через каждые 30° поворота кривошипа, т.е. для всех 12-ти точек при полном обороте кривошипа.

При расположении противовеса на линии кривошипа в вертикальном состоянии его, т.е. в точках 3 и 9 инерционная сила поршня не уравновешивается, поэтому для частичного уравновешивания были произведены расчеты значения массы противовеса, при расположении их центра тяжести с поворотом 30 и 45° в противоположную сторону направления вращения кривошипа.

Расчетные значения массы противовеса, которые обеспечивают полное уравновешивание всех инерционных сил, приведены в таблице.

Таблица – Значения массы противовеса, которые уравновешивают все инерционные силы

Положения центра тяжести противовеса	Положения кривошипа при полном его обороте												Средняя масса противовеса, кг
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Масса противовеса, если он установлен на линии кривошипа, кг	47,0	152,5	не уравновешенная сила 1995 Н	не уравновешенная сила 2051 Н	51,0	106,45	79,26	213,7	не уравновешенная сила 1074 Н	71,8	76,75	76,68	97,23

Продолжение таблицы

С поворотом 30° с линии кривошипа против его направления вращения, кг	40,7	88,08	128,8	не уравновешенная сила 861 Н	88,35	122,93	68,6	123,4	69,3	не уравновешенная сила 1112 Н	134,6	88,55	95,3
С поворотом 45° с линии кривошипа против его направления вращения, кг	42,6	79,8	91,1	102,5	172,8	150,58	71,8	111,8	49,0	не уравновешенная сила 1666,3 Н	263,0	108,0	113,0

Анализ таблицы показывает, что наилучшим расположением противовеса является расположение центра тяжести противовеса с поворотом на 30° с линии кривошипа в противоположную сторону его направления вращения. При этом положении кривошипа значения массы противовеса находятся близко к среднему значению, т.е. около 90...95 кг. При других положениях в некоторых точках масса противовеса должна достигать более 200 кг. В точках, где невозможно уравновешивание противовесом, значения неуравновешенных сил находятся в пределах 1666...2051 Н, поэтому эти расположения центра тяжести противовеса считаются не рациональными. Кроме того, эти расчеты произведены для максимальной частоты вращения ВОМ трактора, т.е. для вращения ВОМ с частотой вращения 545 мин⁻¹, а в действительности нормальная работа пресс-подборщика осуществляется при частоте вращения ВОМ 400 мин⁻¹. При этом, средняя масса противовеса должна быть равна 70 кг и с поворотом на 30° с линии кривошипа в противоположную сторону направления вращения вала редуктора.

Выводы

Проведен анализ значений инерционных сил работы кривошипно-шатунного механизма прессующего поршня пресс-подборщика тюкового и решены вопросы уравновешивания его механизмов путем установки противовеса.

Средняя масса противовеса должна быть равна 70 кг и он устанавливается с поворотом на 30° с линии кривошипа в противоположную сторону направления вращения вала редуктора.

Литература

1. «Казахстан в 2008 году». Статистический ежегодник Казахстана. – Астана, 2009.
2. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин: Учебник для высших учебных заведений сельскохозяйственного машиностроения //Босой Е.С., Верняев О.В., Смирнов П.П., Султан-Шах Е.Г. /Под общей ред. Е.С.Босого. – М.: Машиностроение, 1977. – 598 с.

Маматов Ф.М., Файзуллаев Х.; КИЭИ, Эргашев И.Т.; СамСХИ,
Мирзаев Б.С.; ТИМИ, г. Ташкент

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЧВОУГЛУБИТЕЛЯ С НАКЛОННОЙ СТОЙКОЙ

Получены аналитические зависимости, позволяющие определить составляющие тягового сопротивления рыхлителя с наклонной стойкой, работающего в условиях блокированного резания, в зависимости от его конструктивных и технологических параметров и свойств почвы.

Рыхлитель почвы с наклонной стойкой состоит из двух функциональных частей: долота для отделения стружки почвы от массива, стойки – для деформирования почвы. Кроме того, стойка выполняет роль несущей части для долота.

Долото и наклонная стойка почвоуглубителя работают как двугранные клинья.

Обширные теоретические и экспериментальные исследования деформации почвы рабочими органами почвообрабатывающих машин, проведенные за последнее столетие, привели к весьма противоречивым результатам.

Никольс М.Л., Короткевич Л.С., Кострицын А.К. и др. [1, 2, 3] считают, что основным видом деформации почвы под воздействием клина является сдвиг. Однако работы В.В.Бородкина, Г.Н.Синеокова, М.Д.Подскребко, и др. [4, 5, 6] показали, что при воздействии клина на связной сухой почвенный пласт тяжелого механического состава (глинистые и суглинистые почвы) разрушение происходит путем отрыва, а не сдвига. По данным И.М.Панова, И.В.Сучкова, В.И.Ветохина [7] характер разрушения зависит от параметров рабочего органа и свойств почвы: при $\alpha_0 + \varphi_{mp} = 30...50^\circ$ (где α_0 – угол крошения рабочего органа, φ_{mp} – угол трения почвы о поверхность рабочего органа) почва разрушается за счет отрыва, при $\alpha_0 + \varphi_{mp} > 50^\circ$ – за счет сдвига.

Почвы Узбекистана по механическому составу в основном состоят из суглинистых и глинистых почв и в период основной обработки характеризуется низкой влажностью. Кроме того, для экспериментального почвоуглубителя параметр ($\alpha_0 + \varphi_{mp}$) ориентировочно не превышает 50° . Исходя из этого, при теоретических исследованиях будем считать, что основным видом деформации почвы при воздействии экспериментального почвоуглубителя является деформация разрыва, следовательно, разрушение почвы происходит путем отрыва.

Характер разрушения почвы путем отрыва под действием клина рассмотрен в работе М.Д. Подскребко [6]. На основе этой работы рабочий процесс почвоуглубителя представляется следующим образом. При внедрении в почву долота почвоуглубителя на его рабочей поверхности возникают нормальные и касательные напряжения. При этом в плоскости дна борозды нормальные напряжения растяжения распределяются по закону треугольника, достигая максимума в передней грани долота. Известно, что сопротивление почвы разрыву всегда меньше, чем сопротивление сдвигу. Это свидетельствует о том, что деформации отрыва развиваются раньше, чем деформации сдвигу. Когда нормальные напряжения достигнут значения временного сопротивления почвы разрыву, в плоскости дна борозды появляется опережающая трещина поверхности отрыва. С образованием трещины пласт дополнительно нагружается изгибающим моментом, под действием которого ранее образовавшийся трещины изгибается в направлении поверхности почвы под возрастающим углом $\psi_{np} = 20...40^\circ$. Образовавшееся тело скалывания (стружка) поднимается по рабочей поверхности долота, незначительно деформируясь. При дальнейшем движении почвоуглубителя его стойка с ножом, внедряясь в частично взрыхленный слой почвы, дополнительно разрушает отдельную от массива стружку, а долото производит зачистку дна борозды и начинается процесс образования новой стружки.

Таким образом, общее тяговое сопротивление почвоуглубителя можно разделить как сумму сопротивлений перемещению в почве долота и перемещению стойки с ножом.

Усилие P_0 , с которым долото действует на почвенный пласт, затрачивается на преодоление сопротивления почвы внедрению долота R_0 , на отделение стружки от массива $R_{отд}$, на преодоление сил трения $R_{тр}$, обусловленных силой тяжести G и изгибающим моментом $M_{изг}$, динамического давления стружки $R_{дин}$, обусловленного силой инерции I .

Сопротивление внедрению острого лезвия при работе клина в почве, не содержащей камней, можно учитывать вместе с сопротивлением почвы деформации, так как ни расчетным, ни экспериментальным путем этот вид сопротивления отдельно определить нельзя.

Усилие, необходимое для отделения пласта от массива, определится по выражению

$$R_{отд} = [\sigma]_p F_{ck}, \quad (1)$$

где $[\sigma]_p$ – предел прочности почвы разрыву; F_{ck} – площадь скалывания от массива одной стружки.

Для определения площади скалывания F_{ck} допустим, что под воздействием долота почва в продольном и поперечном направлениях скалывается под углом Ψ и образованные при этом стружки имеют одинаковые размеры и форму.

На рисунке 1 приведены конструктивные и технологические параметры почвоуглубителя и скалывание стружки от массива поля при блокированном резании почвы.

При блокированном резании площадь скалывания почвы определится выражением

$$F_{ck} = F_{лоб} + F_{бок}, \quad (2)$$

где $F_{лоб}$ и $F_{бок}$ – соответственно, площади скалывания почвы в лобовом и боковом направлениях.

Площадь скалывания почвы в лобовом направлении $F_{лоб}$ равна площади прямоугольника ABB^1A^1 , наклоненного к горизонту под углом скалывания Ψ , с шириной равной ширине долота $AA^1 = b_0$

$$F_{лоб} = \frac{Hb_0}{\sin \Psi}, \quad (3)$$

где H – глубина установки почвоуглубителя.

Площадь скалывания почвы в боковом направлении $F_{бок}$ зависит от длины стружки $L_{ст}$. Ориентировочную величину $L_{ст}$ можно получить, если использовать гипотезу о пропорциональности сопротивления смятию до начала разрушения объема деформированной почвы [6, 7]. Тогда при внедрении в почву площадки клина ∂F на пути L

$$\partial P_{0x} + qL\partial F = qLb_0\partial \ell, \quad (4)$$

где q – коэффициент объемного смятия почвы; b_0 и $\partial \ell$ – соответственно, ширина и длина элементарной площадки ∂F .

Так как $\partial \ell = \partial L \cos \alpha_0$, то

$$\partial P_{0x} = qL \partial b_0 \partial L \cos \alpha_0. \quad (5)$$

Интегрируем выражение (4)

$$P_{\partial x} = q \int_0^{\ell} \int_0^{L_{\max}} L \partial b_{\partial} \partial L \cos \alpha_{\partial} = \frac{1}{2} q L_{\max}^2 b_{\partial} \cos \alpha_{\partial} \cdot \quad (6)$$

С другой стороны $P_{\partial x}$ можно определить по выражению

$$P_{\partial x} = K_{\partial} F_{\text{non}}, \quad (7)$$

где K_{∂} – удельное сопротивление долота; F_{non} – поперечное сечение отделяемой стружки.

Из рисунка 1 определяем поперечное сечение стружки

$$F_{\text{non}} = \frac{b_p + b_{\partial}}{2} H = H (b_{\partial} + H \operatorname{ctg} \Psi) \quad (8)$$

где B_p – ширина стружки на поверхности поля.

Тогда

$$P_{\partial x} = K_{\partial} H (b_{\partial} + H \operatorname{ctg} \Psi), \quad (9)$$

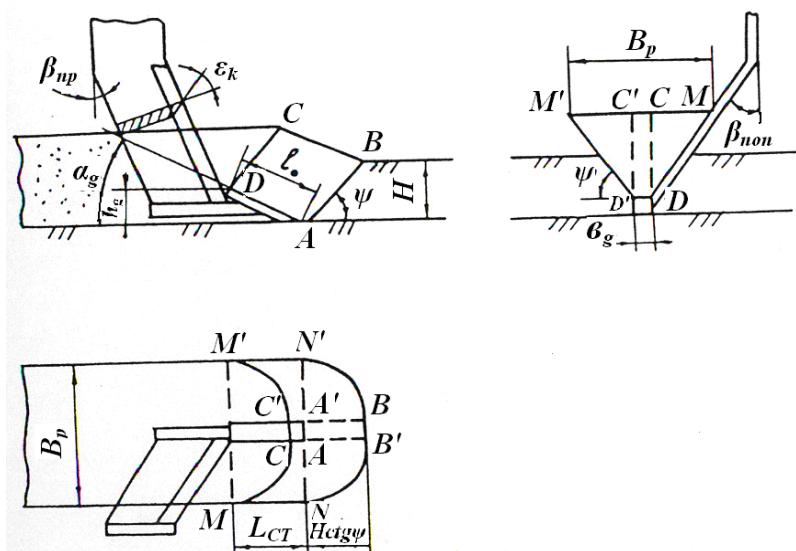


Рисунок 1 – Параметры почвоуглубителя и скалывание стружки при блокированном резании почвы

Приравнявая (8) и (9), определяем максимальную длину отделяемой стружки

$$L_{\max} = L_{\text{cm}} = \sqrt{\frac{2 K_{\partial} H (b_{\partial} + H \operatorname{ctg} \Psi)}{q b_{\partial} \cos \alpha_{\partial}}}, \quad (10)$$

Площадь скалывания пласта в боковом направлении определится суммой

$$F_{\text{бок}} = 2 (F_{\square} + F_{\Delta}), \quad (11)$$

где $F_{\square}$ - площадь четырехугольника $MNAD$, стороны которого равны

$$MN = AD = L_{\text{cm}}, \quad MD = NA = H \sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \Psi}, \quad (12)$$

где F_{Δ} - площадь четверти боковой поверхности конуса с радиусом $r = H \operatorname{ctg} \Psi$ и высотой H .

Тогда

$$F_o = L_{cm} H \sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \Psi}, F_{\Delta} = \frac{1}{4} \pi H^2 \operatorname{ctg} \Psi. \quad (13)$$

Подставляя эти выражения в (8), получим

$$F_{бок} = 2 L_{cm} H \sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \Psi} + \frac{1}{2} \pi H^2 \operatorname{ctg} \Psi. \quad (14)$$

Тогда усилие, необходимое для преодоления сопротивления почвы отделению пласта от массива при блокированном резании почвы, определится выражением

$$R_{омо} = H [\sigma]_p \left(\frac{b_o}{\sin \Psi} + 2 \sqrt{\frac{2 K_d H (b_o + H \operatorname{ctg} \Psi) (1 + \operatorname{ctg}^2 \Psi)}{q b_o \cos \alpha_o}} + \frac{1}{2} \pi H \operatorname{ctg} \Psi \right) \quad (15)$$

Сила трения на рабочей поверхности долота в общей форме определится как

$$R_{mp} = N_g \operatorname{tg} \varphi, \quad (16)$$

где N_g – нормальное давление на поверхность долота, обусловленное силой тяжести стружки G и изгибающим моментом $M_{изг}$; φ - угол трения почвы о рабочую поверхность долота.

Нормальное давление почвы, обусловленное силой тяжести почвы, определится выражением

$$G_N = G \cos \alpha_o = H b_o \rho \ell_o \cos \alpha_o, \quad (17)$$

где γ – объемный вес почвы; ℓ_o – длина рабочей поверхности долота.

Как было отмечено, с появлением трещины долото нагружается изгибающим моментом $M_{изг}$. Считая изгиб прямым поперечным, а сечение пласта прямоугольным, значение изгибающего момента можно определить по выражению [8]

$$M_{изг} = \frac{[\sigma]_p I_y}{Z_{max}}, \quad (18)$$

где $[\sigma]_p$ – предел прочности почвы разрыву; I_y – момент инерции поперечного сечения стружки относительно нейтральной линии; Z_{max} – максимальное расстояние от дна борозды до нейтральной линии.

$$\text{Для прямоугольника} \quad I_y = \frac{b_o H^3}{12}, \quad Z_{max} = \frac{H}{2}. \quad (19)$$

Тогда

$$M_{изг} = \frac{[\sigma]_p b_o H^2}{6}. \quad (20)$$

Считая, что усилие от момента $M_{изг}$ приложено на середине долота, определим нормальное давление на поверхности долота, обусловленное изгибающим моментом

$$N_M = \frac{2 M_{изг}}{\ell_o} = \frac{[\sigma]_p b_o H^2}{3 \ell_o}. \quad (21)$$

Суммарное нормальное давление на поверхности долота определится суммой

$$N_o = G_N + N_M = Hb_o \rho \ell_o \cos \alpha_o + \frac{[\sigma]_p b_o H^2}{3 \ell_o}. \quad (22)$$

Сила трения, обусловленная N_o , равна:

$$R_{mp} = Hb_o \rho \ell_o \cos \alpha_o \operatorname{tg} \varphi + \frac{[\sigma]_p b_o H^2 \operatorname{tg} \varphi}{3 \ell_o}. \quad (23)$$

Силы R_{omp} и R_{mp} дают результирующую силу P_o , отклоненную от нормали на угол трения φ . Тогда составляющие силы P_o по осям координат X и Z с учетом динамического давления стружки, определяемого по известной формуле выразятся в следующем виде

$$R_{xo} = H[\sigma]_p \sin(\alpha_o + \varphi) \left[\frac{b_o}{\sin \Psi} + 2 \sqrt{\frac{2K_o H(b_o + H \operatorname{ctg} \Psi)(1 + \operatorname{ctg}^2 \Psi)}{q b_o \cos \alpha_o}} + \frac{1}{2} \pi H \operatorname{ctg} \Psi \right] + \frac{Hb_o \operatorname{tg} \varphi}{3 \ell_o} + \frac{b_o \rho \ell_o \cos \alpha_o \operatorname{tg} \varphi}{[\sigma]_p} + Hb_o \rho g^2 \sin \frac{\alpha_o}{2} \operatorname{tg}(\alpha_o + \varphi). \quad (24)$$

$$P_{zo} = H[\sigma]_p \cos(\alpha_o + \varphi_{mp}) \left[\frac{b_o}{\sin \Psi} + 2 \sqrt{\frac{2K_o H(b_o + H \operatorname{ctg} \Psi)(1 + \operatorname{ctg}^2 \Psi)}{q b_o \cos \alpha_o}} + \frac{1}{2} \pi H \operatorname{ctg} \Psi \right] + \frac{Hb_o \operatorname{tg} \varphi}{3 \ell_o} + \frac{b_o \rho \ell_o \cos \alpha_o \operatorname{tg} \varphi}{[\tau]_p} + 2Hb_o \rho g^2 \sin \frac{\alpha_o}{2} \cos \frac{\alpha_o}{2}. \quad (25)$$

Выражения (24), (25) соответственно определяют горизонтальную (тяговую) и вертикальную составляющие тягового сопротивления долота почвоуглубителя.

На рисунке 2 приведены параметры стойки почвоуглубителя и ее силовое воздействие с почвой.

При движении ножа со стойкой на щеке ножа и на рабочей поверхности стойки возникают нормальные усилия N_1 , N_2 и силы трения F_1 и F_2 . Для определения общего тягового сопротивления ножа со стойкой проектируем эти силы на оси X и Z

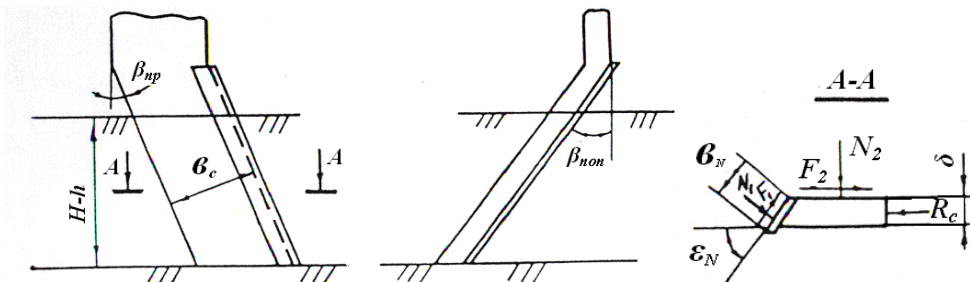


Рисунок 2 – Параметры стойки почвоуглубителя и ее силовое воздействие на почву

$$R_{xc} = N_1 \cos \left(\frac{\pi}{2} - \varepsilon_n + F_2 \right), \quad (26)$$

$$R_{zc} = N_2 \sin \beta_{non} + N_1 \cos \varepsilon_n \sin \beta_{non}, \quad (27)$$

где ε_n – угол ассиметричной заточки ножа; β_{non} – угол наклона стойки в поперечно-вертикальной плоскости.

Учитывая, что $F_1 = N_1 \operatorname{tg} \varphi_{mp}$ и $F_2 = N_2 \operatorname{tg} \varphi_{mp}$, выражение (27) запишем в виде

$$R_c = N_1 \sin \varepsilon_n + N_1 \operatorname{tg} \varphi_{mp} \cos \varepsilon_n + N_2 \operatorname{tg} \varphi_{mp}. \quad (28)$$

Нормальное давление N_1 , возникающее на щеке ножа стойки, изменяется пропорционально удельному давлению почвы ρ_n и единицы площади передней грани ножа, то есть

$$N_1 = (\rho_n b_n \sin \varepsilon_n) \frac{H - h_\delta}{\cos \beta_{np}}, \quad (29)$$

где b_n – ширина ножа; β_{np} – угол наклона стойки в продольно-вертикальной плоскости; ρ_n – удельное давление почвы на единицу площади передней грани ножа.

Нормальное давление почвы на рабочую поверхность стойки N_2 без учета силы инерции пласта можно определить по выражению

$$N_2 = \frac{1}{2} \gamma (H - h_g)^2 \left(b_n \cos E_n + \frac{b_c}{\cos \beta_{np}} \right) \sin \beta_{non}, \quad (30)$$

где γ – объемный вес почвы;

Подставляя значения N_1 и N_2 в (29) и (30) определяем составляющие тягово-го сопротивления перемещению в почве ножа со стойкой

$$R_{xc} = q \delta b_n \sin \varepsilon_n \left(\frac{H - h_\delta}{\cos \beta_{np}} \right) (\sin \varepsilon_n + \cos \varepsilon_n \operatorname{tg} \varphi_{mp}) + \\ + \frac{1}{2} \gamma (H - h_\delta)^2 \left(b_n \cos \varepsilon_n + \frac{b_c}{\cos \beta_{np}} \right) \sin \beta_{non} \operatorname{tg} \varphi, \quad (31)$$

$$R_{zc} = \frac{1}{2} \gamma (H - h_\delta)^2 \left(b_n \cos \varepsilon_n + \frac{b_c}{\cos \beta_{np}} \right) \sin^2 \beta_{non} + \\ + q \delta b_n \sin \varepsilon_n \cos \varepsilon_n \sin \beta_{non} \left(\frac{H - h_\delta}{\cos \beta_{np}} \right). \quad (32)$$

Суммируя, соответственно (25), (26), (27) и (28), определяем горизонтальную и вертикальную составляющие тягового сопротивления почвоуглубителя

$$P_x = H[\sigma]_p \sin(\alpha_\delta + \varphi_{mp}) \left[\frac{b_\delta}{\sin \Psi} + 2 \sqrt{\frac{2K_\delta H(b_\delta + H \operatorname{ctg} \Psi)(1 + \operatorname{ctg}^2 \Psi)}{q b_\delta \cos \alpha_\delta}} + \frac{1}{2} \pi H \operatorname{ctg}^2 \Psi + \right. \\ \left. + \frac{H b_\delta \operatorname{tg} \varphi}{\ell_\delta} + \frac{b_\delta \rho_\delta \cos \alpha_\delta \operatorname{tg} \varphi_{mp}}{[\sigma]_p} \right] + H b_\delta \rho_\delta \sin \frac{\alpha_\delta}{2} \operatorname{tg}(\alpha_\delta + \varphi_{mp}) + q \delta b_n \sin \varepsilon_n \cdot \frac{H - h_\delta}{\cos \beta_{np}} \cdot \\ \cdot (\sin \varepsilon_n + \cos \varepsilon_n \operatorname{tg} \varphi_{mp}) + \frac{1}{2} \gamma (H - h_\delta)^2 \left(b_n \cos \varepsilon_n + \frac{b_c}{\cos \beta_{np}} \right) \sin \beta_{non} \operatorname{tg} \varphi_{mp}, \quad (33)$$

$$\begin{aligned}
P_z = H[\sigma]_p \cos(\alpha_\delta + \varphi_{mp}) & \left[\frac{b_\delta}{\sin \Psi} + 2 \sqrt{\frac{2K_\delta H(b_\delta + H \operatorname{ctg} \Psi)(1 + \operatorname{ctg}^2 \Psi)}{q \cdot b_\delta \cos \alpha_\delta}} + \right. \\
& + \frac{1}{2} \pi H \operatorname{ctg}^2 \Psi + \frac{H b_\delta \operatorname{tg} \varphi}{\ell_o} + \frac{b_\delta \rho \ell_o \operatorname{tg} \varphi_{mp}}{[\sigma]_p} \left. \right] + 2 H b_\delta \rho g^2 \sin \frac{\alpha_\delta}{2} \cos \frac{\alpha_\delta}{2} + \frac{1}{2} \gamma (H - h_\delta)^2 \cdot (34) \\
& \cdot \left(b_n \cos \varepsilon_n + \frac{b_c}{\cos \beta_{np}} \right) \sin^2 \beta_{non} + q \delta b_n \sin \varepsilon_n \cdot \cos \varepsilon_n \sin \beta_{non} \cdot \frac{H - h_\delta}{\cos \beta_{np}}.
\end{aligned}$$

Выражения (33), (34) позволяют определить составляющие тягового сопротивления почвоуглубителей, работающих в условиях блокированного резания, в зависимости от его конструктивных (b_δ , b_c , b_n , ℓ_o , β_{non} , β_{np} , ε_n) и технологических (H , M , g) параметров и свойств почвы ($[\sigma]_p$, ρ , q , Ψ , φ_{mp}).

Литература

1. Никольс М.Л., Рид.И.Ф., Ривес К.А. Сопротивления деформации почвы в зависимости от конструкции лемеха плуга //Сельское хозяйство за рубежом. – Сер. Земледелие, 1959. – С.5-6.
2. Короткевич П.С. Сопротивление почвы резанию в зависимости от скорости движения и геометрия рабочих органов: Автореф. дисс. ...канд. техн. наук. – Киев, 1965. – 18 с.
3. Кострицын А.К. К обоснованию параметров рабочих органов для безотвального рыхления почв //Тр.ВИМ. – М., 1977. – С.45-52.
- 4.Бородкин В.В. Изучение деформации почвы при вспашке: Автореф. дисс. ...канд. техн. наук. – М., 1952. – 16 с.
5. Синеоков Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.
6. Подскребко М.Д. Повышение эффективности использования тракторных агрегатов на основной обработке почвы: Дисс. ... докт. техн. наук. – Челябинск, 1975. – С.127-134.
7. Панов И.М., Сучков И.В., Ветохин В.И. Вопросы теории взаимодействия рабочих органов глубокихрыхлителей с почвой //Исследование и разработка почвообрабатывающих и посевных машин. Тр. ВИСХОМ. – М., 1983. – С.43-61.
8. Долинский Ф.В., Михайлов М.Н. Краткий курс сопротивления материалов. – М.: Высшая школа, 1988. – 432 с.
9. Листопад Г.Е. и др. Сельскохозяйственные машины. – М.: Агропромиздат, 1986. – 638 с.

УДК 631.354.2

Ли А., к.т.н.; ТИИМ, г. Ташкент

ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОТОКА СЕМЕННОГО ВОРОХА ЛЮЦЕРНЫ В БУНКЕРЕ КЛЕВЕРОТКИ

В статье рассматривается движение семенного вороха люцерны по внутренней поверхности бункера клеверотерки, под действием силы тяжести и интенсивности движения потока. Разработанные теоретические предпосылки моделируют движение семенного вороха и позволяют определить скорость потока семенного вороха люцерны и угол наклона стенки бункера.

Рассмотрим движение потока семенного вороха люцерны по внутренней поверхности усеченного конуса с переменным радиусом под действием силы тяжести (рисунок 1) [1].

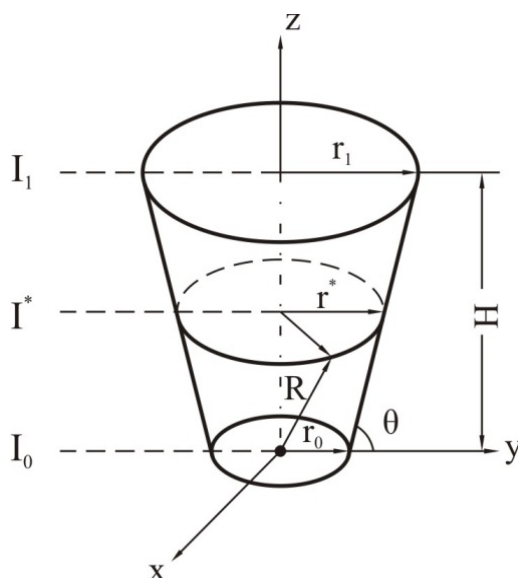


Рисунок 1 – Схема бункера в виде усеченного конуса

Из рисунка 1 видно, что аппликата произвольной точки усеченного конуса равна $z = (r - r_0) \operatorname{tg} \theta$ или высоту усеченного конуса можно представить в следующем виде

$$H = (r_1 - r_0) \operatorname{tg} \theta \quad (1)$$

Учитывая, что $r_0 \leq r \leq r_1$ получим

$$z = \frac{r - r_0}{r_1 - r_0} H \quad (2)$$

Как известно, из аналитической геометрии [2], площади поперечных сечений I_0 , I^* и I_1 определяются равенствами

$$S_0 = \pi r_0^2; S_1 = \pi r_1^2 \text{ и } S^* = \pi r^2. \quad (3)$$

Тогда расход вороха люцерны в единицу времени можно представить в виде следующих равенств

$$Q_1 = S_1 g_1 = \pi r_1^2 H; Q_0 = S_0 g_0 \text{ и } Q^* = S^* g^*. \quad (4)$$

При отсутствии подачи массы извне, секундный расход через поперечное сечение будет постоянный, т.е. [4]

$$Q = Sg = \text{const}. \quad (5)$$

В центре сечения, происходит сжатие потока и изменение плотности вороха ρ , но из условия сохранения массы потока имеем [5]

$$\rho Q = \rho g S = \text{const}, \quad (6)$$

где ρ - плотность семенного вороха люцерны в каждой произвольной точке области.

Из условия неразрывности потока получаем равенство

$$d(\rho g S) = 0 \quad (7)$$

или в дифференциальной форме

$$\frac{d\rho}{\rho} + \frac{dS}{S} + \frac{dg}{g} = 0, \quad (8)$$

где P - давление вороха, определяемое формулой [8]

$$P = P_0 \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^n. \quad (9)$$

где P_0 и ρ_0 - давление и плотность вороха в положении равновесия, Па и кг/м³; n - показатель политропии.

При политропическом процессе движение потока вороха моделируется идеальной средой. Тогда при отсутствии завихрения из уравнения Бернулли получим выражения для давления и плотности в следующем виде

$$P = P_0 \left(1 - \tau_0 \frac{g^2}{g_1^2} \right)^{\beta+1}; \quad \rho = \rho_0 \left(1 - \tau_0 \frac{g^2}{g_1^2} \right)^{\beta}, \quad (10)$$

$$\beta = \frac{1}{n-1}; \quad \tau_0 = \frac{g_1^2}{g_{\max}^2}; \quad \tau_0 = \frac{g_1^2}{a^2} \frac{n-1}{n+1}. \quad (11)$$

где $g_{\max}$ - максимальная скорость потока неразрывно связанного вороха.

Из равенства (10) получим

$$\rho_1 = \rho_0 \left(1 - \tau_0 \frac{g_0^2}{g_1^2} \right)^{\beta} = \rho_0 (1 - \tau_0)^{\beta}, \quad (12)$$

Отсюда:

$$\frac{\rho}{\rho_1} = \left(\frac{1 - \tau_0 \frac{g_0^2}{g_1^2}}{1 - \tau_0} \right), \quad (13)$$

Из равенства (8) находим $\frac{\rho}{\rho_1} = \frac{Sg}{S_1 g_1}$ и, учитывая последнее равенство (12) по-

лучим

$$\frac{Sg}{S_1 g_1} = \frac{\left(1 - \tau_0 \frac{g_0^2}{g_1^2}\right)^\beta}{(1 - \tau_0)^\beta}, \quad (14)$$

Учитывая незначительность $\left(\tau_0 \frac{g_0^2}{g_1^2} \ll 1\right)$, равенство (12) запишем в следующей форме

$$\frac{g}{g_1} \frac{S}{S_1} = \frac{1 - \tau_0 \beta \frac{g}{g_1}}{1 - \tau \beta}. \quad (15)$$

Тогда получим квадратное уравнение для распределения скорости в виде

$$\frac{g^2}{g_1^2} \tau_0 \beta + \frac{r^2}{r_1^2} \frac{g}{g_1} - 1 = 0. \quad (16)$$

Решив уравнение (15) получим выражение распределения скорости

$$g = g_1 \left(\sqrt{\left(\frac{r}{r_1}\right)^2 + 4\tau_0 \beta} - \frac{r^2}{r_1^2} \right) \frac{1}{2\tau_0 \beta},$$

или

$$g = g_1 \frac{2}{\frac{r^2}{r_1^2} + \sqrt{4\tau_0 \beta + \frac{r^4}{r_1^4}}}. \quad (17)$$

Если поток вороха несжимаем, то $\tau_0 \ll 1$, тогда распределение скорости принимает вид [9]

$$g = g_1 \frac{r_1^2}{r^2}. \quad (18)$$

Таким образом, полученное уравнение рассматривает распределение скорости частиц семенного вороха люцерны в каждой точке среды при отсутствии силы тяжести

$$g = g_1 \frac{\hat{r}_1^2}{r_0^2 + (\hat{r}_1 - \hat{r}_0)z}. \quad (19)$$

Рассмотрим движение частиц вороха с учетом силы тяжести в модели одной частицы.

Уравнение движения запишем в виде

$$\rho a = \mu \frac{d^2 g}{dz^2} - \rho g, \quad (20)$$

где a , g - соответственно, ускорение и скорость частицы вороха.

Для этих параметров имеет место равенство

$$a = \frac{dg}{dt} = \frac{dg}{dz} \frac{dz}{dt} = g \frac{dg}{dz}. \quad (21)$$

Тогда уравнение (20) запишем в виде

$$g \frac{d^2 g}{dz^2} = v \frac{d^2 g}{dz^2} - g. \quad (22)$$

Для простоты дальнейших расчетов полученное уравнение (22) запишем в безразмерном виде, т.е. при делении параметров на постоянный параметр семенного вороха имеем [9]

$$\frac{d}{d\hat{z}} (\hat{g}^2) = \frac{v}{g_1 H} \frac{d^2 \hat{g}}{d\hat{z}^2} - \frac{2gH}{g_1^2}, \quad (23)$$

где $\hat{g} = \frac{g}{g_1}; \hat{z} = \frac{z}{H}; v = \frac{\mu}{\rho}$

или $\frac{d}{d\hat{\mathcal{E}}} (\hat{\mathcal{G}}^2) = \frac{1}{R_e} \frac{d^2 \hat{\mathcal{G}}}{d\hat{\mathcal{E}}^2} - \frac{1}{F_r}, \quad (24)$

где R_e и F_r - числа Рейнольдса и Фруда, которые выражаются через параметры семенного вороха следующим образом

$$R_e = \frac{v_1 H}{\nu}; \quad F_r = \frac{V_1^2}{2gH}$$

Интегрируя по $\hat{\mathcal{Z}}$, получим нелинейное уравнение Рикарти

$$\frac{d\hat{\mathcal{G}}}{d\hat{\mathcal{Z}}} = R_e \hat{\mathcal{G}}^2 + \frac{R_e}{F_r} (\hat{\mathcal{Z}} - 1) \quad (25)$$

или $\frac{d\hat{\mathcal{G}}}{d\hat{\mathcal{Z}}} - R_e \hat{\mathcal{G}}^2 = \frac{R_e}{F_r} (\hat{\mathcal{Z}} - 1).$

Линеаризуя уравнение (25), получим его решение в виде:

$$\frac{d\hat{\mathcal{G}}}{d\hat{\mathcal{Z}}} - R_e \hat{\mathcal{G}} \hat{\mathcal{G}}_* = \frac{R_e}{F_r} (\hat{\mathcal{Z}} - 1), \quad (26)$$

где v - относительная скорость при движении семенного вороха без учета силы тяжести, которая определена в уравнении (15).

А при наличии силы тяжести, после преобразования уравнение (26) примет вид

$$\frac{d\hat{\mathcal{G}}}{d\hat{\mathcal{E}}} - \frac{R_e \hat{r}_1}{\hat{r}_0^2 + (\hat{r}_1 - \hat{r}_0) \hat{\mathcal{Z}}} \hat{\mathcal{G}} = \frac{R_e}{F_r} (\hat{\mathcal{Z}} - 1). \quad (27)$$

Полученное дифференциальное уравнение является уравнением Эйлера

$$\hat{\mathcal{G}} + P(\hat{\mathcal{Z}}) \hat{\mathcal{G}} = Q, \quad (28)$$

где $P(\hat{\mathcal{Z}}) = -\frac{R_e \hat{r}_1^2}{\hat{r}_0^2 + (\hat{r}_1 - \hat{r}_0) \hat{\mathcal{Z}}}, \quad (29)$

$$Q = \frac{R_e}{F_r} (\hat{\mathcal{Z}} - 1). \quad (30)$$

Тогда

$$P(\hat{z}) = \int P d\hat{z} = -R_e \hat{r}_1^2 \int \frac{d\hat{z}}{\hat{r}_0^2 + (\hat{r}_1 - \hat{r}_0)\hat{z}} = \frac{R_e \hat{r}_1^2}{\hat{r}_1 - \hat{r}_0} \ln [\hat{r}_0^2 + (\hat{r}_1 - \hat{r}_0)\hat{z}]$$

$$\text{или} \quad P(\hat{z}) = \ln \left\{ \left[\hat{r}_0^2 + (\hat{r}_1 - \hat{r}_0)\hat{z} \right]^{-\gamma} \right\}, \quad (31)$$

где
$$\gamma = \frac{R_e \hat{r}_1^2}{\hat{r}_1 - \hat{r}_0},$$

$$\exp [P(\hat{z})] = \exp \left\{ \ln \left\{ \left[\hat{r}_0^2 + (\hat{r}_1 - \hat{r}_0)\hat{z} \right]^{-\gamma} \right\} \right\},$$

$$\exp [-P(\hat{z})] dz = \left[\hat{r}_0^2 + (\hat{r}_1 - \hat{r}_0)\hat{z} \right]^\gamma$$

Фундаментальным решением уравнения (29) является

$$\hat{\mathcal{G}}(\hat{z}) = \left[\hat{r}_0^2 + (\hat{r}_1 - \hat{r}_0)\hat{z} \right]^\gamma \left\{ \int \frac{R_e}{F_r} \frac{\hat{z} - 1}{\left[\hat{r}_0^2 + (\hat{r}_1 - \hat{r}_0)\hat{z} \right]^\gamma} d\hat{z} + c \right\}. \quad (32)$$

Эти уравнения моделируют движение семенного вороха.

Для простоты полученных аналитических формул введем переменную

$$\varsigma = \hat{r}_0^2 + (\hat{r}_1 - \hat{r}_0)\hat{z}$$

Тогда

$$d\varsigma = (\hat{r}_1 - \hat{r}_0)d\hat{z} \quad \text{или} \quad d\hat{z} = \frac{d\varsigma}{\hat{r}_1 - \hat{r}_0}$$

Отсюда можем определить значение $\hat{z}$

$$\hat{z} = \frac{\varsigma - \hat{r}_0^2}{\hat{r}_1 - \hat{r}_0}, \quad \hat{z} - 1 = \frac{\varsigma - \hat{r}_0^2 - \hat{r}_1 + \hat{r}_0}{\hat{r}_1 - \hat{r}_0}. \quad (34)$$

Тогда, с учетом (32) и (33) и после преобразований выражение (30) примет следующий вид

$$\hat{\mathcal{Q}}(\hat{z}) = \frac{R_e}{F_r(\hat{r}_1 - \hat{r}_0)\hat{z}} \left\{ \frac{1}{2-\gamma} \left[\hat{r}_0^2 + (\hat{r}_1 - \hat{r}_0)\hat{z} \right]^2 - \frac{\hat{r}_0^2 + \hat{r}_1 - \hat{r}_0}{1-\gamma} \left[\hat{r}_0^2 + (\hat{r}_1 - \hat{r}_0)\hat{z} \right] + c \left[\hat{r}_0^2 + (\hat{r}_1 - \hat{r}_0)\hat{z} \right]^\gamma \right\}. \quad (35)$$

Отсюда, учитывая начальное условие при $z = H$ и $\mathcal{G}(H) = \mathcal{G}$ для определения постоянной величины C , имеем

$$\hat{\mathcal{G}}(1) = \frac{\mathcal{G}(H)}{\mathcal{G}} = 1. \quad (36)$$

Из полученного условия (36) находим постоянную C интегрирования для распределения скоростей

$$1 = \mathcal{G}(1) = \frac{R_e}{F_r(\hat{r}_1 - \hat{r}_0)\hat{z}} \left\{ \frac{1}{2-\gamma} [\hat{r}_0^2 + \hat{r}_1 - \hat{r}_0]^2 - \frac{(\hat{r}_0^2 + \hat{r}_1 - \hat{r}_0)^2}{(1-\gamma)} + C [\hat{r}_0^2 + \hat{r}_1 - \hat{r}_0]^\gamma \right\}. \quad (37)$$

Из выражения (37) получаем равенство

$$[\hat{r}_0^2 + \hat{r}_1 - \hat{r}_0]^\gamma = \frac{F_r(\hat{r}_1 - \hat{r}_0)^2}{R_e} - \frac{\hat{r}_0^2 + \hat{r}_1 - \hat{r}_0}{(2-\gamma)(1-\gamma)} + \frac{[\hat{r}_0^2 + \hat{r}_1 - \hat{r}_0]^2}{(1-\gamma-2+\gamma)}. \quad (38)$$

Постоянная C интегрирования определяется равенством

$$C = [\hat{r}_0^2 + \hat{r}_1 - \hat{r}_0]^{-\gamma} \left[\frac{F_r(\hat{r}_1 - \hat{r}_0)^2}{R_e} + \frac{(\hat{r}_0^2 + \hat{r}_1 - \hat{r}_0)^2}{(2-\gamma)(1-\gamma)} \right]. \quad (39)$$

Тогда, с учетом уравнений (37), (38) и (39), выражение (32) примет следующий вид

$$\begin{aligned} \mathcal{G}(\hat{z}) = \mathcal{G}_1 \frac{R_e}{F_r(\hat{r}_1 - \hat{r}_0)^2} & \left\{ \frac{[\hat{r}_0^2 + (\hat{r}_1 - \hat{r}_0)\hat{z}]^2}{2-\gamma} - \frac{[\hat{r}_0^2 + (\hat{r}_1 - \hat{r}_0)\hat{z}]}{1-\gamma} + \right. \\ & \left. + \frac{F_r(\hat{r}_1 - \hat{r}_0)^2}{R_e} + \frac{(\hat{r}_0^2 + \hat{r}_1 - \hat{r}_0)^2}{(2-\gamma)(1-\gamma)} \right\}. \quad (40) \end{aligned}$$

При выходе из выпускного окна бункера частицы вороха получают скорость, равную

$$\mathcal{G}_0 = \mathcal{G}_1 \frac{R_e}{F_r(\hat{r}_1 - \hat{r}_0)^2} \left\{ \frac{\hat{r}_0^2}{2-\gamma} - \frac{\hat{r}_0^2}{1-\gamma} + \frac{F_r(\hat{r}_1 - \hat{r}_0)^2}{R_e} + \frac{(\hat{r}_0^2 + \hat{r}_1 - \hat{r}_0)^2}{(2-\gamma)(1-\gamma)} \right\}. \quad (41)$$

Решение уравнения (41) приведет к виду

$$g_0 = g_1 \left\{ 1 + \frac{R_e}{F_r(\hat{r}_1 - \hat{r}_0)^2} \frac{(\hat{r}_0^2 + \hat{r}_1 - \hat{r}_0)^2 - \hat{r}_0^2}{(2 - \gamma)(1 - \gamma)} \frac{R_e}{F_r(\hat{r}_1 - \hat{r}_0)^2} \right\}, \quad (42)$$

$$\text{где } \hat{r}_0 = \frac{r_0}{H}; \quad \hat{z} = \frac{z}{H}; \quad \hat{r}_1 = \frac{r_1}{H}; \quad R_e = \frac{2gH}{\nu}; \quad F_r = \frac{g^2}{2gH}; \quad \gamma = \frac{R_e \hat{r}_1^2}{\hat{r}_1 - \hat{r}_0}$$

Полученные уравнения моделируют движение семенного вороха и позволяют определить скорость потока семенного вороха люцерны и угол наклона стенки бункера. Анализ уравнения (39) показывает, что распределение скоростей частиц семенного вороха вблизи наклонной стенки бункера усеченного конуса уменьшается в зависимости от угла наклона стенок. Для непрерывной и равномерной подачи семенного вороха в дозатор клеверотерки, при заданной производительности машины и в зависимости от числа оборотов вала дозатора, угол наклона стенок бункера должен находиться в пределах

$$30^0 \leq \theta \leq 45^0$$

Литература

1. Справочник по элементарной математике, механике и физике. – М.: Акалис, 1995. – 215 с.
2. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. – М.: Наука, 1981. – 718 с.
3. Галицкий Р.Р. Оборудование зерноперерабатывающих предприятий. – М.: Агропромиздат, 1990.
4. Худайкулов С.И., Ли А.С., Рузиев Ш.Н., Норматов А.М. Теория движения частицы семенного вороха люцерны по бункеру дозирующего приспособления питателя терочной машины BUI-1 //Вопросы кибернетики. – № 177, Ташкент, 2008. – С. 153-159.
5. Хамидов А.А., Худайкулов С.И. Теория струй вязкой многофазной жидкости. – Ташкент: Фан., 2003. – 140 с.
6. Худайкулов С.И. Колебание пузырька в жидкости //Естественные и технические науки. – М., 2006. – №4. – С. 132-135.

УДК 631.53.02:537.212 – 77

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

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРЯДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЯХ СТРИМЕРНОЙ ФОРМЫ КОРОННОГО РАЗРЯДА

В статье приводятся результаты экспериментальных исследований разрядных процессов в электрических полях стримерной формы коронного разряда. Результаты исследования подтвердили правильность теоретического анализа о возможности стабилизации разрядных процессов при использовании униполярных импульсов высокого напряжения и наличие критического значения частоты, до которой эта стабильность сохраняется. По вольтамперным характеристикам стримерной формы коронного разряда выявлено, что электрическая прочность разрядного промежутка и величина тока разряда увеличивается с повышением частоты импульсов напряжения. При сравнении с током коронного разряда постоянного напряжения ток стримерной формы увеличивается в два раза и более.

Повысить эффективность очистки газов от твердых и жидких аэрозольных частиц в электрических полях коронного разряда постоянного напряжения, использующихся в существующих электрофильтрах, нельзя. Это связано с тем, что процесс очистки зависит от величины напряженности электрического поля, которая поддерживается в электрофильтрах на предпробивных значениях. Повышение эффективности процессов электрогазоочистки возможно при использовании стримерной формы коронного разряда. Этот вид частичного электрического разряда в газах возникает в резко неоднородных электрических полях при воздействии импульсов напряжения с крутым фронтом и перенапряжением, т.е. когда амплитуда импульсного напряжения выше пробивного порога постоянного напряжения [1, 2].

Исследования проводились с целью подтверждения гипотезы о возможности стабилизации разрядных процессов в электрических полях стримерной формы коронного разряда. Исходя из этого, производилось осциллографирование напряжения и тока, и снимались вольтамперные характеристики при различных частотах импульсного напряжения.

Экспериментальные исследования проводились на стенде (рисунок 1) где периодические импульсы напряжения генерировались машинным генератором **Г** с двумя парами явно выраженных полюсов на роторе и статоре. Привод генератора осуществлялся от двигателя постоянного тока **М**. Для плавного регулирования частоты генератора в широком диапазоне, регулирование числа оборотов двигателя производилось изменением напряжения с помощью автотрансформатора **Т1** и выпрямителя **В1**. Напряжение возбуждения генератора регулировалось реостатом **Р1**. Напряжение, полученное от генератора, повышалось трансформатором **Т2**. Вторичная обмотка трансформатора **Т2** выполнена с центральной заземленной точкой, что позволило при использовании двухплечевой схемы выпрямления с умножением напряжения получать на выходе схемы удвоенную частоту следования униполярных импульсов высокого напряжения. При скорости вращения генератора 50 об^{-1} , частота на его выходе равна 100 Гц, а частота на выходе схемы выпрямления – 200 имп¹. Схема выпрямления состоит из конденсаторов **С1**, **С2** и высоковольтных диодов **В2**, **В3**, **В4**, **В5**. Напряжение измерялось электростатическим киловольтметром типа **С-100 – РV**. Ток измерялся микроамперметром **РА** типа **М-63**. Цепь измерения тока защищалась от искровых разрядов разрядником **FV**.

Осциллографирование напряжения производилось через омический делитель напряжения **Р2**, **Р3**, **Р4**. Осциллографирование тока – с помощью омического шунта **Р5**, **Р6**.

Основным показателем, характеризующим разрядные процессы, является вольтамперная характеристика (**ВАХ**). Традиционный метод снятия **ВАХ** - метод амперметра и вольтметра, имеет некоторые недостатки. Точность измерений зависит от класса точности измерительной и регулирующей аппаратуры, квалификации оператора. Поэтому для снятия **ВАХ** была разработана следующая методика.

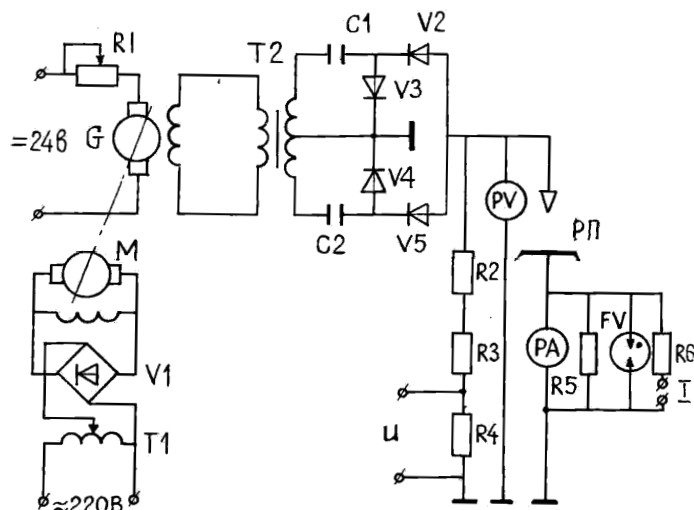


Рисунок 1 – Принципиальная схема стенда для исследований характеристик стримерной формы коронного разряда

Запись ВАХ производился на самопишущем потенциометре РmV типа КСП, отпариванного по току разряда (рисунок 2). Высокое напряжение, подаваемое на коронирующую иглу 8, повышалось автотрансформатором 6, собранном на прямоугольном магнитопроводе. Напряжение с автотрансформатора снималось токосъемником 3, который перемещался по винтовому валу 4. Привод вала производился от реактивного синхронного электродвигателя с редуктором 1 типа СД-4. Автоматическое управление стендом производилось с помощью конечных выключателей 2 и 5. Напряжение от автотрансформатора подавалось на источник высокого напряжения 7 и после повышения и выпрямления на коронирующую иглу 8.

Градуировка ВАХ по напряжению производилась по формуле

$$U = U_{\max} / (Vt) \quad (10^3 \text{ В/мм}), \quad (1)$$

где $U_{\max}$ – максимальное напряжение подаваемое на стенд, 10^3 В; V – скорость протяжки транспортной ленты, мм^{-1} ; t – полное время записи ВАХ, с.

ВАХ снимались для диапазона частот $10 \dots 220 \text{ имп}^{-1}$. Для контроля снималась ВАХ коронного разряда при питании источника высокого напряжения напряжением промышленной частоты.

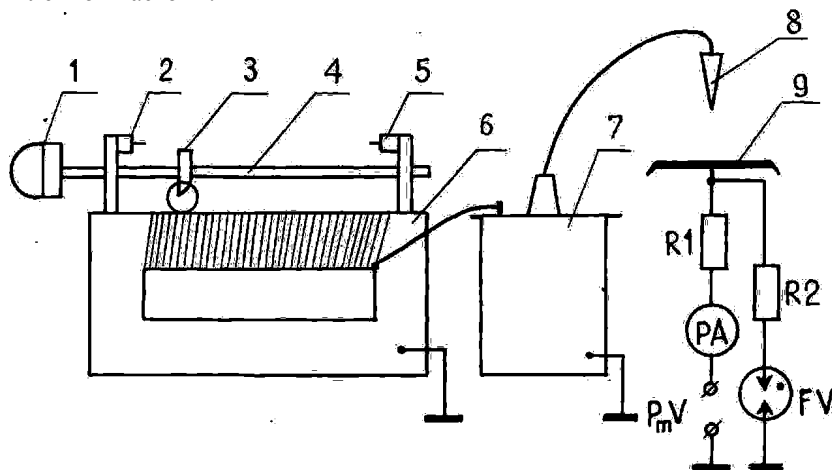


Рисунок 2 – Схема стенда для снятия ВАХ стримерной формы коронного разряда

Осциллограммы импульсного напряжения и тока стримерной формы коронного разряда приведены на рисунках 3, 4, 5. По осциллограммам видно, что разрядный ток стабилен до частоты 200 имп^{-1} и характер его изменения адекватно описывается ранее полученными аналитическими зависимостями [3]. При превышении частоты более 200 имп^{-1} стабильность протекания разрядного процесса нарушается и приобретает характер случайного.

Это относится как к форме напряжения импульсов, так и к току разряда (рисунок 5). Отсюда вытекает заключение, что при имеющихся параметрах схемы питания стабильность разрядного процесса сохраняется до частоты 200 имп^{-1} . При дальнейшем повышении частоты импульсов процесс нейтрализации объемных зарядов в разрядном промежутке полностью не завершается, и создаваемое ими встречное электрическое поле основному влияет на амплитуду напряжения и тока, а, соответственно, и на их стабильность.

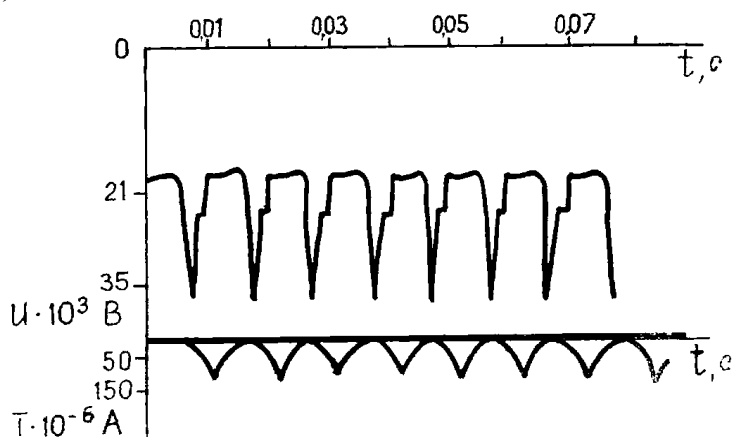


Рисунок 3 – Осциллограммы напряжения (верхняя) и тока (нижняя) стримерной формы коронного разряда при частоте 100 имп^{-1}

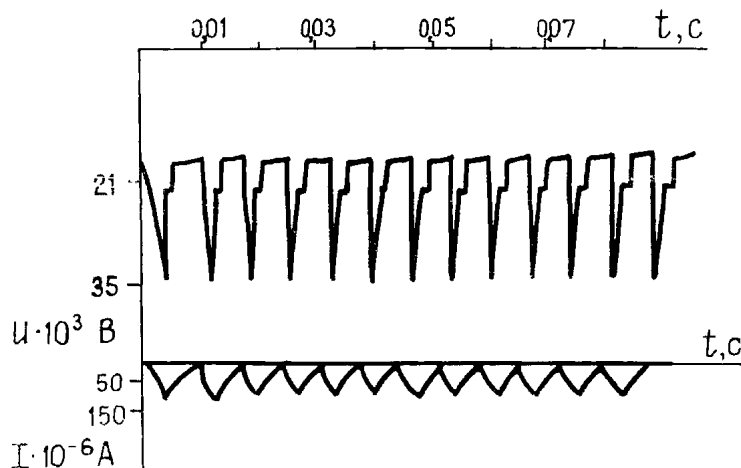


Рисунок 4 – Осциллограммы напряжения (верхняя) и тока (нижняя) стримерной формы коронного разряда при частоте 130 имп^{-1}

Полученные осциллограммы напряжения и тока стримерной формы коронного разряда подтвердили поставленную гипотезу о возможности стабилизации разрядных процессов в электрическом поле коронного разряда при совмещении в одном разрядном промежутке самостоятельного и несамостоятельного разрядов ВАХ стримерной формы коронного разряда для предварительного анализа был сравнен с ВАХ коронного разряда постоянного напряжения (рисунок 6).

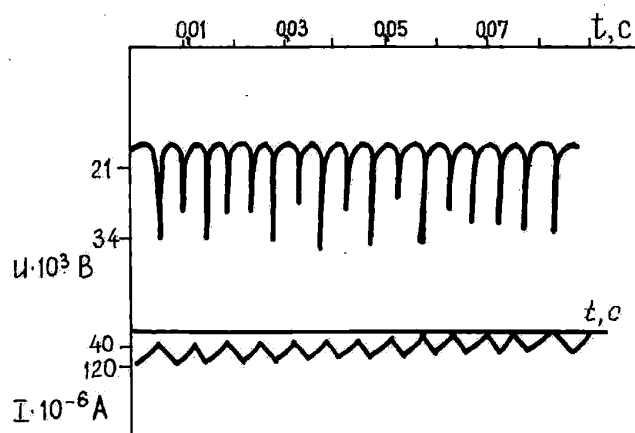


Рисунок 5 – Осциллограммы напряжения (верхняя) и тока (нижняя) стримерной формы коронного разряда при частоте 220 имп⁻¹

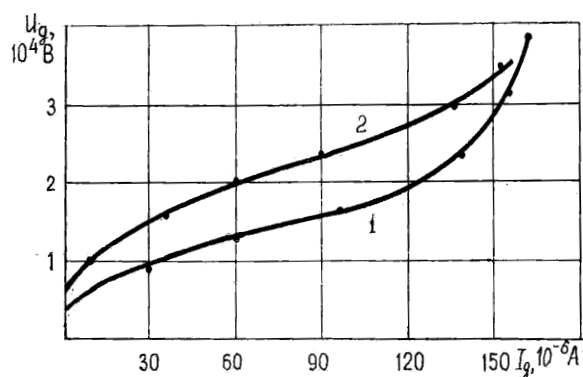


Рисунок 6 – Сравнительные ВАХ коронного разряда для действующих значений импульсного (1) и постоянного (2) напряжений

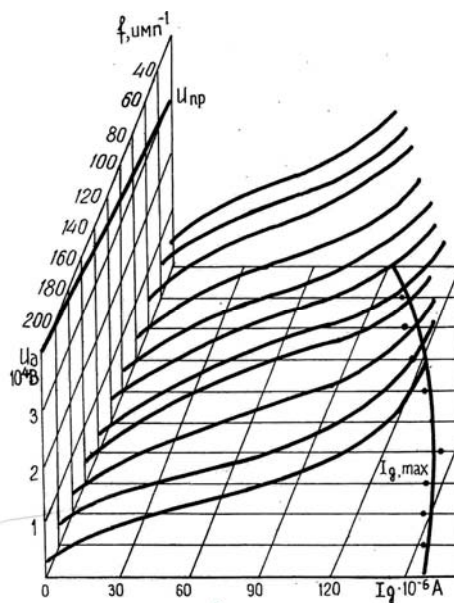


Рисунок 7 – Семейство ВАХ стримерной формы коронного разряда для системы электродов «игла-плоскость».

По характеристикам видно, что начальное напряжение зажигания разряда при постоянном напряжении равно 7×10^3 В, а при импульсном напряжении – 4×10^3 В. По ВАХ видно, что при одинаковых действующих значениях напряжений ток стримерной формы коронного разряда больше тока короны постоянного напряжения. При напряжении 2×10^4 В ток стримерной формы разряда в два раза больше. Этот факт, в совокупности со стабильностью разрядного процесса, позволяет сделать предварительный вывод, что электрогазоочистка в электрических полях стримерной формы коронного разряда будет значительно эффективней, чем в полях коронного разряда постоянного напряжения.

С целью определения зависимости ВАХ от частоты приложенных импульсов были сняты семейство ВАХ для различных частот в диапазоне 20...220 имп⁻¹. Эти характеристики приведены на рисунке 7. ВАХ снимались от нулевого значения импульсного напряжения, до искрового пробоя разрядного промежутка. По семейству ВАХ следует, что с увеличением частоты следования импульсов напряжения увеличивается электрическая прочность разрядного промежутка. Если при частоте 20 имп⁻¹ пробой происходит при напряжении 3×10^4 В, то при частоте 220 имп⁻¹ пробой происходит уже при 4×10^4 В. Одновременно с увеличением электрической прочности разрядного промежутка увеличивается и максимальный ток разряда: $9,2 \times 10^{-5}$ А при частоте 20 имп⁻¹ и $1,6 \times 10^{-4}$ А при частоте 220 имп⁻¹. Максимальный ток разряда фиксировался на предпробивных значениях напряжения. Следует также отметить некоторое уменьшение начального напряжения зажигания разряда при увеличении частоты импульсов.

Выводы

1. Осциллограммы импульсного напряжения и тока стримерной формы коронного разряда имеют стабильность по частоте и амплитуде до определенного критического значения частоты приложенных импульсов. Критическая частота импульсного напряжения зависит от электрических параметров технологического разрядного промежутка и элементов схемы питания.

2. Разрядный ток и электрическая прочность разрядных промежутков увеличиваются с увеличением частоты импульсного напряжения. При сравнении с током коронного разряда постоянного напряжения ток стримерной формы коронного разряда выше в два раза и более, что даст возможность значительно повысить эффективность электрогазоочистки.

Литература

1. Техника высоких напряжений /Под общ ред М.В.Костенко. Учебное пособие для ВУЗов. – 1973. – 528с.
2. Королев Ю.Д., Месяц Г.А. Физика импульсного пробоя газов. – М.: Наука. Гл.ред. физмат. лит., 1991. – 224 с.
3. Музафаров Ш.М., Абдулла Ахмед Саид Моршед. Анализ возможности стабилизации процессов униполярного коронного разряда //Проблемы информатики и энергетика. – 1999. – № 2. – С.30-33.

УДК 631.53.02:537.212 - 77

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

ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ СТРИМЕРНОЙ ФОРМЫ КОРОННОГО РАЗРЯДА

В статье приводятся результаты исследований силовых характеристик электрического поля коронного разряда. Исследования показали, что сила взаимодействия заряда с электрическим полем, при питании униполярными импульсами высокого напряжения, имеет динамический характер и определяется параметрами элементов схемы питания, емкостью разрядного промежутка. Сравнительное исследование силовых характеристик электрических полей коронного разряда постоянного напряжения и стримерной формы коронного разряда показало, что в последних сила зеркального отображения и, соответственно, заряды выше в два раза и более. При этом, с увеличением частоты, возрастают и силовые характеристики.

На аэрозольные частицы в электрическом поле коронного разряда действуют силы различной физической природы. К ним относятся: сила Кулона, т.е. взаимодействие заряда на частицах с электрическим полем; пандеромоторная сила, обусловленная неоднородностью электрического поля; сила зеркального отображения, действующая на осажденные частицы; сила тяжести частиц; сила взаимодействия между заряженными частицами аэрозоля; сила, обусловленная газовым потоком; тормозящая сила воздушного потока; сила, обусловленная электрическим ветром.

Из перечисленных, сила Кулона является определяющей при осаждении аэрозольных частиц. Остальные силы на порядок меньше, и в практических расчетах не учитываются.

Сила Кулона для однородных электрических полей при питании постоянным напряжением определяется простой зависимостью

$$F_k = Q E, \quad (1)$$

где Q – избыточный заряд аэрозольной частицы; E – напряженность электрического поля.

В резко неоднородных электрических полях напряженность электрического поля наибольшая в областях непосредственно прилегающих к коронирующим электродам. Поэтому сила Кулона будет зависеть от места расположения частицы в межэлектродном пространстве, т.е. от ее координат

$$F_k = Q \text{ grad} E \quad (2)$$

В резко неоднородных электрических полях, при питании униполярными импульсами напряжения, напряженность электрического поля будет изменяться также во времени. Поэтому сила Кулона будет определяться зависимостью

$$F_k = Q \text{ grad} E(t) \quad (3)$$

Напряженность электрического поля в электрических полях стримерной формы коронного разряда изменяется по закону [1]

$$E(t) = U_{C2.cb}/H = \{ [1/(p_2 - p_1)] [(p_2 U_a - i_a) p_1 e^{p_1 t} - (p_1 U_a - i_a) p_2 e^{p_2 t}] + U_a \} / H, \quad (4)$$

где $U_{C2.cb}$ – напряжение разрядного промежутка в паузе между импульсами; H – расстояние между электродами; U_a – амплитуда импульсного напряжения; p_2, p_1 – корни характеристического уравнения

$$p_{1,2} = \{ -C_1 C_2 R \pm [(C_1 C_2 R)^2 - 4(C_1 C_2 L)(C_1 + C_2)]^{0.5} \} / (2C_1 C_2 L), \quad (5)$$

где C_1, C_2, R, L – параметры схемы питания разрядного промежутка униполярными импульсами напряжения.

Отсюда следует, что в электрических полях стримерной формы коронного разряда сила Кулона определяется параметрами элементов источника питания, т.е. налицо динамический режим процесса, в отличие от электрических полей коронного

разряда постоянного напряжения, где подобная зависимость практически не существует.

Для подтверждения зависимости (4) был проведен эксперимент, в котором исследовался характер изменения сил взаимодействия между электродами при питании униполярными импульсами напряжения. Стенд для этих исследований (рисунок 1, а) состоит из заземленного электрода 5 – диска из сплава алюминия толщиной 0,5 мм, который на шести пружинах 4 подвешивался на диэлектрическом обруче 3 (рисунок 1, в). К центру заземленного электрода с помощью жесткой тяги подключался механотрон 1 [2], коронирующие иглы 6, длиной 25 мм и углом конусности 8° , установлены на диэлектрическом диске 7 по схеме показанной на рисунке 1, б. Эксперимент проводился с экранирующим электродом 8 и без него для выявления влияния емкости разрядного промежутка на силу взаимодействия между электродами. В эксперименте устанавливалась средняя напряженность электрического поля равная 7×10^5 В/м по действующему значению импульсного напряжения частотой 75 имп $^{-1}$.

Осциллограммы силы притяжения и, соответственно характер изменения напряженности электрического поля в разрядном промежутке (нижняя) и вид импульсного напряжения (верхняя) приведены на рисунке 2. По осциллограммам видно, что сила воздействия на заземленный электрод только по фронту импульса адекватно описывает форму импульса напряжения. При этом амплитуда силы отстает по времени от амплитуды импульса напряжения. Спад же импульса силы адекватно описывается формулой (1). Сравнение осциллограмм процесса снятых без экранирующего электрода и с экранирующим электродом показало, что процесс спада импульса силы при наличии экранирующего электрода протекает медленнее.

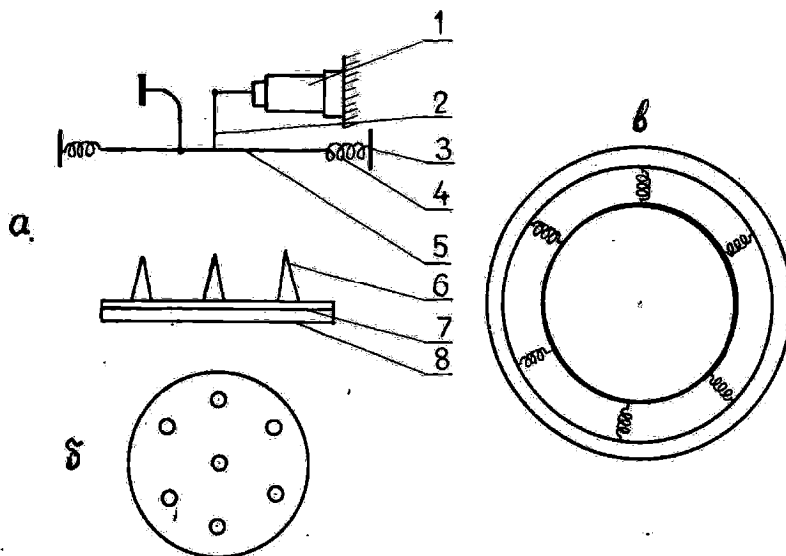


Рисунок 1: а – Схема стенда для исследования характера изменения напряженности электрического поля в разрядном промежутке при питании импульсным напряжением; б- схема расположения коронирующих игл; в - схема подвески заземленной плоскости

Сравнение силовых характеристик электрического поля коронного разряда постоянного напряжения и его стримерной формы производилось по силе прилипания частиц материала к заземленной плоскости. В этом случае частицы удерживаются на заземленной плоскости силой зеркального отображения, величина которой пропорциональна квадрату величины заряда на частице материала и обратно пропорциональна квадрату расстояния между центром заряда и его отображением на плоскости.

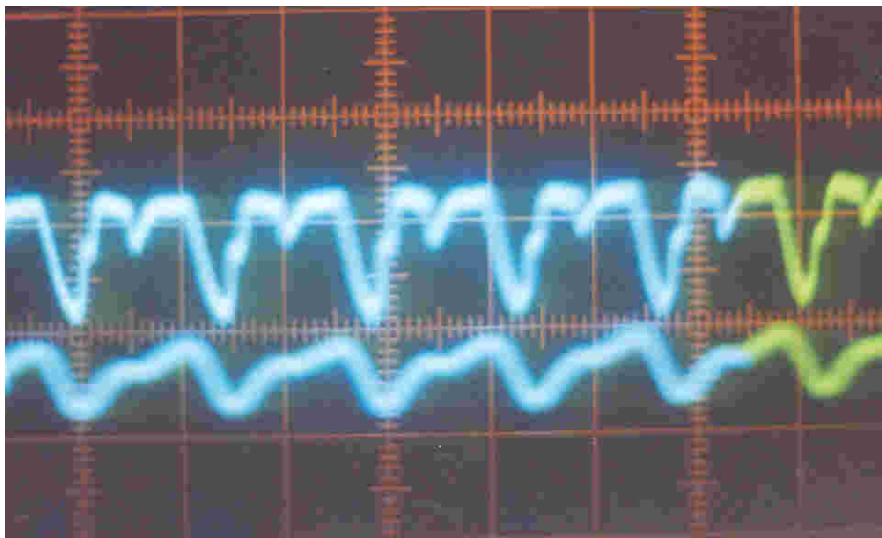


Рисунок 2 – Осциллограмма импульсного напряжения (верхняя) и силы взаимодействия между электродами (нижняя)

Исследования проводились по следующей методике (рисунок 3). Из фторопласта толщиной 0,15 мм вырезался круг 2 диаметром 20 мм и размещался в центре заземленной плоскости 3 под коронирующей иглой 1. К краю круга крепилась капроновая нить 6, которая другим концом крепилась к пружинному динамометру 4. Динамометр нитью 6 крепился к барабану микродвигателя с редуктором 5. Межэлектродное расстояние 40 мм устанавливалось зажимом 7.

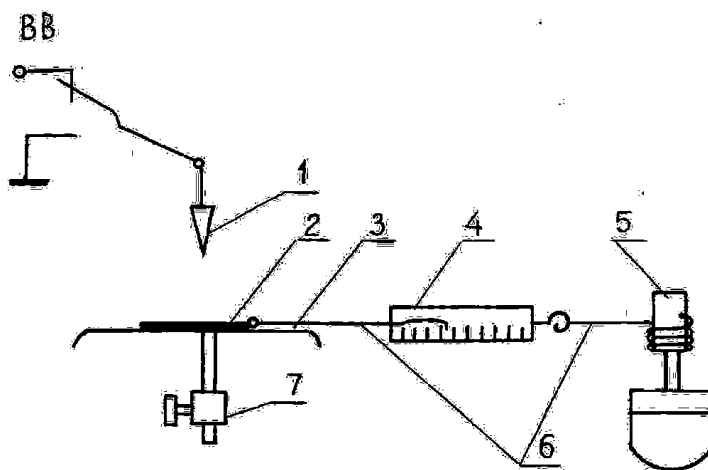


Рисунок 3 – Схема стенда для измерения силы прилипания пробного тела к заземленной плоскости

На коронирующую иглу подавалось напряжение $2,4 \times 10^4$ В. В эксперименте для устранения влияния силы Кулона, т.е. взаимодействие заряда частицы с внешним электрическим полем, пробное тело заряжалось от коронирующего игольчатого электрода, затем коронирующий электрод с помощью высоковольтного выключателя заземлялся и одновременно включался электродвигатель. Сила зеркального отображения определялась по динамометру в момент отрыва фторопластового круга от заземленной плоскости.

Величина заряда фторопластового круга вычислялась по формуле

$$Q = (2Fgr)^{0,5}, \text{ Кл} \quad (6)$$

где F – сила отрыва круга от заземленной плоскости, Н; r – толщина фторопласта, м.

Удельная поверхностная плотность зарядов определялась по формуле

$$\sigma_s = Q/S, \text{ Кл/м} \quad (7)$$

где S – площадь фторопластового круга, равная 1256 мм².

Эксперимент проводился в трехкратной повторности. В эксперименте для устранения влияния силы Кулона (взаимодействия заряда пробного тела с внешним электрическим полем), пробное тело сначала заряжалось от коронирующего игольчатого электрода, затем коронирующая игла с помощью высоковольтного переключателя заземлялась, и производилось измерение силы прилипания пробного тела к заземленной плоскости..

Таблица 1 – Результаты сравнительных исследований силы зеркального отображения в электрических полях коронного разряда постоянного напряжения и стримерной формы коронного разряда

Параметры	Значение параметров					
Частота импульсов, имп ⁻¹	Постоянное напряжение	70	122	154	200	210
Сила зеркального отображения, Н	0,62	1,11	1,21	1,37	1,63	1,44
Поверхностный заряд, 10 ⁻⁴ Кл	0,747	1,0	1,04	1,11	1,21	1,14
Поверхностная плотность заряда, 10 ⁻⁴ Кл/мм ²	9,48	12,6	13,2	14,06	15,32	14,4
Превышение силы зеркального отображения в электрическом поле стримерной формы коронного разряда	-	1,79	1,94	2,21	2,63	2,31

Анализ результатов измерений (таблица 1) показывает, что сила зеркального отображения существенно зависит от частоты импульсного напряжения и растет до частоты 200 имп⁻¹, затем уменьшается. Это связано с тем, что для используемой схемы питания предельная частота стабильности стримерной формы коронного разряда равна 200 имп⁻¹. При этой частоте сила зеркального отображения в 2,63 раза превосходит аналогичную силу при коронном разряде постоянного напряжения. Аналогично увеличивается величина поверхностного заряда и его плотности. Отсюда следует заключение, что в электрических полях стримерной формы коронного разряда эффективность осаждения аэрозольных частиц будет происходить значительно эффективней, чем в электрических полях коронного разряда постоянного напряжения.

Справедливость этого заключения обусловлена еще и с тем, что величина напряженности электрического поля при питании импульсным напряжением больше напряженности поля при питании постоянным напряжением.

В электрических полях стримерной формы коронного разряда сила воздействия на частицы материалов зависит от характера изменения напряженности электрического поля, а следовательно от амплитуды импульсов напряжения, параметров элементов схемы питания, а также емкости технологического разрядного промежутка.

Силовые характеристики электрических полей стримерной формы коронного разряда и величины зарядов на частицах материалов в два и более раза превосходят аналогичные параметры электрических полей коронного разряда постоянных напряжений. При этом с увеличением частоты импульсов растут силовые характеристики до критического значения частоты, при которой нарушается стабильность разрядных процессов.

Литература

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

2. Берлин Г.С. Механотроны. – М.: Радио и связь, 1984. – 248 с.