

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ



**Республиканское унитарное предприятие
«Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»**

Механизация и электрификация сельского хозяйства

Межведомственный тематический сборник

Основан в 1968 году

Выпуск 44

В двух томах

Том 1

**Минск
2010**

В сборнике опубликованы основные результаты исследований по разработке инновационных технологий и технических средств для их реализации при производстве продукции растениеводства и животноводства, рассмотрены вопросы технического сервиса машин и оборудования, использования топливно-энергетических ресурсов, разработки и применения энергосберегающих технологий, электрификации и автоматизации.

Материалы сборника могут быть использованы сотрудниками НИИ, КБ, специалистами хозяйств, студентами вузов и колледжей аграрного профиля.

Публикуются в двух томах.

Редакционная коллегия:

доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси

П.П. Казакевич (главный редактор);

кандидат технических наук, доцент В.П. Чеботарев (зам. главного редактора);

доктора технических наук, профессора В.Н. Дашков, В.И. Передня,

И.И. Пиуновский, Л.Я. Степук, И.Н. Шило;

доктора технических наук, доценты В.В. Азаренко, И.И. Гируцкий;

кандидат технических наук, профессор В.П. Миклуш;

кандидаты технических наук, доценты В.Н. Гутман, В.О. Китиков;

кандидат экономических наук, доцент В.Г. Самосюк;

кандидаты технических наук Н.Г. Бакач, В.М. Изоитко, Н.Ф. Капустин,

В.К. Клыбик, Н.Д. Лепешкин, А.Л. Рапинчук, А.Л. Тимошук, М.Н. Трибуналов;

кандидаты экономических наук А.В. Ленский, Е.И. Михайловский.

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси

П.П. Казакевич;

доктора технических наук, профессора В.Н. Дашков, В.И. Передня,

И.И. Пиуновский, Л.Я. Степук, И.Н. Шило;

доктора технических наук, доценты В.В. Азаренко, И.И. Гируцкий.

Приказом Председателя ВАК Республики Беларусь от 4 июля 2005 года № 101 межведомственный тематический сборник «Механизация и электрификация сельского хозяйства» (РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства») включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим наукам.

УДК 629.114.2.073

В.Е. Тарасенко

(УО «БГАТУ»,

г. Минск, Республика Беларусь)

А.А. Жешко

(РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации
сельского хозяйства»,

г. Минск, Республика Беларусь)

АНАЛИЗ ТИПОРАЗМЕРНЫХ РЯДОВ ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУС»

Введение

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве нашей республики задействовано 50,6 тыс. тракторов, кроме того, дополнительно используется еще 3,4 тыс. тракторов, на которых смонтированы землеройные, мелиоративные и другие машины [1].

В мировой практике находят применение различные подходы классификации тракторов при их объединении в типоразмерные ряды, поэтому предметом настоящей работы являются детальный анализ и выявление наиболее рациональных и универсальных подходов как для производителей тракторов, так и для их потребителей.

Основная часть

Совокупность тракторов, классифицированных по одному признаку, называют типоразмерным рядом. В качестве классификационного признака принимается либо тяговое усилие, либо тяговая мощность [2, 3]. Тяговое усилие $P_{кр}$ в качестве классификационного признака было предложено еще в 1941 г. группой ведущих специалистов в области тракторостроения во главе с Д.А. Чудаковым. Предложенный классификационный признак был принят в основу типажа тракторов, выпускаемых многими заводами постсоветского пространства [4].

В функции от тягового усилия можно выразить тягово-динамические (тяговая мощность, скорость, буксование, тяговый КПД) и топливно-экономические (часовой и удельный расход топлива) показатели. В качестве оценочной классификационной точки принимается номинальное тяговое усилие $P_{кр.ном}$ [5].

Международной системой машин [6] определено, что трактор должен работать с наибольшей экономичностью при значении буксования не более 18% с ходовой системой 4К2, 16% – 4К4 и 5% – с гусеничной ходовой системой. Точка наибольшей экономичности при работе трактора находится в зоне максимального значения тягового КПД. Исходя из изложенного следует, что классификационная точка $P_{кр.ном}$ находится в диапазоне тяги между максимальным значением тягового КПД и агротехнически допустимым буксованием. Следует отметить, что ГОСТ 24096–80 уточняет агротехнически допустимое буксование при определении $P_{кр.ном}$, устанавливая для тракторов с ходовой системой 4К2 значение буксования 16%, 4К4 – 14% и для гусеничных тракторов – 3% [4].

По величине тягового усилия $P_{кр.ном}$ устанавливается класс трактора [2]. Сельскохозяйственные тракторы по типуажу НАТИ (Научно-исследовательского

тракторного института) разделены на десять классов (0,2; 0,6; 0,9; 1,4; 2; 3; 4; 5; 6; 8).

В международной практике для классификации тракторов используется конструктивный признак трактора – категория навесного устройства. Категория навесного устройства устанавливается на тракторе по значению максимальной тяговой мощности, полученной при испытании трактора в соответствующей комплектации и при определенных условиях испытаний. По стандартам ISO 730/1 и ISO 730/2–82 устанавливаются четыре категории навесного устройства. Расчетами проведено сопоставление этих классификационных признаков тракторов, включенных в типаж [7]. Так, например, трактор класса 1,4 может иметь 1 и 2 категорию навесного устройства.

Выясним, какой из признаков классификации трактора является более приемлемым и рациональным. Во-первых, в работе [7] отмечается, что классификация по $P_{кр.ном}$ не отражает функции трактора как мобильного источника энергии, что особенно важно при тягово-энергетической и энергетической концепциях его использования. Во-вторых, конечный потребитель может и не знать, что такое номинальная сила тяги трактора и каково ее значение. Потребителю необходим другой параметр или признак трактора, по которому он мог бы безошибочно агрегатировать трактор с машинами и орудиями. Таким более рациональным для потребителя, следует полагать, является признак классификации трактора по категории навесного устройства, когда на трактор можно навесить машину или орудие, имеющие аналогичное навесное устройство. Классификационный признак $P_{кр.ном}$ необходим в большей степени разработчикам тракторов – чтобы иметь параметр для расчетов при составлении типажей, типоразмерных рядов разрабатываемой техники, или специалистам – для составления оптимальных агрегатов трактора и сельскохозяйственных орудий [4].

Тягово-сцепные свойства и скоростные качества, экономичность проектируемого трактора закладываются на этапе разработки технического задания. Первоначально они оцениваются при расчете и анализе теоретической тяговой характеристики. Тяговая характеристика служит для совокупной оценки преобразуемых энергетических затрат в работу. Критериями оценки работы являются сила тяги и скорость [4].

Отношение $N_{кр} / P_{кр}$, как отмечалось ранее, принятое при постоянной скорости, названо коэффициентом энергетических затрат $\varepsilon_{кр}$. Следовательно, рабочая скорость рассматривается как мера энергии, затрачиваемой на создание единицы силы тяги.

Проведенный анализ по принятому коэффициенту энергетических затрат экспериментальных и расчетных тяговых характеристик показывает, что тракторы «Беларус» мощностью 44 кВт и более обеспечивают номинальную силу тяги при скорости 2,22–2,50 м/с. Следовательно, коэффициент энергетических затрат на создание номинального значения силы тяги составляет 2,22–2,50 кВт/кН. Коэффициент полных энергетических затрат учитывает

потери на перекачивание, буксование, потери в трансмиссии и равен $\varepsilon_e = \varepsilon_{кр} / \eta_{тяг}$. По результатам анализа принимаем $\eta_{тяг} = 0,6$, коэффициент $\varepsilon_e = 3,7-4,17 \text{ кВт/кН}$. Малогабаритные тракторы имеют при номинальной силе тяги оптимальную рабочую скорость $1,67-1,94 \text{ м/с}$, коэффициенты энергетических затрат, соответственно, равны $\varepsilon_{кр} = 1,67-1,94 \text{ кВт/кН}$ и $\varepsilon_e = 2,78-3,23 \text{ кВт/кН}$ [4].



Рисунок 1 – Типоразмерный ряд тракторов «Беларус»

разрабатываемых тракторов. Полученная графическая интерпретация типоразмерного ряда тракторов «Беларус» показывает, что тракторы класса 1,4 и 2,0 не имеют дискретного промежутка, между тракторами класса 2,0 и 3,0 дискретный промежуток равен $2,0 \text{ кН}$, а между тракторами класса 3,0 и 5,0 дискретный промежуток составляет $7,5 \text{ кН}$. Следует полагать, что этот дискретный промежуток может быть заполнен трактором мощностью $150-160 \text{ кВт}$ с номинальной силой тяги 40 кН .

Графическая интерпретация малогабаритных тракторов, построенная при скорости $1,67 \text{ м/с}$, показывает, что между классами тракторов отсутствуют дискретные промежутки по тяге и трактор «Беларус-620» при принятой скорости соответствует классу 1,4.

Коэффициент энергетических затрат, следует полагать, является универсальным показателем для анализа и расчета мощностных и тяговых параметров трактора. Например, расчет трактора мощностью 220 кВт при агротехнической

На рисунке 1 приведены графики функции $N_{кр}(P_{кр,ном})$ при скоростях $1,67$ и $1,94 \text{ м/с}$, на которые нанесены значения номинальной силы тяги классов тракторов «Беларус». Номинальная сила тяги каждого класса имеет пределы минимального и максимального значений или диапазон $P_{кр,макс} - P_{кр,мин}$. Этот диапазон определяется принятым при формировании типоразмерного ряда тракторов «Беларус» допуском. Принято, что $P_{кр,мин} = 0,9P_{кр,ном}$ и $P_{кр,макс} = 1,25P_{кр,ном}$ по всем классам тракторов. И только для класса 0,3 и мотоблоков $P_{кр,макс} = 1,4P_{кр,ном}$. Ординаты, восстановленные из крайних точек максимального и минимального значений силы тяги, в точках пересечения с графиком функции $N_{кр}(P_{кр,ном})$ определяют пределы крутящей мощности каждого класса.

На указанные графики нанесены точки, соответствующие номинальной силе тяги выпускаемых и

скорости, равной 2,22 м/с, соответственно, при коэффициенте энергетических затрат, равном 2,22 кВт/кН, и тяговом КПД 0,6 определяет значение силы тяги трактора, равное $P_{кр.ном} = 49,6$ кН.

Номинальная сила тяги рассчитывается и принимается из условия обеспечения работы трактора в агрегате с орудием, требующим наибольшего тягового усилия. В качестве такого орудия еще Д.А. Чудаковым предложен плуг. Усилие, требуемое от трактора при работе с плугом, приравнивается к сопротивлению почвы при вспашке и равно

$$F_{пл} = BHi f_{пл},$$

где B – ширина захвата одного корпуса плуга, м;

H – глубина вспашки, м;

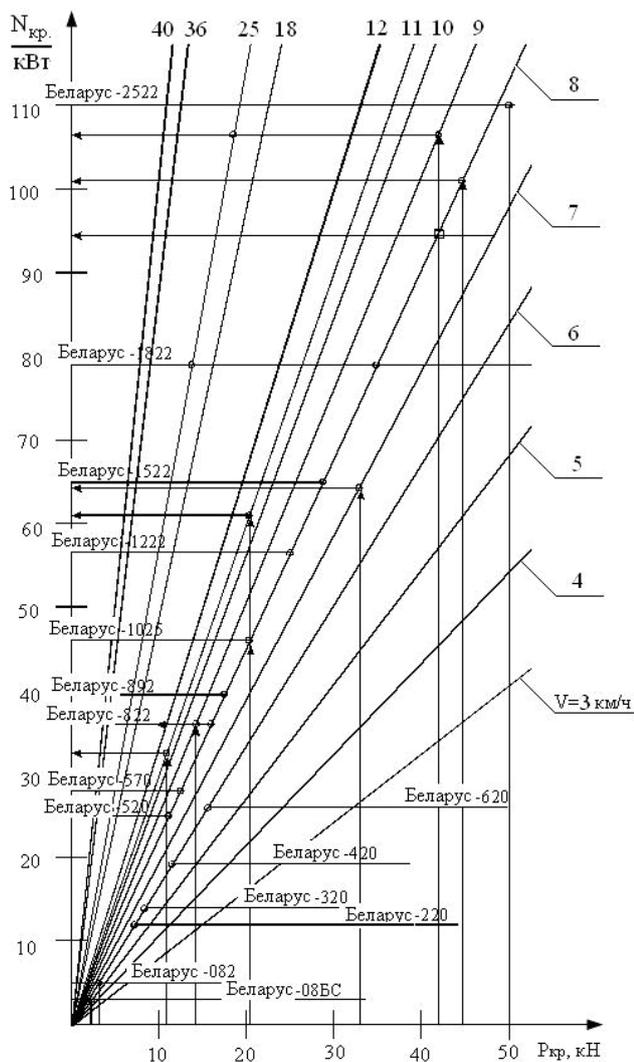
i – число корпусов, шт.;

$f_{пл}$ – удельное сопротивление почвы, кН/м².

Удельное сопротивление почвы в зависимости от типа агрофона может изменяться от 30,4 до 78,5 кН/м², на наиболее применяемых агрофонах составляет не менее 58,8 кН/м². Но это значение удельного сопротивления не остается постоянным. Под воздействием ходовых систем тракторов на почву в ходе рабочего процесса ее плотность увеличивается, что увеличивает сопротивление плуга при вспашке. В таблице 1 приведены тяговые сопротивления машинно-тракторных агрегатов (далее – МТА) при выполнении основных сельскохозяйственных работ с тракторами различных классов [8]. Режимы работы агрегатов принимаются в зависимости от удельного сопротивления и требуемой глубины обработки почвы [4].

Таблица 1 – Тяговое сопротивление МТА при выполнении сельскохозяйственных работ

Вид сельскохозяйственных работ	Удельное сопротивление почвы, кН/м ²	Глубина обработки, см	Номинальное тяговое усилие, кН	Применяемое орудие	Тяговое сопротивление, кН
Обработка почвы пахотными агрегатами	50,0–58,9	25–27	14	Плуг, количество корпусов, шт. 3	12,5–14,5
			30	Количество корпусов, шт. 6	28,9–33,5
			50	Количество корпусов, шт. 8	39,1–45,6
			50	Количество корпусов, шт. 9	43,7–51,0
Культивация и боронование		8–10	14	Культиватор КПС-4 с боронами БЗСС-1,0	9,4–10,6
			30		17,3–20,4
			50		37,7–42,4
Посев зерновых			14	Сеялка СЗ-3,6 2 шт., ширина захвата 7,2 м	10,6
			30	4 шт., ширина захвата 14,4 м	28,2
			50	6 шт., ширина захвата 21,6 м	42,4



**Рисунок 2 – Номограмма
типоразмерного ряда
тракторов «Беларус»**

Тяговое усилие трактора при заданном тяговом сопротивлении непостоянно и зависит от скорости МТА при выполнении работы. Применяемые скоростные сельхозмашины рассчитаны для работы в диапазоне рабочих скоростей 9–15 км/ч. Мощность трактора при выполнении сельскохозяйственных работ наиболее эффективно используется на скоростях 9–12 км/ч, при которых тяговое усилие трактора близко к номинальному и тяговый КПД трактора на этих скоростях наибольший. В таблице 2 приведены рекомендуемые рабочие скорости при выполнении различных видов сельскохозяйственных работ с тракторами в составе со скоростными сельхозмашинами [8].

Для согласованного применения трактора с сельхозмашинами построим номограмму (рисунок 2) функции $N_{кр}(P_{кр,ном})$ при скоростях от 3 до 40 км/ч.

Таблица 2 – Рекомендуемые рабочие скорости движения и энергетические затраты при выполнении сельскохозяйственных работ МТА [8]

Вид сельскохозяйственных работ	Диапазон рабочих скоростей, км/ч	Коэффициент энергетических затрат, кВт/кН
Сплошная обработка почвы (пахота, боронование, культивация)	8–12	2,22–3,33
Внесение удобрений	8–12	2,22–3,33
Посев (посадка)		
– зерновых	8–14	2,22–3,89
– кукурузы	8–12	2,22–3,33
– картофеля	6–10	1,67–2,78
Обработка междурядий:		
– культивация кукурузы	8–12	2,22–3,33
– рыхление междурядий свеклы	8–10	2,22–2,78
– окучивание картофеля	8–12	2,22–3,33

Окончание таблицы 2

Уборочные работы:		
– кукурузы на зерно	7–10	1,94–2,78
– картофеля	6–9	1,67–2,5
– свеклы	7–10	1,94–2,78
Заготовка кормов:		
– травы на сено	8–12	2,22–2,78
– кукурузы на силос	7–12	1,94–3,33
Работы противозерозионные	8–12	2,22–3,33
Снегозадержание	8–12	2,22–3,33
Транспортные работы	10–25	2,78–6,94

На номограмму нанесем типоразмерный ряд тракторов «Беларус», приняв в качестве параметра согласования номинальное тяговое усилие при рабочей скорости 8 км/ч для тракторов мощностью от 44 до 184 кВт и при скорости 6 км/ч для малогабаритных тракторов. Приняв значения тягового сопротивления (см. таблицу 1) и скорости (см. таблицу 2), путем графических построений определим возможность выполнения работы трактором той или иной модели.

Например, тяговое сопротивление 8-корпусного плуга равно 45,6 кН, определим модель трактора, в составе с которым пахоту с принятым плугом можно выполнить с наибольшей скоростью. Проведя графические построения (см. рисунок 2), определим, что с наибольшей скоростью пахота может быть выполнена в агрегате с трактором «Беларус-2822/3022». Однако из номограммы следует, что эту работу можно выполнить и трактором «Беларус-2022» со скоростью 6 км/ч, а также трактором «Беларус-1523» со скоростью 5 км/ч. Из номограммы также следует, что предельно допустимая скорость пахоты трактором «Беларус-2822/3022» равна 8,7 км/ч при тяговом сопротивлении 45,6 кН. На рисунке 2 аналогичные построения приведены и для работы трактора с культиватором и боронами при тяговом сопротивлении 42,4 кН. Наибольшая скорость культивации агрегата в составе с трактором «Беларус-2822/3022» равна 9,2 км/ч при тяговом сопротивлении 42,4 кН [4].

Заключение

Использование номограммы (см. рисунок 2) позволяет по заданному значению тягового сопротивления сельскохозяйственного орудия определять возможность применения конкретной модели трактора и скорость движения агрегата, а также решать другие задачи, в том числе определять тяговое усилие при выполнении работы разными моделями тракторов. Например, транспортные работы при скорости 25 км/ч могут быть выполнены тракторами «Беларус-2822/3022» и «Беларус-2022» при возможном тяговом усилии 19,5 и 11,5 кН соответственно.

30.06.10.

Литература

1. Наличие сельскохозяйственной техники, машин, оборудования и энергетических мощностей в Республике Беларусь на 1 января 2010 года / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск, 2010.

2. Усилие тяговое номинальное сельскохозяйственных тракторов. Метод определения: ОСТ 23.1.89–92. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 12 с.
3. Grecenco, A.A. Systematic tractor range / A.A. Grecenco // The Agricultural Engineer Autumn. – 1974. – P. 80-85.
4. Якубович, А.И. К вопросу использования тракторов «Беларус» при выполнении сельскохозяйственных работ / А.И. Якубович, М.А. Солонский // Агропанорама. – 2004. – №2. – С. 21-26.
5. Якубович, А.И. Экономия топлива на тракторах: монография / А.И. Якубович, Г.М. Кухаренок, В.Е. Тарасенко. – Минск: БНТУ, 2009. – 229 с.
6. Международная система машин для комплексной механизации сельского хозяйства. Тракторы. – М.: СЭВ, 1981.
7. Парфенов, А.П. Развитие системы классификации сельскохозяйственных тракторов / А.П. Парфенов // Тракторы и сельхозмашины. – 1985. – № 10. – С. 12.
8. Скоростная сельскохозяйственная техника. Альбом-справочник / А.Я. Поляк [и др.]. – М.: Россельхозиздат, 1977. – 207 с.: ил.

УДК 631.612:626.8

**В.В. Азаренко, Н.Г. Бакач,
Г.Г. Тычина, Ю.В. Гатчина**
*(РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

КАМНЕУБОРОЧНАЯ МАШИНА

Введение

В системе сельскохозяйственного производства работы по очистке земель от каменистых включений играют важную роль как резерв повышения объемов сельскохозяйственной продукции. В Республике Беларусь значительные площади сельскохозяйственных угодий засорены камнями, которые затрудняют работу техники. На каменистых землях исключается возможность применения энергонасыщенных скоростных агрегатов, возрастают потери урожая как за счет огрехов, так и из-за низкого качества обработки почвы, посева и уборки.

Основная часть

Существует несколько путей улучшения использования земель, засоренных камнями: уборка и вывозка камней с сельскохозяйственных угодий; использование сельскохозяйственной техники, предназначенной для работы на каменистых почвах; возделывание культур, малотребовательных к обработке почвы.

Очистка сельскохозяйственных угодий от камней требует значительных затрат труда и средств, однако в сочетании с другими культуртехническими работами повышает не только культуру земледелия, но и эффективность сельскохозяйственного производства. В общем комплексе камнеуборочных работ наиболее трудоемким и технологически сложным является процесс уборки мелких (от 3 до 30 см) камней, составляющих 90% всех каменистых включений [1].

Экономический эффект, получаемый в результате очистки сельскохозяйственных угодий от камней, складывается:

– из снижения затрат на обработку почвы, возделывание и уборку сельскохозяйственных культур за счет уменьшения расходов на замену и ремонт рабо-

чих органов почвообрабатывающих и уборочных машин, повышения их производительности и снижения расхода горюче-смазочных материалов;

– из улучшения качества обработки почвы и ухода за культурами, более равномерного распределения и повышения эффективности вносимых удобрений, снижения потерь в процессе уборки урожая;

– из утилизации собранных камней для дорожного, мелиоративного и внутрихозяйственного строительства.

В настоящее время в мировой практике сложилось однозначное мнение о целесообразности машинной уборки камней исключительно с поверхности почвы с возможностью захвата, при необходимости, поверхностного слоя почвы глубиной до 7–10 см. Это условие обеспечивает существенное упрощение конструкций технических средств и снижение удельных затрат энергии и других ресурсов.

Отличительной особенностью большинства комплексов камнеуборочных машин, выпускаемых ведущими машиностроительными фирмами Франции, США, Канады, Норвегии, Финляндии и др., является наличие в их составе подборщиков крупных и средних камней и валкователей, позволяющих формировать валок камней при слабой и средней засоренности полей. При слабой засоренности валкователь используется самостоятельно как отдельная машина для укрупнения валка за 2–6 проходов. При средней засоренности валкователи объединяются в единую конструкцию с подборщиком, собирая камни за один проход. На сильно засоренных полях применение валкователей в комбинации с подборщиком затрудняет и даже исключает возможность работы машины в целом. В этом случае используют валкователь-подборщик камней.

Зарубежные подборщики предназначены для подбора камней как с поверхности поля, так и из валка. Основная их часть (за исключением машин фирм США и Норвегии) выполнена по одинаковой схеме. Подбирающая часть этих прицепных машин имеет вращающийся в направлении движения ротор с гребенками и сепарирующую решетку. Это довольно простые подборщики, в которых отсутствует ленточный транспортер, подверженный интенсивному износу. К ним относятся модели: «Saga» фирмы Kirpi, ND-58 фирмы Rock-o-Matik, «Patu-5» фирмы Kesla. Все подборщики имеют небольшую ширину захвата, а следовательно, невысокую производительность.

Отличительной особенностью подборщиков фирмы «Harley» (США) является применение в них вместо подающего лемеха металлического вращающегося плавающего валика, который захватывает материал и разгоняет его до скорости ленточного транспортера, что уменьшает износ последнего.

Подборщик фирмы «Kesla» (Финляндия) имеет симметрично расположенные под углом к направлению движения роторы-валкователи, сепарирующие гребенки, расположенные на валу через 120° , и поперечный погрузочный транспортер.

Особо следует выделить валкователи-подборщики камней SB-4000 (SB-5200) компании «Kongskilde» (Дания) и Kivi-Pekka 4 (Kivi-Pekka 5, Kivi-Pekka 6) компании «Pel-Tuote Oy» (Финляндия), которые на рынке Республики Беларусь представлены, соответственно, ЧУП «Профи-Агропарк» и ООО «Полымя».

Эти машины по конструктивным и технологическим показателям практически ничем не отличаются. Однако широкого распространения в Республике Беларусь они не нашли, в основном, по причине высокой стоимости и необходимости существенных затрат валютных средств. Кроме того, следует отметить, что эти машины не соответствуют условиям безопасности при агрегатировании с тракторами класса 2–3 из-за отсутствия тормозной системы и не должны работать с отечественными тракторами, так как для них требуется частота вращения ВОМ 400 мин^{-1} . Поэтому фирмы вынуждены рекомендовать работу этих машин с тракторами класса 5, в то время как по энергетическим показателям работу машины может обеспечить даже трактор класса 1,4. Несоответствие по частоте вращения ВОМ повлекло необходимость исключения максимальной глубины хода рабочих органов (7 см) и сохранения подбора только поверхностных камней.

В этих условиях РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработал валкователь-подборщик камней МПК-4 (рисунок 3).



Рисунок 3 – Валкователь-подборщик камней

Валкователь-подборщик камней предназначен для сбора поверхностных и погруженных до $0,07 \text{ м}$ в почву мелких камней размером от 5 до 30 см и доставки их к месту складирования на краю поля или перегрузки в транспортное средство [2].

Машина полуприцепная, агрегатируется с тракторами класса 2,0 («Беларус 1221»). При поступательном движении валкователя-подборщика вперед с включенным ВОМ трактора роторы валкователей перемещают камни от периферии к центру машины в зону подборщика, подбирающий лемех которого заводится под валок камней, подъемный барабан захватывает камни пружинными зубьями и перемещает их по сити, забрасывая в бункер. При этом происходит сепарация почвы через сито, днище и заднюю стенку бункера. После заполнения бункера производится самовыгрузка в транспортное средство или в места складирования на краю поля. Производительность за 1 час основного времени составляет 1,2–2,4 га при рабочей скорости 3–6 км/ч. Количество почвы в ворохе валка от массы собранных камней составляет не более 40%, вынос почвы, погружаемой с камнями в транспортные средства, места складирования, в массе камней составляет не более 5%, что полностью удовлетворяет агротехническим требованиям.

Заключение

Анализ экономических показателей машины МПК-4 свидетельствует, что в сравнении с зарубежным аналогом фирмы «Kverneland» годовая экономия себестоимости механизированных работ составляет 6 050 тыс. руб. (степень снижения себестоимости механизированных работ – 26,8%), годовой приведенный экономический эффект – 9 350 тыс. руб., срок окупаемости абсолютных капитальных вложений – 3,3 года.

15.07.10.

Литература

1. Пунинский, В.С. Механизация камнеуборочных работ / В.С. Пунинский [ГНУ ВНИИ-ГиМ Россельхозакадемии]: науч. изд. – М.: 2008. – 144 с.
2. Бакач, Н.Г. Информационная система контроля режимов работы камнеуборочных машин / Н.Г. Бакач, Г.Г. Тычина, М.А. Дедок, А.Н. Моспанов, Ю.В. Гатчина // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. Т 1. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С. 9-14.

Введение

Конструкция кольцевого дозатора (рисунок 4) и его принцип действия обуславливают функциональные связи его геометрических параметров, то есть изменение одного из них влечет соответствующие изменения других.

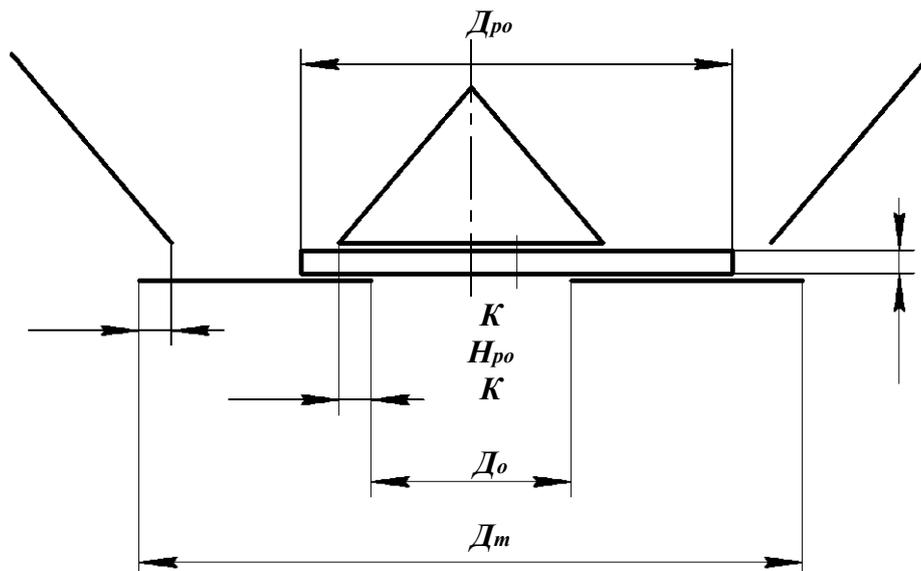


Рисунок 4 – Схема кольцевого дозатора

Как показало исследование принципа действия дозатора, диаметр кольца (рабочего органа) (D_{po}) является средним диаметром между наружным диаметром тарелки (D_m) и диаметром отверстия в тарелке (D_o), то есть:

$$D_{po} = \frac{D_m + D_o}{2}.$$

При этом должны выполняться два следующих условия:

$$D_o = \frac{1}{2} D_{po} \quad (1); \quad D_m = \frac{3}{2} D_{po} \quad (2).$$

Таким образом, задав один геометрический параметр дозатора – размер диаметра кольца D_{po} , можно найти размеры тарелки D_m и D_o .

Высота же кольца (H_{po}) зависит от основных размеров дозатора опосредованно через зону запаса (K). В свою очередь, величина K зависит от физико-механических свойств дозируемого материала, а именно от угла естественного откоса этого материала. Такая зависимость не позволяет однозначно определить величину H_{po} , что вызывает затруднение.

Целью данной работы является нахождение или назначение функциональной связи H_{po} с другими геометрическими параметрами дозатора.

Основная часть

Для выявления возможной однозначности в определении высоты кольца были проведены поисковые опыты с кольцами разной высоты, но одинакового диаметра. При этом для каждого варианта кольца изменяли радиус кривошипа, чем обеспечивали отбор проб при разной производительности дозатора – от минимальной до максимальной. Отбирались 11 проб в пятикратной повторности.

Критерием оценки был выбран показатель неточности процесса дозирования как один из основных показателей качества работы любого дозатора, выражаемый коэффициентом вариации:

$$v = \frac{\sigma}{\bar{G}} \times 100\%,$$

где \bar{G} – среднеарифметическое выборки проб, кг;

σ – среднеквадратическое отклонение выборки проб, кг.

Результаты опытов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Погрешность дозирования при разной высоте кольца

Высота кольца <i>H_{po}</i> , мм	Диаметр кольца <i>D_{po}</i> , мм	Время отбора пробы, <i>c</i>	Радиус кривошипа <i>R_{кр}</i> , мм	Средняя величина пробы \bar{G} , кг	Производительность дозатора, <i>т/ч</i>	Коэффициент вариации <i>v</i> , %
5	150	Нарушение рабочего процесса				
7	150	9,65	3	0,055	0,227	7,1
			6	0,105	0,440	3,9
			9	0,114	0,466	4,9
			12	0,120	0,491	4,0
			15	0,123	0,505	4,2
10	150	9,65	3	0,107	0,441	4,9
			9	0,205	0,840	4,3
			13	0,359	1,474	3,4
			15	0,367	1,506	3,3
			17	0,378	1,552	3,5
15	150	9,65	3	0,271	1,110	3,3
			6	0,278	1,140	3,9
			11	0,551	2,260	2,9
			13	0,708	2,905	2,8
			15	0,718	2,946	2,7
			17	0,794	3,259	2,8
21	0,934	3,832	2,6			
25	150	Рабочий процесс не выполнялся				

Прежде чем анализировать результаты опытов, необходимо пояснить причину нарушения рабочего процесса дозатора с 5 мм кольцом и отсутствие рабочего процесса дозатора с 25 мм кольцом.

При попытке отбора проб с 5 мм кольцом было визуально обнаружено большое количество разрушенных гранул удобрения. Для этого даже не потребовалось просеивания дозированного материала.

Это можно объяснить только тем, что основной размер гранул составлял 3 мм и был сопоставим размеру высоты кольца. В результате защемления между кольцом и нижними срезами бункера и защитного конуса гранулы разрушались. С увеличением радиуса кривошипа, а значит и с увеличением скорости подвода гранул в зону защемления эффект разрушения гранул увеличивался. Поэтому опыты с 5 мм кольцом были прекращены.

При попытке отбора проб с 25 мм кольцом происходило деформирование самого кольца. Попытки усилить конструкцию кольца не дали положительных результатов. Поэтому опыты с 25 мм кольцом также были прекращены.

Результаты опытов с тремя оставшимися кольцами показали, что:

- с 7 мм кольцом погрешность дозирования составила 3,9...7,1%;
- с 10 мм кольцом погрешность дозирования составила 3,3...4,9%;
- с 15 мм кольцом погрешность дозирования составила 2,6...3,9%.

Очевидно, что дозирование с 7 мм кольцом дает достаточно высокую погрешность. Средняя погрешность составляет 4,8%, но это значение очень близко к допустимому пределу в 5%, установленному агротребованиями для объемных дозаторов.

Погрешности при 10 мм кольце укладываются в допустимый предел. Средняя погрешность составила 3,9%. Однако следует заметить, что верхняя граница диапазона погрешности дозирования в 4,9% очень близко подошла к допустимому пределу погрешности.

Дозирование с 15 мм кольцом дало хорошие результаты. Средняя погрешность составила 3% при верхнем пределе диапазона погрешностей 3,9%. Это соответствует средней погрешности с 10 мм кольцом.

Учитывая вышеуказанные замечания, стохастический характер процесса дозирования, выбираем кольцо высотой 15 мм. Можно быть уверенным, что дозирование с таким кольцом не приведет к превышению допустимого предела погрешности.

Для однозначного выбора высоты кольца определим связь между высотой кольца и его диаметром. Для этого введем дополнительную безразмерную величину в виде постоянного коэффициента кольца – K_{po} . Он представляет отношение высоты кольца H_{po} к его диаметру D_{po} , то есть:

$$K_{po} = \frac{H_{po}}{D_{po}}.$$

В данном случае $H_{po} = 15$ мм при $D_{po} = 150$ мм.

Тогда

$$\dot{I}_{\delta i} = \hat{E}_{\delta i} \cdot \ddot{A}_{\delta i} = \frac{15}{150} \cdot \ddot{A}_{\delta i} = 0,1 \cdot \ddot{A}_{\delta i}. \quad (3)$$

Анализируя выражения (1), (2) и (3), можно сделать вывод, что все размеры выражены через один геометрический параметр кольцевого дозатора.

Таким образом, установлена взаимосвязь всех геометрических параметров кольцевого дозатора в виде следующих зависимостей:

$$D_o = \frac{1}{2} D_{po}; \quad D_m = \frac{3}{2} D_{po}; \quad H_{po} = 0,1 D_{po}.$$

Заключение

1. Проведенные поисковые опыты позволили выявить из ряда колец одинакового диаметра, но разной высоты, такое кольцо, которое дает наименьшую погрешность при работе дозатора. Это позволило однозначно установить функциональную связь между высотой кольца и его диаметром через безразмерный коэффициент кольца: $H_{po} = 0,1 \times D_{po}$.

2. Задав любой единственный геометрический параметр дозатора и используя выражения $D_o = \frac{1}{2} D_{po}$, $D_m = \frac{3}{2} D_{po}$ и $H_{po} = 0,1 D_{po}$, можно определить все остальные геометрические параметры кольцевого дозатора.

13.09.10.

УДК 631.333.93

А.С. Левченко

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси по
механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

РЕГУЛИРОВКА ПРОИЗВОДИ- ТЕЛЬНОСТИ КОЛЬЦЕВОГО ДО- ЗАТОРА

Введение

Основной характеристикой любого дозирующего устройства является его производительность. Чтобы использовать дозатор в заданном технологическом режиме, должна быть возможность регулирования его производительности. Это достигается различными способами, зависящими от типа и конструкции дозатора.

Кольцевой дозатор является дозатором непрерывного действия объемного типа тарельчатой конструкции. Активный рабочий орган в виде замкнутого кольца, двигаясь по круговой траектории в плоскости тарелки, наружной поверхностью сталкивает материал с тарелки через ее внешний край, а материал, замкнутый внутри кольца, надвигается на отверстие тарелки.

Перед нами стоит задача: каким образом регулировать производительность кольцевого дозатора.

Основная часть

Хотя кольцевой дозатор выполняет непрерывное объемное дозирование, контроль его производительности осуществлялся путем взвешивания проб, то есть массовым способом. Поэтому его производительность выражается следующим образом [1]:

$$\dot{I} = 240\pi\gamma Hn(R_0 + r_0)R\dot{\epsilon}\delta, \quad (m/ч),$$

где 240 – общий числовой коэффициент;
 γ – насыпная плотность материала дозирования, m/m^3 ;
 H – высота кольца, m ;
 n – частота обращения кольца, $мин^{-1}$;
 R_T – радиус тарелки, наружный, m ;
 r_0 – радиус отверстия в тарелке, m ;
 $R_{кр}$ – радиус кривошипа привода дозатора, m .

Проанализируем эту формулу на предмет влияния составляющих ее членов на производительность. Для удобства проведем группировку членов уравнения и запишем их в виде отдельных выражений:

$$\alpha = 60 \text{ – коэффициент размерности времени;} \quad (1)$$

$$s_0(t) = 4\pi H(R_T + r_0) \text{ – площадь определяющего сечения, } m^2; \quad (2)$$

$$V_0(t) = R_{кр}n \text{ – скорость потока в определяющем сечении, } m/мин; \quad (3)$$

$$\rho(t) = \gamma \text{ – насыпная плотность материала дозирования, } m/m^3. \quad (4)$$

Первое равенство (1) – коэффициент размерности времени. Его величина зависит от времени отбора пробы для определения производительности дозатора. Как правило, производительность дозаторов выражают в тоннах за 1 час основного времени, а отбор контрольных проб осуществляют в течение нескольких секунд или минут. Вот этот коэффициент и служит для приведения величины производительности за 1 час. Таким образом, коэффициент не может служить фактором регулирования производительности дозатора.

Второе равенство (2) – площадь определяющего сечения или сечение исходящего потока дозируемого материала. В него входят только конструктивные параметры дозатора. Исходя из конструкции дозатора, эти параметры имеют принципиальную взаимосвязь. Радиус (R_{po}) кольца является средним радиусом между наружным радиусом (R_m) тарелки и радиусом R_0 отверстия в тарелке, то есть:

$$R_{po} = \frac{R_T + R_0}{2}.$$

Отсюда следует, что изменение одного из этих размеров влечет обязательное изменение остальных. В итоге требуется изменение габаритов всего дозатора, то есть он должен быть другого типоразмера. Для исследования дозатора это вполне допустимо, но недопустимо при его промышленном использовании.

Изменение высоты (H) кольца также невозможно из-за установленной опытным путем [2] связи с его радиусом (R_{po}) следующей зависимостью:

$$H_{po} = 0,1 \times D_{po} = 0,2 \times R_{po}.$$

Поэтому регулировать производительность данного дозатора конструктивными параметрами нельзя.

Третье равенство (3) – скорость потока дозируемого материала в определяющем сечении. Членами этого равенства являются параметры привода дозатора: радиус кривошипа ($R_{кр}$) и частота его вращения (n).

Радиус кривошипа определяет радиус окружности, по которой движется центр кольца. Изменение длины кривошипа не влечет изменения конструктивных параметров дозатора, но изменяет ширину кольцеобразного слоя материала, сталкиваемого с тарелки дозатора. Это значит, что изменение величины кривошипа изменяет сечение исходящего потока дозируемого материала, то есть выполняется регулирование производительности дозатора.

Частота вращения кривошипа определяет скорость обращения кольца, а значит и скорость исходящего потока дозируемого материала. Это тоже позволяет регулировать производительность путем изменения объема сталкиваемого материала в единицу времени.

Четвертое равенство (4) – насыпная плотность материала дозирования. Разные удобрения имеют разную плотность, но изменчивость плотности материала не влияет на производительность объемного дозатора, каким является кольцевой дозатор. Поэтому плотность материала не может служить фактором регулирования производительности дозатора.

Таким образом, установлено, что регулировать производительность дозатора возможно изменением радиуса ($R_{кр}$) кривошипа и изменением частоты (n) вращения кривошипа.

Остается выяснить, какой из выявленных способов регулирования более эффективен, то есть каким из них следует выполнять регулировку.

Для этого был проведен ряд опытов. Результаты опытов представлены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4 – Энергоемкость – частота вращения кривошипа

Радиус кривошипа $R_{кр}, м$	Частота вращения кривошипа $n, мин^{-1}$	Производительность $П, т/ч$	Средняя мощность $W, Вт$	Удельная мощность $w, \frac{А\dot{\sigma} \times \div}{\dot{\sigma}}$
0,005	47	0,369	285	772
	99	0,493	364	738
	168	1,334	371	278
	283	1,869	464	248
0,011	47	0,746	300	402
	99	1,192	293	246
	168	2,001	376	188
	283	3,183	469	147
0,015	47	0,990	314	317
	99	1,566	309	197
	168	2,547	390	153
	283	4,113	496	121
0,021	47	1,333	303	277
	99	1,881	308	164
	168	3,336	402	120
	283	5,110	464	91
0,025	47	1,581	277	175
	99	2,271	315	139
	168	3,936	426	108
	283	5,286	560	106

Оценивание изменения производительности (Π) от изменения радиуса ($R_{кр}$) кривошипа и частоты (n) его вращения не проясняет преимущества того или иного способа регулировки. Как видно из таблицы, при увеличении ($R_{кр}$) и (n) наблюдается соответствующее увеличение производительности. Аналогичная ситуация наблюдается и с мощностными затратами.

Тогда была сделана попытка оценить способы регулирования через отношение потребленной мощности (W) к производительности (Π), то есть через удельную мощность:

$$w = \frac{W}{\Pi}, \quad \left(\frac{\dot{A} \dot{\delta} \times \dot{\nu}}{\dot{\delta}} \right).$$

Оказалось, что с увеличением как регулирующих факторов ($R_{кр}$) и (n), так и производительности (Π) с мощностью (W) удельная мощность (w) снижается.

Таблица 5 – Энергоемкость – радиус кривошипа

Радиус кривошипа $R_{кр}, м$	Частота вращения кривошипа $n, мин^{-1}$	Производительность $\Pi, м/ч$	Средняя мощность $W, Вт$	Удельная мощность $w, \frac{\dot{A} \dot{\delta} \times \dot{\nu}}{\dot{\delta}}$
5	47	0,369	285	772
11		0,746	300	402
15		0,990	314	317
21		1,333	303	277
25		1,581	277	175
5	99	0,493	364	738
11		1,192	293	246
15		1,566	309	197
21		1,881	308	164
25		2,271	315	139
5	168	1,334	371	278
11		2,001	376	188
15		2,547	390	153
21		3,336	402	120
25		3,936	426	108
5	283	3,936	426	108
11		3,183	469	147
15		4,113	496	121
21		5,110	464	91
25		5,286	560	106

При анализе обеих таблиц было замечено, что изменение радиуса кривошипа при постоянной частоте его вращения (см. таблицу 5) в большей степени снижает удельную мощность, чем изменение частоты вращения кривошипа при его постоянном радиусе (см. таблицу 4). Так, исходя из таблицы 4, удельная мощность снижается в среднем в 2,5 раза, а исходя из таблицы 5 – в среднем в 4,5 раза. Это значит, что регулирование производительности лучше выполнять путем изменения величины радиуса кривошипа при постоянной назначенной частоте вращения кривошипа.

Заключение

1. Анализ формулы производительности кольцевого дозатора позволил выявить регулирующие факторы его производительности. Это радиус кривошипа $R_{кр}$ (м) и частота вращения кривошипа n ($мин^{-1}$).

2. Оценку эффективности способа регулирования производительности дозатора лучше выполнять по удельной мощности: $w = \frac{W}{\Pi}, \left(\frac{А\dot{\delta} \times \ddot{\delta}}{\delta} \right)$.

3. Более эффективным способом регулирования производительности признан способ изменения радиуса кривошипа ($R_{кр}$).

13.09.10.

Литература

1. Разработка кольцевых дозаторов сыпучих минеральных удобрений / Л.Я. Степук [и др.] // Механизация почвообработки, приготовления и использования удобрений: сб. – Минск: БЕЛНИИМСХ, 1996. – С. 107-115.

2. Левченко, А.С. Выбор геометрических параметров кольцевого дозатора / А.С. Левченко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 13-16.

УДК 631.333 (476)

В.В. Голдыбан, А.А. Жешко
(РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕКУЧЕСТИ ТВЕРДЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Введение

Разработка новых и совершенствование существующих типов подающих устройств машин для внесения твердых минеральных удобрений требует всестороннего изучения комплексных характеристик рабочего материала (прочностных характеристик удобрений и сил взаимодействия между их соприкасающимися частицами). Удобрения представляют собой среду, в которой работают подающие устройства, поэтому их комплексные характеристики ложатся в основу расчета подающих устройств.

Недостаточная изученность комплексных характеристик удобрений приводит к тому, что вначале разрабатывают подающее устройство, а затем приспособливают его к данной среде и условиям работы, в результате чего устройство получается чрезмерно энергоемким и металлоемким.

Прочностные характеристики гранулированных минеральных удобрений по аналогии с характеристиками других сыпучих материалов могут быть выражены предельным напряжением сдвига, растяжения и сжатия, что позволяет применить к ним классические положения механики твердых тел.

Силы взаимодействия между соприкасающимися частицами удобрений, препятствующие их разъединению, то есть силы трения и аутогезии, служат аналогами сил межмолекулярного взаимодействия, которые обеспечивают прочность сплошного тела.

Предметом настоящей работы является рассмотрение аутогезии и ее влияния на поведение твердых минеральных удобрений в кузовных машинах.

Основная часть

Трение, возникающее в точках контакта между частицами удобрений при их взаимном перемещении, называют внутренним трением. Трение частиц удобрений о стенки кузова – внешним. Удобрения, в которых аутогезия практически отсутствует, оказывают сопротивление сжатию и изменению объема только за счет сил трения. Такие материалы называют несвязными. Сдвиговая деформация таких материалов описывается законом Кулона, согласно которому сопротивление сдвигу τ пропорционально коэффициенту внутреннего трения f и сжимающей нагрузке σ_n , действующей нормально к плоскости сдвига: $\tau = f\sigma_n$.

В координатах τ и σ закон Кулона представлен прямой линией, проходящей через начало координат (рисунок 5). Линия, выражающая соотношение между сопротивлением сдвигу τ и нормальной сжимающей нагрузкой σ_n , называется линией предела текучести. Тангенс угла наклона этой прямой к оси нормальных напряжений равен коэффициенту внутреннего трения удобрений. Угол внутреннего трения φ зависит от плотности удобрений и абсолютной величины нормальных напряжений.

Напряжения в любой точке, принадлежащей линии предела текучести, могут быть представлены графически посредством круга напряжений Мора.

Круг Мора имеет центр на оси σ_n в точке O с абсциссой $(\sigma_1 + \sigma_3)/2$ и радиусом $r = (\sigma_1 - \sigma_3)/2$, где σ_1 и σ_3 – наибольшее и наименьшее главные уплотняющие напряжения. Каждая точка на круге Мора (например, точка A) показывает величину нормальных (абсцисса) и сдвигающих (ордината) напряжений на площадке внутри удобрений, наклоненной по отношению к направлению большого главного напряжения σ_1 под углом β .

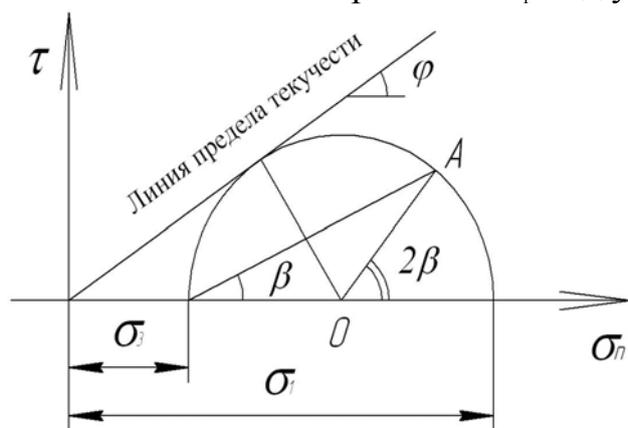


Рисунок 5 – Диаграмма предельных напряжений при сдвиге (круг Мора)

Условие деформации сдвига, выражаемое линией предела текучести, выполняется в том случае, если круг Мора касается этой линии. Выше линии предела текучести находится область течения материала. В точках, расположенных ниже линии предела текучести, материал можно рассматривать как жесткое тело. Таким образом, линии предела текучести могут служить основой для определения параметров, характеризующих внутреннее трение и прочностные свойства удобрений.

Свойства удобрений, не обладающих аутогезией и подчиняющихся закону Кулона, однозначно определяются единственным параметром – углом внутрен-

него трения φ . Так, гранулированный суперфосфат и гранулированная аммиачная селитра сцеплением не обладают и практически не упрочняются под действием давлений, возникающих при их транспортировании в кузове [1, с. 99]. Чтобы вызвать сдвиг в таких материалах, достаточно определить их угол внутреннего трения φ .

Удобрения, обладающие сцеплением между частицами (калий хлористый, карбамид, калийная соль), упрочняются под действием внешнего давления. В этих удобрениях при наличии аутогезии добавляется второй параметр – сцепление C . Так, например, у гранулированного суперфосфата сцепление равно нулю, а у кристаллического хлористого калия, состоящего из более мелких фракций, оно равно 35 Па [1, с. 99, таблица 8].

Если угол φ характеризует фрикционные свойства, то сцепление C отражает способность материала к течению.

В среде минеральных удобрений с повышенным содержанием влаги помимо нормальной нагрузки и сцепления между частицами действуют силы аутогезионного взаимодействия в плоскости сдвига, численно равные прочности на разрыв. Для таких удобрений взаимосвязь между τ и σ выражается уравнением Уоррен-Спринга [2, с. 50]:

$$\left(\frac{\tau}{C}\right)^N = \frac{\sigma + T}{T}, \quad (1)$$

где C – сопротивление материала сдвигу при отсутствии внешней уплотняющей нагрузки (сцепление), Па ;

N – индекс сдвига, определяемый экспериментально и изменяющийся от 1 до 2;

T – сопротивление на разрыв, Па .

На рисунке 6 представлена линия предела текучести ($ЛТ$), построенная по выражению (1). Круг с большим главным уплотняющим напряжением σ_1 касается линии предела текучести в точке, представляющей состояние установившегося истечения, то есть когда истечение материала из кузова происходит без изменения напряжений и объема. Прямая линия, проходящая через начало координат и касающаяся круга Мора для напряжений, соответствующих состоянию установившегося истечения материала, называется линией эффективного предела текучести $ЭЛТ$. Угол наклона ее к горизонтальной оси называется эффективным углом внутреннего трения, $\varphi' = 30 \div 70^\circ$ [3, с. 198].

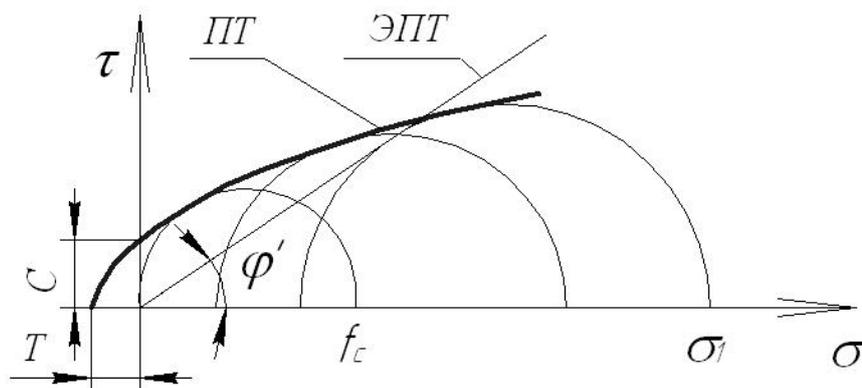


Рисунок 6 – Диаграмма предельных напряжений при сдвиге удобрений, обладающих аутогезией

Линии предела текучести строят по экспериментальным данным, полученным на сдвиговых приборах [4, с. 76, 5, 6]. С помощью этих линий можно произвести оценку текучести сыпучих материалов и определить исходные параметры, необходимые при расчетах кузовов, бункеров и их элементов.

Сдвиговые приборы обычно представляют собой ячейку, состоящую из двух частей, с горизонтальной либо наклонной плоскостью разъема (рисунок 7).

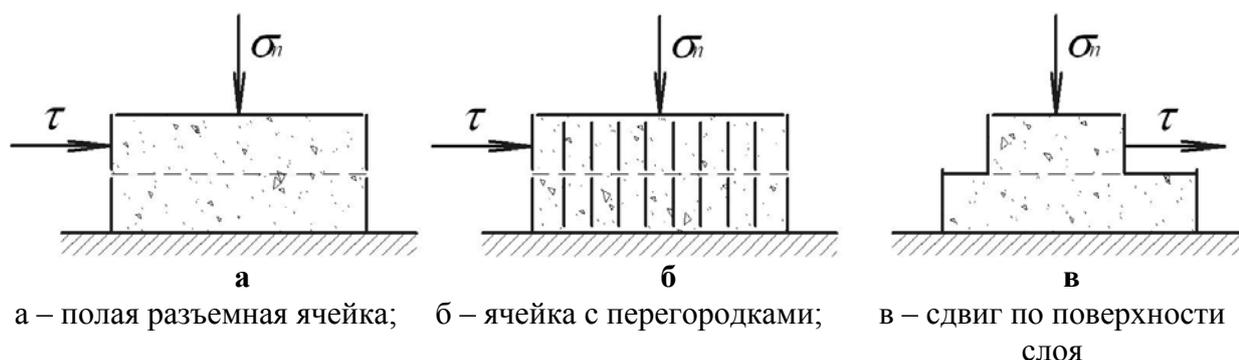


Рисунок 7 – Принципиальные схемы приборов для линейного плоского сдвига

При смещении частей ячейки, заполненной материалом, друг относительно друга в плоскости разъема возникает структурная деформация образца, а регистрируемая сдвиговая нагрузка τ принимает устойчивое значение. Полученную точку наносят на график $\tau = f(\sigma_n)$.

Для построения линии предела текучести необходимо получить несколько таких точек при различных нормальных нагрузках σ_n (рисунок 8). Как правило, для этого применяют заранее подготовленный сыпучий материал.

После построения линии предела текучести строят полукруг Мора, проходящий через начало координат.

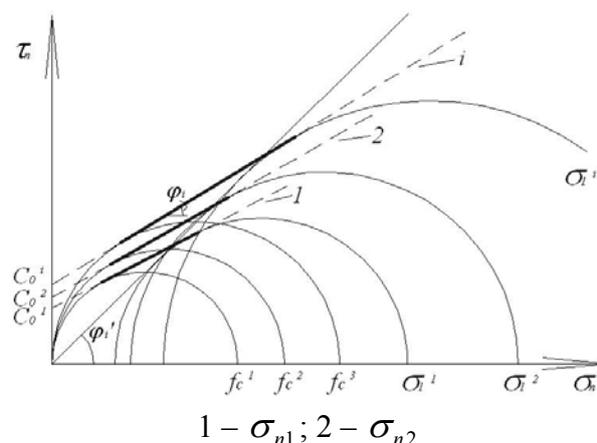


Рисунок 8 – Линии пределов текучести образцов материала, уплотненных различными нагрузками

Этот полукруг характеризует граничное предельное напряженное состояние у свободной поверхности, например у выпускного отверстия кузова на поверхности свода материала. Точка пересечения полукруга с осью дает величину так называемого напряжения свободного истечения f_c . Эта величина по физическому смыслу представляет собой прочность образца у открытой боковой поверхности сыпучего тела при его осевом сжатии.

Значение напряжения свободного истечения f_c и сцепления C меняется в зависимости от плотности образца, поэтому для сравнительной характеристики текучести сыпучего материала предложено использовать зависимость напряжения свободного истечения от главного уплотняющего напряжения $f_c(\sigma_1)$, полученную в результате обработки каждой из линий пределов текучести (рисунок 8). Эта зависимость представляет собой

кривую, которую Дженике назвал «функцией истечения» f_u [7, с. 30]. По своему физическому смыслу функция f_u характеризует не установившееся течение, а только его начало, то есть разрушение гранулированного тела и переход его из статического состояния в динамическое. Поэтому данную зависимость в литературе иногда называют «функцией разрушения» (*failure function*).

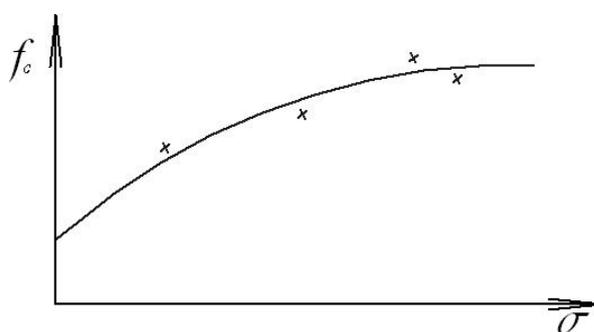


Рисунок 9 – Кривая функции истечения

В общем случае функция истечения изображается выпуклой кверху кривой, как показано на рисунке 9.

По величине отношения $f_u = \sigma_1 / f_c$, пользуясь градациями, приведенными в таблице 6, можно оценить поведение сыпучего материала.

Таблица 6 – Характеристики текучести сыпучих материалов [3, с. 200, таблица 5]

$f_u = \frac{\sigma_1}{f_c}$	Индекс сдвига N	Характеристики текучести материалов
>10	1,01–1,1	свободнотекучие
4–10	1,1–1,3	легкотекучие
2–4	1,3–1,7	среднотекучие
<2	1,7–2,0	плохотекучие

Включенный в таблицу индекс N характеризует долю работы при сдвиге, затрачиваемую на преодоление внешней нагрузки вследствие увеличения объема материала, и поэтому также относится к нестационарному течению сыпучего материала. Чем больше N , тем более выпуклый вид имеет линия предела текучести и тем хуже текучесть материала.

При построении линий предела текучести имеет место разброс опытных данных, вследствие чего возникает необходимость экстраполяции линий, что

служит серьезным источником погрешностей, в том числе субъективных. Поэтому применение математических методов анализа данных с помощью компьютера существенно повысит точность определения параметров, необходимых при расчете элементов кузова удобренческих машин, а также сократит затраты времени на обработку данных.

Заключение

Построенная по результатам испытаний на сдвиг кривая функции истечения, наряду с результатами теоретических исследований напряженного состояния удобрений, выгружаемых подающим устройством из кузова [8], ложится в основу выбора параметров, обеспечивающих работоспособность подающего устройства под слоем материала, а также может быть использована для обоснования рациональной схемы расположения подающего устройства в кузове.

01.06.10.

Литература

1. Назаров, С.И. Обоснование параметров питателей машин для подготовки и внесения минеральных удобрений / С.И. Назаров / Вопросы сельскохозяйственной механики. – Минск, 1970. – Т. 18. – С. 78-213.
2. Stainforth, P.T. Flow Property Analysis of Irregular Powders / P.T. Stainforth, R.E.R. Berry // Powder Technology. – 1975. – Vol. 12. – P. 29-36.
3. Зимон, А.Д. Аутогезия сыпучих материалов / А.Д. Зимон, Е.И. Адрианов. – М.: Металлургия, 1978. – 287 с.
4. Адрианов, Е.И. Методы определения структурно-механических характеристик порошкообразных материалов / Е.И. Адрианов. – М.: Химия, 1982. – 256 с.
5. Johanson, K Effect of Particle Shape on Unconfined Yield Strength / K. Johanson // Powder Technology. – 2009. – Vol. 194. – P. 246-251.
6. Palma, G. Propriedades fisicas de alguns produtos armazenados [Исследование физических свойств двадцати пяти типов продуктов, хранящихся в силосе, с помощью прибора для измерения сдвигающего усилия Jenike Shear Tester] / G. Palma, Calil Junior C. // Rev. brasil. Armazenamento. – 2005. – Vol. 30, N 1. – P. 65-72.
7. Дженике, Э.В. Складирование и выпуск сыпучих материалов / Э.В. Дженике. – М.: Мир, 1968. – 159 с.
8. Голдыбан, В.В. Теоретические основы к проектированию шнековых подающих устройств удобренческих машин / В.В. Голдыбан // Науч.-технич. прогресс в с/х пр-ве: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 21–22 октября 2009 г. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»; под ред. П.П. Казакевича. В 3 т.: Т.1. – Минск, 2009. – С. 196-202.

УДК 631.333 (476)
В.В. Голдыбан, А.А. Жешко
(*РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь*)

МЕТОДИКА РАСЧЕТА МАКСИМАЛЬНОГО СВОДООБРАЗУЮЩЕГО РАЗМЕРА ОПАСНОГО СЕЧЕНИЯ КУЗОВА

Введение

Истечение или зависание удобрений, склонных к аутогезии, в кузовах прицепных машин определяется напряженным состоянием свода, который образуется в канале истечения над опасным сечением кузова. Прочность материала на поверхности свода характеризуется напряжением свободного истечения f_c . Величина f_c зависит от наибольшего уплотняющего напряжения σ_1 , которое действует в канале истечения. Кривая, построенная для конкретных значений σ_1 и соответствующих им напряжений f_c , получила название функции истечения. Функция истечения является исходной информацией для определения максимального сводообразующего размера опасного сечения кузова. Опасное сечение, о котором идет речь, представляет собой самую узкую часть кузова, через которую движется материал в направлении подающего устройства.

Основная часть

Кривая функции истечения строится по результатам испытаний на сдвиг образцов удобрений, уплотненных различными нагрузками. Для этой цели использовался несколько модернизированный для создания малых нагрузок прибор конструкции Литвинова. В качестве исследуемого материала был выбран кристаллический хлористый калий, как наиболее склонный к аутогезии.

Удобрения загружали во внутреннюю полость верхней неподвижной и нижней подвижной обойм прибора и разравнивали. Начальные показания динамометра горизонтальных перемещений устанавливали на нуль.

Для плавного нагружения рычага к нему навешивался сосуд, в который с помощью резинового шланга подавалась равномерной струей вода. В момент начала движения нижней обоймы, который контролировался с помощью индикатора, подача воды из бачка прекращалась. После этого сосуд с водой взвешивался.

Для получения семейства линий предела текучести проводили серию измерений при разной нормальной нагрузке σ_n на образец материала, уплотненного под действием одного и того же усилия σ_c , причем $\sigma_n < \sigma_c$. Такие же измерения проводили при других значениях σ_c и получали семейство линий предела текучести, каждая из которых относится к определенной плотности образца. Были выбраны следующие уплотняющие усилия: 160 Па, 360 Па, 580 Па, 780 Па, 980 Па. После каждого измерения сдвигающей нагрузки удобрения в обоймах тщательно взрыхляли.

Данные исследований по определению предельных касательных напряжений сдвига и нормальных напряжений сжатия представлены на рисунке 10.

Из-за неудовлетворительной работы прибора в области малых нагрузок σ_n для построения круга Мора и определения величины f_c линии предела текучести экстраполируют в эту область на основании опытных данных, полученных при более высоких нагрузках.

Согласно исследованиям Эштона [1] и Уильямса [2], для построения линий предела текучести может использоваться уравнение Уоррен-Спринга, которое представим в следующем виде:

$$\sigma = b\tau^N - T, \quad (1)$$

где $b = \frac{T}{C^N}$ – коэффициент;

T – сопротивление на разрыв, $Па$;

C – сопротивление материала сдвигу при отсутствии внешней уплотняющей нагрузки (сцепление), $Па$;

N – коэффициент (индекс сдвига), определяемый экспериментально и изменяющийся от 1 до 2;

τ – сопротивление сдвигу, $Па$.

На основании приведенного уравнения можно упростить процедуру испытаний материала и определения его параметров, необходимых для расчета подающего устройства.

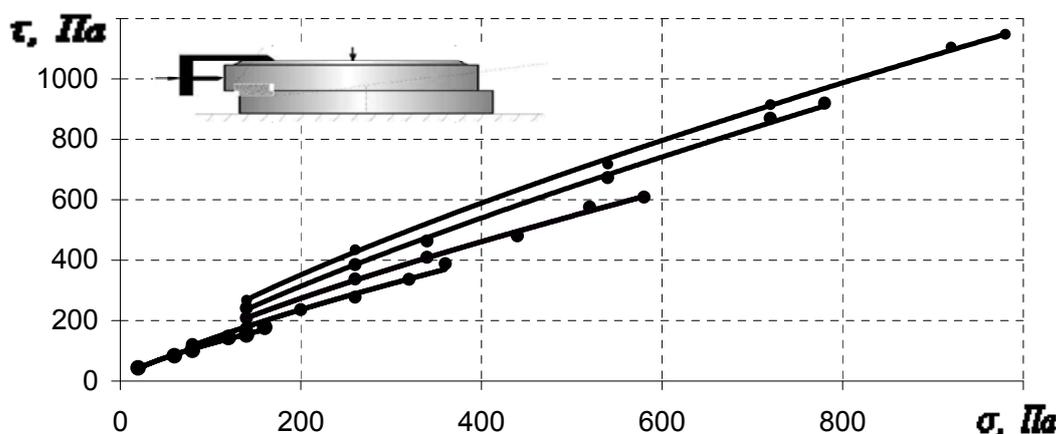


Рисунок 10 – Экспериментальные линии предела текучести, полученные при различной степени уплотнения удобрений: 160 Па, 360 Па, 580 Па, 780 Па, 980 Па

Способ построения линии предела текучести основан на использовании линейной регрессии [3, с.72], получаемой после линеаризации уравнения (1).

Для сведения нелинейной регрессии к линейной вида $y = a + bx$ введем следующую замену:

$$y = \sigma, \quad x = \tau^N, \quad a = T. \quad (2)$$

Линейный парный регрессионный анализ заключается в определении параметров эмпирической зависимости $y = a + bx$ путем решения системы нормальных уравнений способом наименьших квадратов [4, с.135]:

$$\begin{cases} wk + u \sum_{i=1}^k x_i = \sum_{i=1}^k y_i; \\ w \sum_{i=1}^k x_i + u \sum_{i=1}^k x_i = \sum_{i=1}^k x_i y_i, \end{cases} \quad (3)$$

где k – число опытов при одной уплотняющей нагрузке.

Решение этой системы:

$$\begin{cases} u = \frac{\sum_{i=1}^k x_i \sum_{i=1}^k y_i - k \sum_{i=1}^k x_i y_i}{\left(\sum_{i=1}^k x_i\right)^2 - k \sum_{i=1}^k x_i^2}; \\ w = \frac{1}{k} \left(\sum_{i=1}^k y_i - u \sum_{i=1}^k x_i \right). \end{cases} \quad (4)$$

Тесноту (силу) прямолинейной корреляционной зависимости измерим с помощью коэффициента парной корреляции (r):

$$r = \frac{\sum_{i=1}^k x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^k x_i - \sum_{i=1}^k y_i\right) / k}{\sqrt{\sum_{i=1}^k x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^k x_i\right)^2 / k} \sqrt{\sum_{i=1}^k y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^k y_i\right)^2 / k}}. \quad (5)$$

Сцепление и усилие на разрыв определим по выражениям: $C = \left(\frac{U}{Abs(w)}\right)^{1/N}$ и

$T = w$.

Исходными данными для расчетов являются результаты испытаний на сдвиг образцов удобрений при различной уплотняющей нагрузке.

Для повышения точности построения линий предела текучести по алгоритму, предложенному в работе [3, с.74], разработан исходный программный код на языке Visual Basic для приложения Microsoft Excel.

Результаты расчета по предлагаемому методу приведены в таблице 7 и на рисунке 11.

Таблица 7 – Обработка результатов сдвигового эксперимента

№ опыта	$T, Па$	$C, Па$	N	r	U
1	10,50	17,94	1,23	0,9967	0,30
2	32,94	39,62	1,11	0,9985	0,55
3	43,91	59,57	1,13	0,9970	0,43
4	45,06	67,68	1,11	0,9997	0,42
5	34,12	72,25	1,22	0,9996	0,18

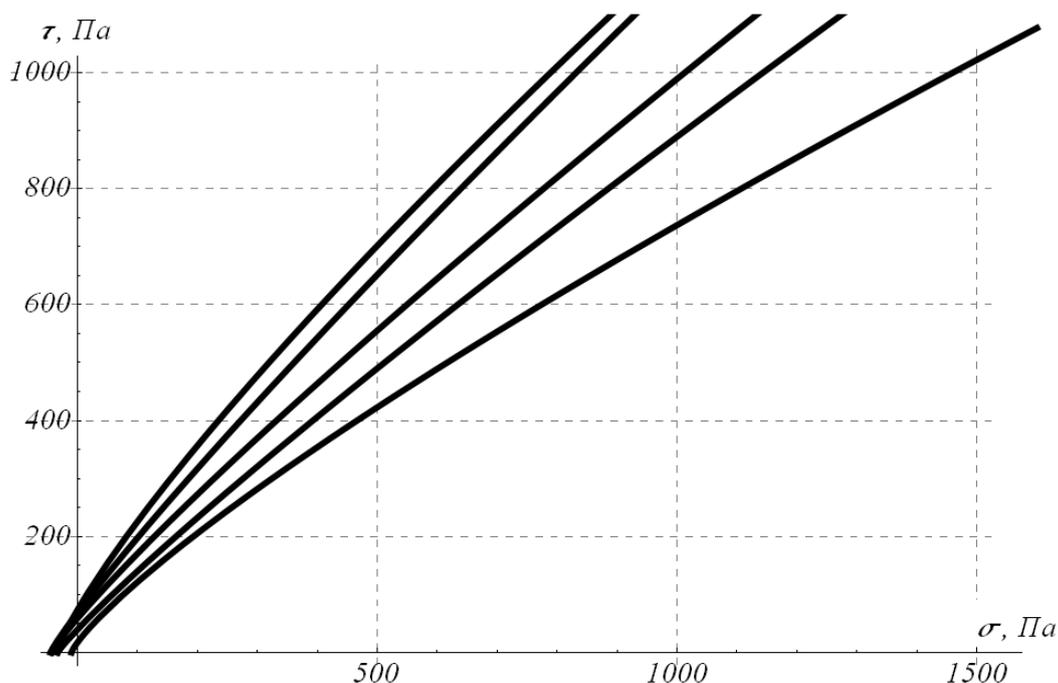


Рисунок 11 – Экстраполированные линии предела текучести

Результаты построения линий предела текучести по предложенной методике позволили получить значения индекса сдвига N для хлористого калия в пределах $1,11 \div 1,23$, это позволяет отнести исследуемый материал к категории «легкотекучие».

Данные таблицы 7 являются исходной информацией для построения кривой функции истечения, для чего отыскивается взаимосвязь между напряжением свободного истечения f_c и главным уплотняющим напряжением σ_1 :

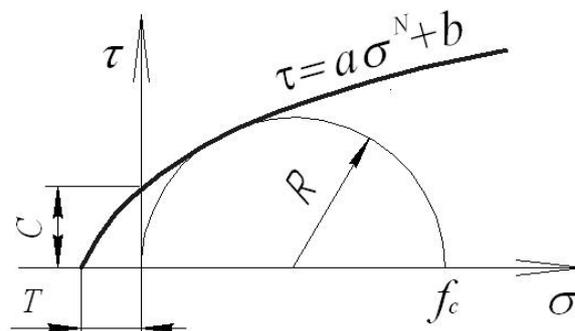


Рисунок 12 – Диаграмма к определению напряжения свободного истечения

$$f_c = f(\sigma_1). \quad (6)$$

Величина f_c представляет собой длину отрезка оси σ , отсекаемую кругом Мора, проведенным касательно к линии предела текучести и проходящим через начало координат (рисунок 12).

Наибольшее главное напряжение σ_1 определится как координата точки пересечения круга Мора, проходящего через точку уплотняющего напряжения и проведенного касательно к линии предела текучести с осью σ , причем значению σ_1 соответствует наибольший отрезок (рисунок 13).

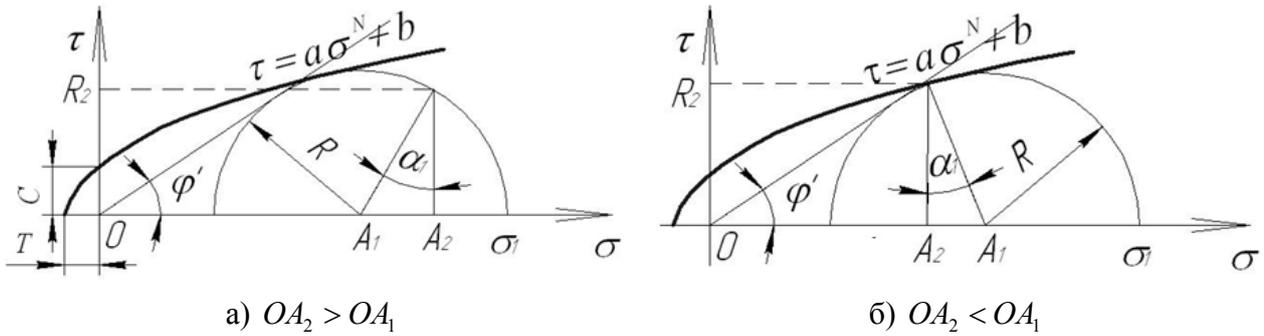


Рисунок 13 – Диаграммы к определению наибольшего уплотняющего напряжения

Построения зависимости $f_c = f(\sigma_1)$ выполним в несколько этапов:

- 1) определим значение f_c ;
- 2) определим значение σ_1 ;
- 3) установим взаимосвязь между f_c и σ_1 .

Задача по определению f_c решается следующим образом. В соответствии с изложенным выше соотношением между величинами σ_1 и τ представлено выражением $y = u + wx$.

Затем методом простых итераций решаем относительно x следующую систему уравнений [6, с.160; 7, с.110]:

$$\begin{cases} y = \left(\frac{x+w}{u} \right)^{1/N}; & (7) \end{cases}$$

$$\begin{cases} y = \sqrt{2Rx - x^2}. & (8) \end{cases}$$

Выражение (7) представляет собой уравнение линии предела текучести, а выражение (8) – уравнение окружности радиусом R , проходящей через начало координат.

В качестве начального приближения примем значение $R = \left(\frac{a}{b} \right)^{1/N}$, точность вычислений $\varepsilon = 1 \cdot 10^{-4}$.

Если при данном R величина x становится больше R , значит при данном R система не имеет решений. Величина R увеличивается на величину R_1 , и поиск решения системы повторяется. Если величина y уравнения (7) станет больше значения y уравнения (8), то R уменьшится на величину R_1 и станет равной $0,5R_1$. Поиск решения будет повторяться до тех пор, пока разница между значениями y уравнений (7) и (8) не станет равной $0,0001R$. В этом случае система считается решенной, а величина f_c равна $2R$.

Значение σ_1 находится путем решения системы уравнений:

$$\begin{cases} y = \left(\frac{x+w}{u} \right)^{1/N}; & (9) \end{cases}$$

$$\begin{cases} y = \sqrt{R^2 - (x - OA_1)^2}, & (10) \end{cases}$$

где OA_1 – расстояние от начала координат до центра окружности, лежащего на оси σ (рисунок 13а).

Решение системы находится методом итераций. Первоначальное значение радиуса R принимается равным $R = \tau_n / \cos \alpha_1$, где τ_n – значение сопротивления сдвигу при уплотняющей нагрузке, α_1 – угол отклонения радиуса R от вертикали (рисунок 13а).

Первоначально значение α_1 принимается равным 10° , OA_1 определится как:

$$OA_1 = OA_2 - R_2 \operatorname{tg} \alpha_1, \quad (11)$$

где OA_2 – значение уплотняющей нагрузки, кг/м^2 .

Если при этих значениях OA_1 и α_1 система не имеет решений, а величина x становится больше величины OA_2 , то величина α_1 возрастает на величину $z_1 = 10^\circ$. Соответственно изменяется и величина OA_1 . Поиск решения при новых значениях α_1 и OA_1 повторяется. В том случае, если величина y уравнения (11) становится меньше величины y уравнения (10), значение OA_1 уменьшается на величину z_1 , величина z_1 становится равной $0,5 z_1$. Поиск решения продолжается до тех пор, пока разница между значениями y уравнений (10) и (11) не станет равной $0,001R$.

Если величина R станет больше величины OA_1 , то поиск решения проводится при значениях α_1 , уменьшающихся от 60° с шагом, равным 10° , причем величина OA_1 изменяется как:

$$OA_1 = OA_2 + R_2 \operatorname{tg} \alpha_1. \quad (12)$$

Графическая интерпретация случая, где необходимо использовать такой способ решения, представлена на рисунке 13б.

Для реализации метода определения f_c , σ_1 и установления зависимости $f_c = f(\sigma_1)$ с заданной точностью по алгоритму, предложенному в работе [3, с.84], разработан исходный код на языке Visual Basic.

Результаты расчета по предлагаемому методу приведены в таблице 8 и на рисунке 14.

Таблица 8 – Исходные данные к построению функции истечения

№ опыта	$\sigma_c, \text{Па}$	$\tau_c, \text{Па}$	$f_c, \text{Па}$	$\sigma_1, \text{Па}$
1	160	178	105,4	525
2	360	388	200,6	1070
3	580	608	327,6	1920
4	780	920	406,1	3030
5	980	1148	514,8	4050

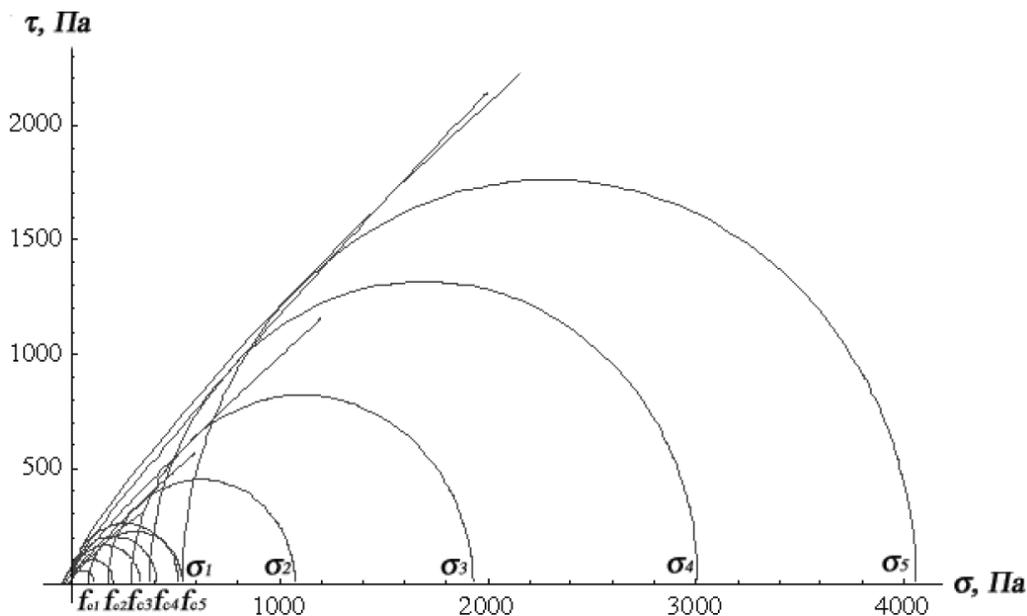


Рисунок 14 – Характеристики линий предела текучести удобрений, уплотненных различными нагрузками

Для определения максимального сводообразующего размера опасного сечения кузова по результатам испытаний на сдвиг строим график функции истечения $f_u = \sigma_1 / f_c$ (рисунок 15). Затем для каналов истечения различного сечения определяем значения коэффициента истечения k_u , представляющего собой отношение главного уплотняющего напряжения σ_1 к напряжению свободного истечения σ' [7]. Точка пересечения f_u и k_u является характеристикой критического состояния удобрений, загруженных в кузов. В этой точке равенство напряжения σ' и предела прочности образца на поверхности свода f_c определяет критическое состояние массы удобрений в кузове. Ниже нее происходит процесс сводообразования, выше – материал находится в движении.

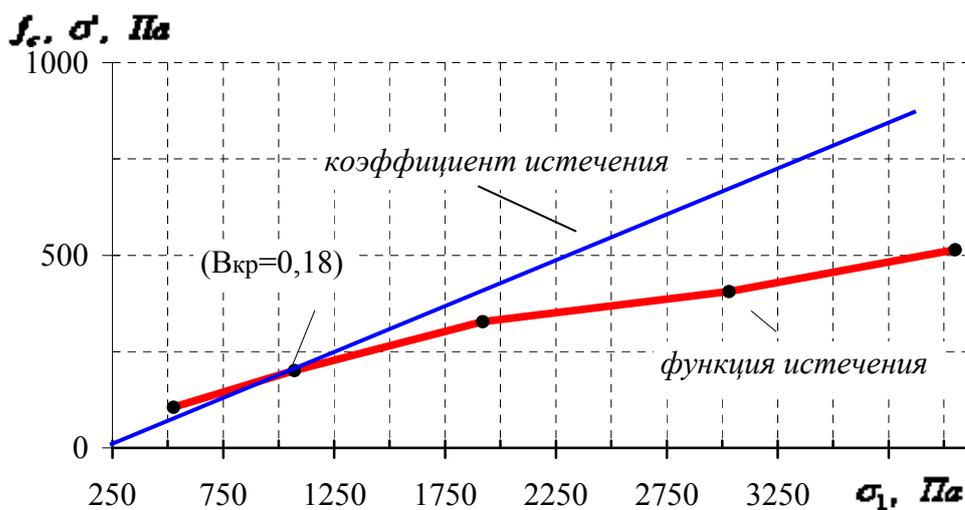


Рисунок 15 – К определению максимального сводообразующего размера опасного сечения кузова

Максимальный размер опасного сечения $B_{кр}$ определяется по выражению:

$$B_{ед} = \frac{f_e f_c}{g\gamma}, \quad (13)$$

где f_x – функции конструирования. Величина f_x определяется, в зависимости от угла внутреннего трения материала, по графику, предложенному в работе [8, с. 64].

Заключение

Предлагаемый метод расчета позволяет определить максимальный сводообразующий размер опасного сечения кузова на основании сопоставления прочности удобрений, полученной экспериментально, с расчетными условиями напряжения. При этом отпадает необходимость в громоздких и продолжительных экспериментах, связанных с эмпирическим нахождением этого размера.

01.06.10.

Литература

1. Ashton, M.D. Some Investigations into the Strength and Flow Properties of Powders / M.D. Ashton, D.C.-H. Cheng, R. Farley // *Rheologica Acta*. – 1965. – Vol. 4, № 3. – P. 206-218.
2. Williams, J.C. The Comparison of the Failure Measurements of Powder with Theory / J.C. Williams, A.H. Birks // *Powder Technology*. – 1967. – Vol. 1. – P. 199-206.
3. Пономаренко, С.Г. Метод расчета конструктивных размеров бункеров для сыпучих материалов: дис. ...канд. технич. наук: 05.04.09 / С.Г. Пономаренко. – Москва, 1990. – 165 с.
4. Сиденко, В.М. Основы научных исследований / В.М. Сиденко, И.М. Грушко. – Харьков: Вища шк., 1977. – 200 с.
5. Лапчик, М.П. Численные методы / М.П. Лапчик, М.И. Рагулина, Е.К. Хеннер. – М.: Академия, 2004. – 384 с.
6. Киреев, В.И. Численные методы в примерах и задачах / В.И. Киреев, А.В. Пантелеев. – М.: Высшая школа, 2004. – 480 с.
7. Голдыбан, В.В. Теоретические основы к проектированию шнековых подающих устройств удобрительных машин / В.В. Голдыбан // Науч.-технич. прогресс в с/х пр-ве: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 21–22 октября 2009 г. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»; под ред. П.П. Казакевича. В 3 т. – Минск, 2009. – Т.1. – С. 196-202.
- Каталымов, А.В. Дозирование сыпучих и вязких материалов / А.В. Каталымов, В.А. Любартович. – Л.: Химия, 1990. – 240 с.

УДК 622.331

**С.Ф. Бабарыка, В.Ф. Дидух,
И.Н. Дударев, И.В. Тараймович**
(Луцкий национальный технический
университет, г. Луцк, Украина)

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА
РАЗБРАСЫВАНИЯ ОРГАНИЧЕ-
СКИХ УДОБРЕНИЙ ВИНТОВЫМ
БИТЕРОМ**

Введение

Приоритетным направлением развития сельскохозяйственного производства Украины, которое обеспечит преодоление кризиса, является сохранение и повышение плодородия почв. Несоблюдение научно обоснованного соотношения между органическими и минеральными удобрениями при их внесении в

почву приводит к частичной деградации земли и, как результат, к ухудшению экономического состояния в аграрном секторе.

Почвы Волынской области нуждаются в органических и минеральных удобрениях, использование которых за последние 15 лет уменьшилось в 4–5 раз. Производство традиционных органических удобрений также сокращено. Альтернативным удобрением может быть сапропель пресноводных озер [1-4]. В состав сапропеля, помимо органических веществ, входят песчаные, известковые и другие примеси. Сапропель богат биологически активными веществами – гормонами, аминокислотами и др.

Следует отметить, что природные запасы этого ценного натурального био-реаниматора в Волынской области позволяют полностью покрыть потребность европейского рынка [5]. Вместе с тем на сегодняшний день ни одно из месторождений сапропеля в области не разрабатывается.

Для эффективного использования в качестве органического удобрения сапропель необходимо равномерно разбросать по полю и хорошо заделать в почву, чтобы предотвратить потери азота и его высыхание.

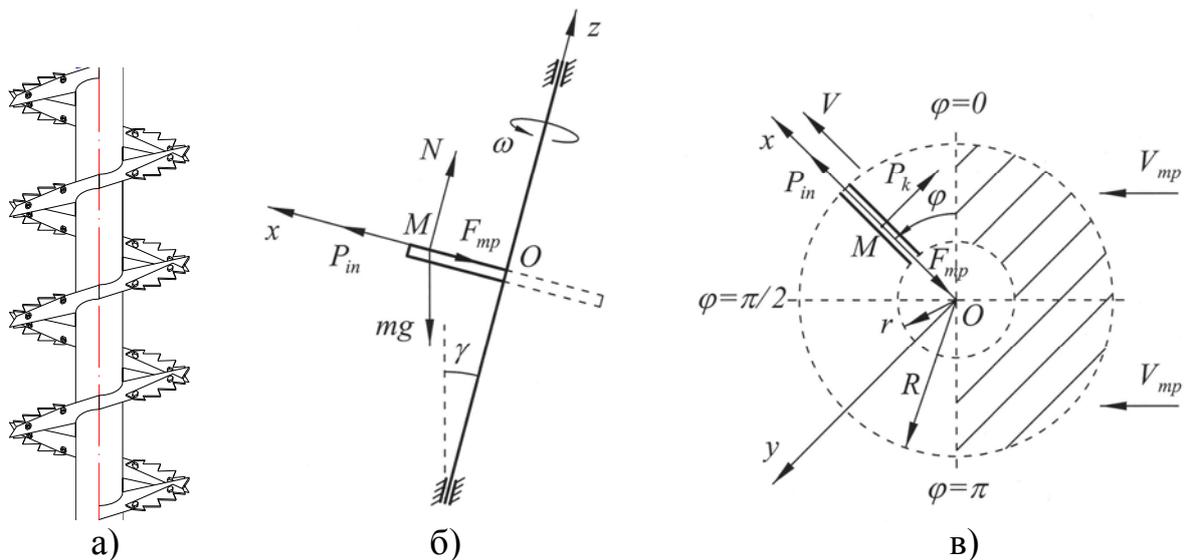
Поэтому актуальным для сельскохозяйственного производства является улучшение плодородия почв за счет качественного поверхностного внесения сапропеля как органического удобрения. Для этого необходимо создать новые машины с обоснованием конструктивных и кинематических параметров их рабочих органов – винтовых битеров.

Объект и методы исследований

Объектом исследования является винтовой рабочий орган (битер) разбрасывателя удобрений. При исследовании применялись методы математического моделирования и классической механики.

Результаты исследований

Рассмотрим процесс перемещения частицы сапропеля винтовой поверхностью битера (рисунок 16 *а, б*) и ее полет после схождения с битера. Сапропель подводится к битеру транспортером со скоростью V_{mp} . Зона подачи сапропеля обозначена заштрихованной областью на рисунке 16*в*. Битеры установлены на кузове разбрасывателя под углом γ к вертикали и наклонены в направлении движения агрегата. Выделим на винтовой поверхности битера элемент длиной $L = R - r$ (где R – радиус битера, m ; r – радиус вала битера, m), вдоль которого будет двигаться частица материала. Направим ось z подвижной системы координат вверх вдоль оси вращения битера. Ось x направим вдоль движения частицы по элементу винтовой поверхности, а ось y так, как показано на рисунке 16*в*. Во время полного оборота вокруг оси z крайняя точка элемента винтовой поверхности опишет круг радиусом R . Битер, а соответственно, и элемент винтовой поверхности вращаются с постоянной угловой скоростью ω .



а) битер разбрасывателя; б), в) расчетные схемы битера
Рисунок 16 – Схемы винтового рабочего органа разбрасывателя (битера)

Допустим, что отрыв частицы от слоя сапропеля и ее движение битером начинаются в момент, когда угол поворота битера $\varphi = 0$ (как показано на рисунке 16в). Учитывая высокую угловую скорость вращения ω битера, допустим, что частицы сапропеля, которые отрываются от слоя материала, во время вращения битера будут двигаться вдоль выделенного элемента (вдоль оси x), то есть в радиальном направлении. При принятых допущениях частицы материала сойдут с битера при повороте на угол $0 < \varphi < \pi$. Причем чем больше значение угла φ , тем больше диапазон разбрасывания сапропеля. Поэтому необходимо, чтобы частица материала, которая в начальный момент ($\varphi = 0$) находится ближе всего к оси битера, сходила с его поверхности, когда угол поворота битера $\varphi \rightarrow \pi$.

Принимаем частицу сапропеля за материальную точку. Частица совершает сложное движение: относительное вдоль элемента винтовой поверхности битера и переносное – вращательное вместе с битером. На частицу M действуют следующие силы: сила тяжести mg (где m – масса частицы сапропеля, кг; g – ускорение свободного падения, m/c^2); центробежная сила инерции P_{in}, H ; нормальная реакция поверхности битера N, H ; сила трения материала по винтовой поверхности битера F_{mp}, H ; сила Кориолиса P_k, H . Составим уравнения движения частицы материала вдоль выделенного элемента битера:

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{x} &= P_{in} - F_{mp} - mg \sin \gamma \sin \varphi; \\ m\ddot{y} &= -P_k - mg \sin \gamma \cos \varphi; \\ m\ddot{z} &= N - mg \cos \gamma, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где $\ddot{x}, \ddot{y}, \ddot{z}$ – проекции ускорения частицы на оси $x, y, z, m/c^2$.

Поскольку в соответствии с принятыми допущениями $y = \dot{y} = \ddot{y} = 0$ и $z = \dot{z} = \ddot{z} = 0$, на основании третьего уравнения системы (1) получим:

$$N = mg \cos \gamma. \quad (2)$$

Сила трения определяется следующим образом:

$$F_{mp} = fN = fmg \cos \gamma, \quad (3)$$

где f – коэффициент трения скольжения частицы сапропеля по винтовой поверхности.

Центробежная сила инерции в данном случае определяется так:

$$P_{in} = m\omega^2 x. \quad (4)$$

Учитывая, что $\varphi = \omega t$, а также зависимости (3), (4), на основании первого уравнения системы (1) получим:

$$\ddot{x} - \omega^2 x = -g \sin \gamma \sin(\omega t) - fg \cos \gamma. \quad (5)$$

Решая дифференциальное уравнение (5) при начальных условиях $t_0 = 0$, $x_0 = x(0) = r$, $\dot{x}_0 = \dot{x}(0) = 0$, получим зависимости для определения скорости и перемещения частицы сапропеля вдоль оси x :

$$\dot{x} = V = \left(r\omega - \frac{fg \cos \gamma}{\omega} - \frac{g \sin \gamma}{2\omega} \right) \frac{e^{\omega t}}{2} - \left(r\omega - \frac{fg \cos \gamma}{\omega} + \frac{g \sin \gamma}{2\omega} \right) \frac{e^{-\omega t}}{2} + \frac{g \sin \gamma}{2\omega} \cos(\omega t); \quad (6)$$

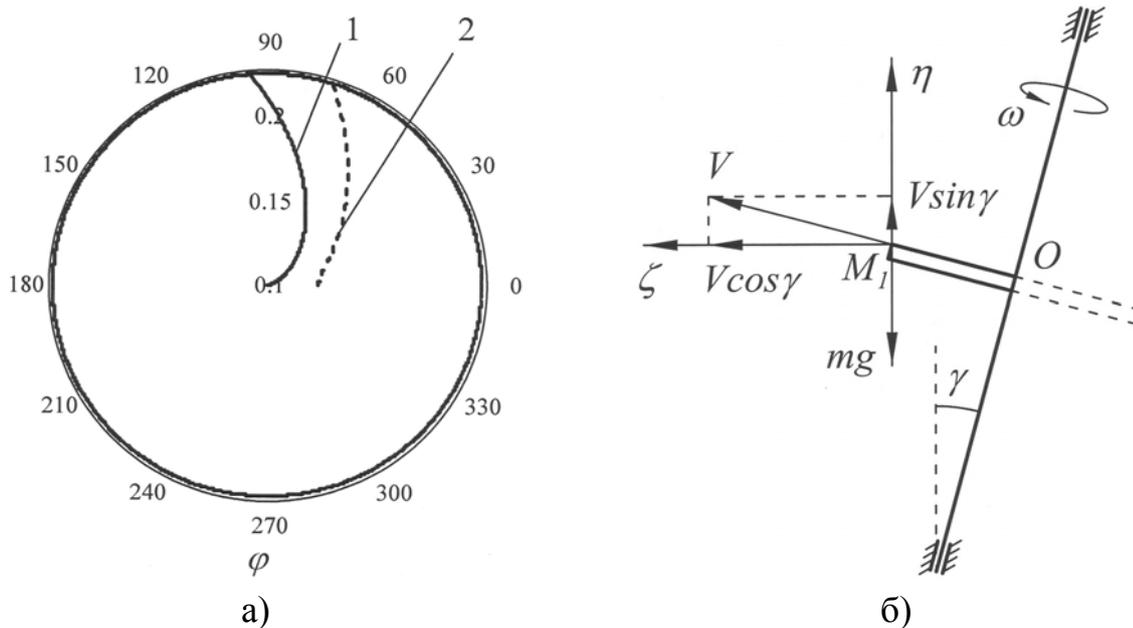
$$x = \left(r - \frac{fg \cos \gamma}{\omega^2} - \frac{g \sin \gamma}{2\omega^2} \right) \frac{e^{\omega t}}{2} + \left(r - \frac{fg \cos \gamma}{\omega^2} + \frac{g \sin \gamma}{2\omega^2} \right) \frac{e^{-\omega t}}{2} + \frac{g \sin \gamma}{2\omega^2} \sin(\omega t) + \frac{fg \cos \gamma}{\omega^2}. \quad (7)$$

График перемещения частиц сапропеля поверхностью битера, построенный исходя из зависимости (7) в полярных координатах, представлен на рисунке 17а.

Рассмотрим процесс полета частицы сапропеля после ее схождения с битера (рисунок 17б). Начало координат неподвижной системы $\eta M_1 \zeta$ разместим в точке M_1 , что соответствует положению частицы материала в момент схождения с битера (рассматривается общий случай, так как положение точки M_1 изменяется с изменением угла φ и начального размещения частицы, то есть размещение начала координат системы $\eta M_1 \zeta$ изменяется с изменением угла φ). Ось η направим вертикально вверх, а ось ζ – горизонтально в направлении полета частицы (система координат $\eta M_1 \zeta$ размещена в вертикальной плоскости полета частицы). На частицу сапропеля действует сила тяжести mg . Действием воздушного потока на частицу пренебрегаем. В общем случае уравнения движения частицы материала после схождения с битера можно записать в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{\eta} &= -mg; \\ m\ddot{\zeta} &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

где $\ddot{\eta}$, $\ddot{\zeta}$ – проекции ускорения частицы на оси η , ζ , m/c^2 .



а) траектории перемещения частиц материала поверхностью битера в полярных координатах (начальное положение частиц: 1 – 0,1 м; 2 – 0,13 м); б) расчетные схемы для определения дальности полета частицы

Рисунок 17 – Перемещение частицы материала битером и расчетная схема для определения дальности полета частицы

Интегрируя дважды систему дифференциальных уравнений (8) при начальных условиях $t_0 = 0$, $\eta_0 = \eta(0) = 0$, $\dot{\eta}_0 = V \sin \gamma$, $\zeta_0 = \zeta(0) = 0$, $\dot{\zeta}_0 = V \cos \gamma$, получим зависимости для определения перемещения частицы сапропеля:

$$\left. \begin{aligned} \eta &= -\frac{gt^2}{2} + Vt \sin \gamma; \\ \zeta &= Vt \cos \gamma. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

По первому уравнению системы (9) определим время полета t_n частицы, учитывая, что в начальный момент (во время схождения с битера) частица находится на высоте H над поверхностью поля:

$$-H = -\frac{gt_n^2}{2} + Vt_n \sin \gamma \quad (10)$$

или

$$\frac{gt_n^2}{2} - Vt_n \sin \gamma - H = 0. \quad (11)$$

Решая квадратное уравнение (11) относительно t_n , получим:

$$t_n = \frac{V \sin \gamma \pm \sqrt{V^2 \sin^2 \gamma + 2gH}}{g}. \quad (12)$$

Так как время $t_n \geq 0$, тогда корень уравнения (11):

$$t_n = \frac{V \sin \gamma + \sqrt{V^2 \sin^2 \gamma + 2gH}}{g}. \quad (13)$$

Подставляя время полета t_n во второе уравнение системы (9), получим дальность полета частицы материала вдоль оси ζ :

$$\zeta_n = \left(\frac{V \sin \gamma + \sqrt{V^2 \sin^2 \gamma + 2gH}}{g} \right) V \cos \gamma. \quad (14)$$

Определим угловую скорость вращения битера, необходимую для схождения частицы, которая в начальный момент ($\varphi = 0$) находится на расстоянии $x = r$ от оси битера, в момент $\varphi = \varphi_c$. По зависимости (7) получим:

$$\omega = \sqrt{\frac{g \left[2f \cos \gamma + \sin \gamma \sin \varphi_c + e^{-\varphi_c} \left(\frac{\sin \gamma}{2} - f \cos \gamma \right) - e^{\varphi_n} \left(\frac{\sin \gamma}{2} + f \cos \gamma \right) \right]}{2R - r(e^{\varphi_n} + e^{-\varphi_n})}}. \quad (15)$$

Заключение

В результате проведения теоретических исследований получены зависимости для определения дальности полета частицы сапропеля (14) и необходимой угловой скорости вращения битера (15). Анализ зависимостей показывает, что увеличить дальность полета можно путем увеличения угла наклона оси битера γ . Полученные зависимости могут быть использованы для обоснования рациональных конструктивных и кинематических параметров разбрасывателей органических удобрений.

01.07.10.

Литература

1. Кузнцова, Т.О. Вдосконалення технології внесення сапропелю з метою підвищення родючості ґрунтів в умовах Західного Полісся України: автореф. дис. ...канд. техн. наук / Т.О. Кузнцова; УПВГ. – Рівне, 1992. – 21 с.
2. Бодак, В.І. Розробка і дослідження механізмів для добування сапропелів: дис. канд. ...техн. наук: 05.20.01. / В.І. Бодак. – Луцьк, 1996. – 209 с.
3. Бракш, Н.А. Сапропелевые отложения и пути их использования / Н.А. Бракш. – Рига, Зинатне, 1971. – 283 с.
4. Лопотко, М.З. Сапропели БССР, их добыча и использование / М.З. Лопотко. – Минск: Наука и техника, 1997. – 205 с.
5. Шевчук, М.Й. Сапропелі України: запаси, якість та перспективи використання: монографія / М.Й. Шевчук. – Луцьк: Надстир'я, 1996. – 384 с.

Введение

Органические удобрения используются наиболее эффективно при их нормированном внесении в почву. Основным фактором, определяющим дозу внесения удобрений, является потребность выращиваемой культуры в питательных веществах для получения планируемого урожая. В связи с расширением промышленного производства минеральных удобрений основные биогенные элементы, необходимые для получения таких урожаев, могут быть внесены в почву с этими удобрениями. Наиболее важной задачей органических удобрений следует считать восполнение в почве органического вещества – основы для создания гумуса, являющегося показателем уровня плодородия почвы.

Установлено, что на суглинистых почвах ежегодно потери гумуса за счет минерализации достигают 1 т/га , на песчаных и супесчаных – $1,5 \text{ т/га}$. Если учесть, что половина этих потерь восполняется за счет корневых и пожнивных остатков, а для восполнения гумуса используется до 30% органического вещества, вносимого с удобрениями, то годовая доза подстилочного навоза или компоста для восстановления гумуса должна составлять $10...15 \text{ т/га}$. Доза удобрений другого качества будет выше, так как массовая доля сухого вещества, а следовательно, и органического в этих удобрениях ниже [1, 2].

Постановка проблемы

В нашей стране действуют 216 животноводческих комплексов, в том числе 109 по производству говядины и 107 по производству свинины. Почти на всех этих комплексах используют гидравлические системы навозоудаления, что приводит к образованию бесподстилочного навоза. Его подразделяют на полужидкий, с содержанием сухого вещества 8–14%, жидкий – 3–8% и навозные стоки – менее 3% (рисунок 18) [3, 4]. При бесподстилочном содержании животных получают навоз, в состав которого входят экскременты животных (смесь кала и мочи), вода, остатки кормов, продукты износа полов и копыт, другие механические включения. Механические включения обычно составляют небольшую часть бесподстилочного навоза. Определяющим является соотношение между количеством экскрементов и добавляемой в них воды [5].

На свиноводческих фермах и комплексах при применении самотечной системы непрерывного действия на одно животное расходуется $1,5 \text{ л}$ воды, периодического действия – 7 л . Если же используется гидросмывная система, то количество воды возрастает и составляет около 20 л [6].

Широкое распространение этих систем обусловлено минимумом затрат труда на уборку навоза, простотой конструкции, безопасностью для обслуживающего персонала и животных по сравнению с механическими, пневматическими установками и их сочетанием.



Рисунок 18 – Классификация бесподстилочного навоза в зависимости от содержания в нем сухого вещества

С учетом фактического поголовья животных в республике на 01.10.2009 г. (коровы – 1222 тыс. голов, молодняк и крупный рогатый скот (далее – КРС) на откорме – 2620 тыс. голов, свиньи – 2761 тыс. голов, овцы – 6 тыс. голов, лошади – 57 тыс. голов и птица – 25 млн. голов) общий годовой выход экскрементов составляет 51,6 млн. тонн [7].

При сложившейся системе содержания животных в сельскохозяйственных организациях выход подстилочного навоза составляет 51%, полужидкого – 20% и жидкого – 29%, то есть в целом по республике выход бесподстилочного навоза в среднем 25,3 млн. тонн (без учета технологической воды). Фактическое же количество бесподстилочного навоза на комплексах превышает расчетные значения (рисунок 19) в 2–3 раза, так как увеличение его влажности на 5% приводит к увеличению объема в два раза [5].

В связи со специализацией и концентрацией сельскохозяйственного производства иногда необходимо утилизировать большие массы отходов животноводства на ограниченных территориях. Годовой выход навоза зависит от способа содержания скота, его поголовья, вида и возраста животных, продолжительности стойлового периода, принятой системы удаления навоза, вида кормов и других факторов (рисунок 20а и 20б) [8]. В этих условиях вносят максимальную дозу органических удобрений. Она зависит от выращиваемых культур, природно-климатических условий, вида и состояния почв и определяется максимальной возможностью почвы перерабатывать повышенные дозы удобрения без снижения урожайности и отрицательного влияния на качество урожая с обеспечением условий охраны окружающей среды от загрязнений.

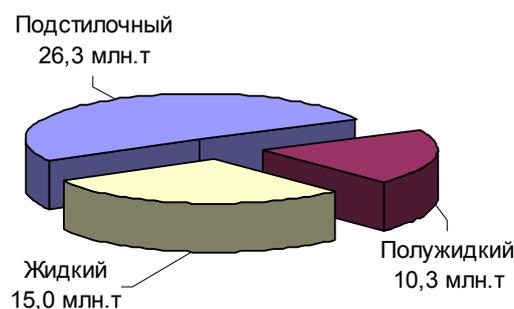
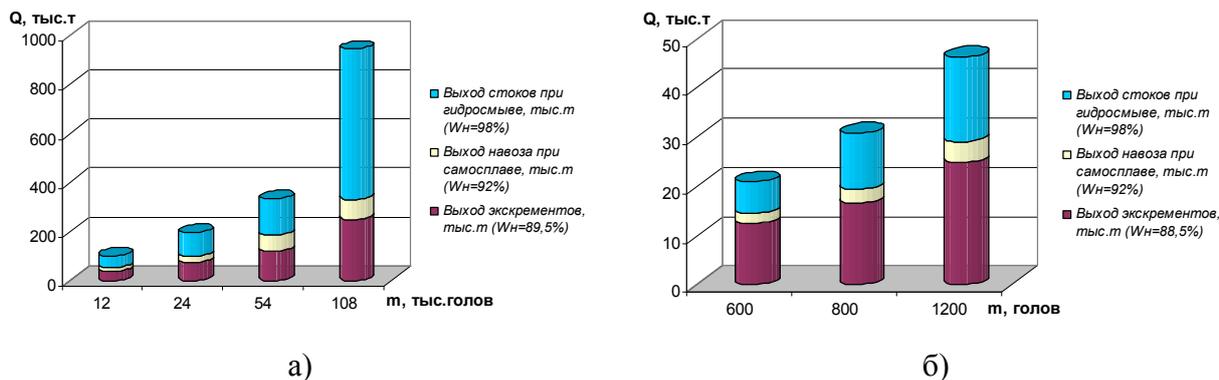


Рисунок 19 – Годовой выход навоза

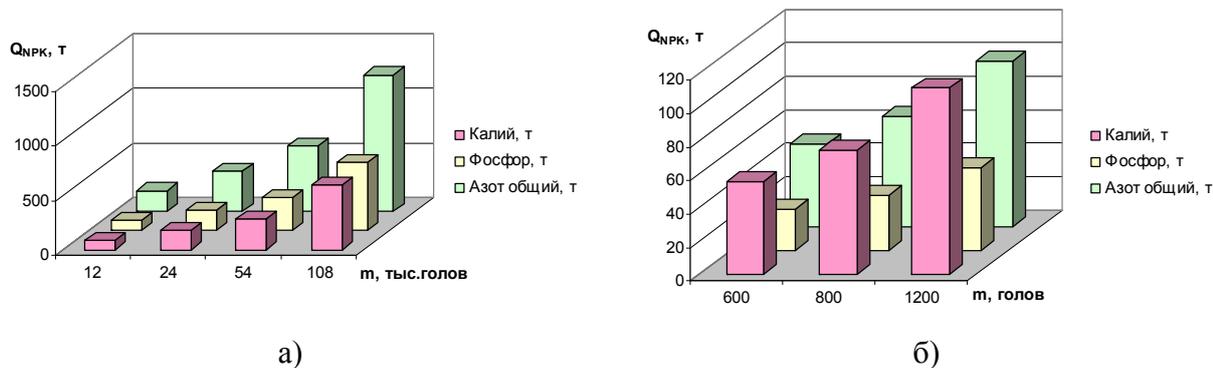


а) свиноводческие; б) крупного рогатого скота

Рисунок 20 – Годовой выход бесподстилочного навоза на животноводческих фермах и комплексах различной мощности при разных системах удаления

Согласно рекомендациям ВИУА, максимальная норма должна ограничиваться предельной возможностью использования азота, которая составляет 200 кг/га. Однако многие специалисты считают, что эта норма должна составлять 400...600 кг/га [1].

Экономическая эффективность применения бесподстилочного навоза больше всего зависит от расстояния его транспортировки от комплекса до поля и степени разбавления навоза водой. На многих свиноводческих комплексах в результате гидросмыва экскременты разбавляются в 2...8 раз, что сказывается на их удобрительной ценности [9]. Годовой выход питательных элементов NPK, содержащихся в экскрементах животных (свиней и КРС) на фермах и комплексах различной мощности, представлен в виде диаграмм на рисунках 21а и 21б [5, 10].



а) свиньи; б) крупный рогатый скот

Рисунок 21 – Годовой выход питательных элементов NPK, содержащихся в экскрементах животных

Анализ диаграмм позволяет сделать вывод, что экскременты свиней, в рационе которых преобладают концентраты, отличаются повышенным содержанием азота и фосфора и пониженным калия, экскременты КРС, наоборот, содержат много калия.

Расчеты показывают, что для внесения 200 кг азота нужно использовать: для свиней – около 40 т экскрементов, 125 т осветленных навозных стоков, а для КРС – 50 т и 167 т соответственно, без учета потерь при хранении.

При прямоточной технологии внесения удобрений транспортировка их от фермы до поля навозоразбрасывателями понижает сменную производительность машин на разбрасывании. Однако затраты в расчете на 1 т внесенного удобрения (по сравнению с затратами при перевалочной технологии) несколько уменьшаются, если расстояние от фермы до поля не превышает 1...1,5 км. Поэтому по прямоточной технологии целесообразно удобрять близлежащие к фермам поля, и только в том случае, если в хозяйстве достаточно навозоразбрасывателей.

Результаты исследований

Одним из наиболее трудоемких видов работ при утилизации жидкого навоза, поступающего с животноводческих комплексов, является распределение его из мест сбора и хранения по полям мобильными средствами. Для своевременного выполнения работ по вывозу удобрений и внесению их в почву с наименьшей занятостью рабочих и техники необходимо правильно скомплектовать транспортное звено, а для этого требуется расчет соответствующих объемов транспортных работ.

Для расчета этих работ существует целый ряд методик [11, 12, 13], в нашем случае, применительно к осветленным навозным стокам, воспользуемся методикой И.И. Лукьяненко [1].

Определяя площадь сельскохозяйственных угодий, предназначенную для полной утилизации всего количества отходов, необходимо учитывать экономические, агротехнические и природоохранные аспекты. Ее рассчитывают исходя из годового объема отходов на комплексе, содержания в них биогенных веществ и установленной в многочисленных опытах безопасной в санитарном, ветеринарном и экологическом отношении нормы внесения жидкого навоза, эквивалентной 200 кг азота на 1 га в год. Эту площадь S (m^2) определяем по формуле:

$$S = \frac{10^4 M}{qK_e}, \quad (1)$$

где M – годовой выход стоков, m ;

q – норма внесения стоков, $m/га$;

K_u – коэффициент использования земли под пашню.

Если представить эту площадь в виде круга, то его радиус R (m) определится как:

$$R = 10^2 \sqrt{\frac{M}{\pi q K_e}}. \quad (2)$$

Путь L (m), который необходимо пройти транспортному средству, чтобы вывезти стоки на всю удобряемую площадь, с учетом коэффициентов, учитывающих форму удобряемого участка K_ϕ , использование земли под пашней K_u и кривизну дорог K_k , различных для разных зон и даже хозяйств, найдем из выражения:

$$L = \frac{4K_e K_\phi K_u \pi R^3}{3S_0}, \quad (3)$$

где S_0 – площадь участка, для удобрения которого стоки вывозятся за одну езду, m^2 .

Для ориентировочных расчетов для центральных районов Нечерноземной зоны можно принять следующие значения коэффициентов: $K_{\phi}=1,2$; $K_u=0,5$; $K_k=1,5$.

Число ездов n , необходимых для вывоза годового выхода стоков, определим из выражения:

$$n = \frac{K_e \pi R^2}{S_0}. \quad (4)$$

Чтобы найти среднее расстояние L_{cp} (м), на которое вывозят стоки, нужно общий путь, проходимый загруженным транспортным средством, разделить на количество ездов. Выполнив необходимые математические преобразования и подставив значение R из выражения (2), получим расчетное уравнение для определения средней дальности транспортировки стоков с фермы при их вывозе на поле:

$$L_{\text{н\ddot{o}}} = 37,62 K_{\phi} K_e \sqrt{\frac{M}{q K_e}}. \quad (5)$$

Эта формула справедлива для расчета средней дальности доставки стоков до определенных участков поля. Если же транспортное средство распределяет стоки по участку, то общий пройденный путь может увеличиться. Длина дополнительного пути при разбрасывании стоков зависит от метода перемещения транспортного средства по полю. Наиболее экономично разбрасывать стоки, перемещаясь от хранилища только в радиальном направлении, причем так, чтобы половину загруженной массы разбросать на участке до разворота, а вторую половину – при обратном ходе после разворота. При этом холостой пробег транспортного средства сводится к минимуму, а дополнительный путь равен нулю.

Потребность в транспортных агрегатах для вывоза с фермы в поле годового выхода стоков определим по формуле:

$$A = \frac{T_j n}{T_i}, \quad (6)$$

где T_i – время, затрачиваемое на одну езду, ч;

n – количество ездов, необходимое для вывоза годового выхода стоков;

T_m – годовая наработка транспортного средства, ч (принимают в соответствии с нормой загрузки машины и длительностью периода внесения стоков для каждой области) [11].

Используя формулы 1–6, мы выполнили расчет потребной площади пашни для утилизации фактического годового объема жидкого навоза, получаемого на комплексах различной мощности, также определено минимально потребное количество транспортно-технологических единиц различной грузоподъемности для его перевозки и внесения. Результаты расчетов сведены в таблицу 9.

Таблица 9 – Потребность в машинах типа МЖТ для утилизации годового объема стоков животноводческих ферм и комплексов

Мощность комплексов	Выход экскрементов с комплекса W=92/98%, тыс. т/год	Потребная площадь, га	Среднее расстояние перевозки, км	Потребность в машинах для перевозки и внесения навоза W=92/98%, ед.		
				МЖТ-6	МЖТ-11	МЖТ-16
производство свинины						
12 тыс. голов	54,0/101,2	1876	2,9	6/11	4/6	3/5
24 тыс. голов	99,7/195,9	3674	4,1	13/25	8/14	6/10
54 тыс. голов	186,5/333,2	5942	5,2	31/49	18/28	12/20
108 тыс. голов	330,7/941,9	12457	7,6	67/203	38/114	26/80
производство молока						
800 коров	19,3/30,8	659	1,7	2/3	1/2	1/1
1200 коров	29,0/46,2	988	2,1	3/4	2/3	1/2

Расчет выполнен для комплексов с самосплавной (W=92%) и гидросмывной (W=98%) системами удаления навоза из помещений при условии его внесения на 1 га в объеме, содержащем минимальную дозу азота – 200 кг. Годовая загрузка машины принята равной 1100 часов.

Заключение

Полученные данные позволяют сравнить соответствие фактически отведенных площадей для утилизации жидкого навоза расчетным. Приведенная методика определения потребного количества техники для утилизации навоза с комплексов, имеющих различные системы удаления из помещений, является научной основой комплектования соответствующего парка машин.

31.03.10.

Литература

1. Лукьяненко, И.И. Перспективные системы утилизации навоза (в хозяйствах Нечерноземья) / И.И. Лукьяненко. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 176 с., ил.
2. Ковалев, Н.Г. Органические удобрения в XXI веке (Биоконверсия органического сырья): монография / Н.Г. Ковалев, И.Н. Барановский. – Тверь, Чудо, 2006. – 304 с.
3. Васильев, В.А. Справочник по органическим удобрениям / В.А. Васильев, Н.В. Филиппова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 255 с., ил.
4. Удобрения. Термины и определения: ГОСТ 20432–83. – Введ. 01.07.1984. – М.: Гос. комитет СССР по стандартам, 1984. – 16 с.
5. Коваленко, В.П. Механизация обработки бесподстилочного навоза / В.П. Коваленко. – М.: Колос, 1984 г. – 159 с., ил.
6. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. – Минск, 2009. – 278 с., ил.
7. Желязко, В.И. Использование бесподстилочного навоза на мелиорируемых агроландшафтах. Теория и практика: монография / В.И. Желязко, П.Ф. Тиво. – Минск: ИООО «Право и экономика», 2006 г. – 296 с., ил.
8. Дмитриева, В.И. Использование стоков животноводческих комплексов / В.И. Дмитриева, В.А. Никитин, В.А. Поленина. – М.: Россельхозиздат, 1977. – 64 с., ил.
9. Степук, Л.Я. Экологические, технические и экономические аспекты сохранения и повышения плодородия почв / Л.Я. Степук, А.Н. Кавгареня // Методы исследований и результаты разработок техники для ресурсосберегающих технологий сельского хозяйства: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Минск, 18–20 октября 2005 г. / РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси»; под общ. ред. В.Н. Дашкова. В 2 т.: Т.1. – Минск, 2005. – С. 175-187.

10. Баранников, В.Д. Охрана окружающей среды в зоне промышленного животноводства / В.Д. Баранников. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 118 с., ил.
11. Механизация удаления и внесения навоза / А.И. Николаенков [и др.]; под общ. ред. М.М. Севернева. – Минск: Ураджай, 1985. – 120 с., ил.
12. Хазанов, Е.Е. Некоторые предпосылки создания агрозоокомплекса замкнутого типа / Е.Е. Хазанов // Вопросы технологии и механизации производства продуктов животноводства. Применение электроэнергии и средств автоматики в сельскохозяйственном производстве: науч. тр. / НИПТИМЭСХ С-3. – Л., 1975. – Вып. 19. – С. 51-57.
13. Левкин, В.Т. Расчет сроков накопления жидкого навоза и техники для внесения его на поля / В.Т. Левкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: сб. науч. работ аспирантов / ЦНИИМЭСХ. – Минск, 1978. – С. 128-135.

УДК 631.313.6

И.М. Лабоцкий, А.Д. Макуть,

И.М. Ковалева

(РУП «НПЦ НАН Беларуси

по механизации сельского хозяйства),

г. Минск, Республика Беларусь)

АГРЕГАТЫ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ И ЗАПРАВКИ В ПОЧВУ ПОЖНИВНЫХ ОСТАТКОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТ- ВЕННЫХ КУЛЬТУР

Введение

Наращивание объемов производства продукции в растениеводстве сопровождается увеличением объемов незерновой части, или пожнивных остатков. Так, посевы кукурузы на кормовые нужды превышают 700 тыс. га, в том числе на зерно убирают 100–150 тыс. га. После уборки этой культуры на силос на полях остается до 70 ц/га стерни высотой до 50 см, а при уборке кукурузы на зерно количество остатков превышает 150 ц/га. Посевы рапса занимают почти 300 тыс. га. После уборки рапса на каждом гектаре остается до 30 ц стерни и соломы, которая практически не используется на другие технологические нужды. Наибольшие площади занимают посевы зерновых и зернобобовых культур – более 2500 тыс. га. Сегодня используют около 30% соломы на технологические нужды, остальная подлежит утилизации на полях [1].

Большие объемы остатков растительной массы на полях существенно затрудняют обработку почвы. Забивание остатками рабочих органов почвообрабатывающих машин (луцильников, культиваторов, плугов) отрицательно сказывается на темпах и качестве обработки почвы, в результате растягиваются агротехнические сроки для последующих работ. Проблема утилизации пожнивных остатков обостряется и требует решения. Известно, что их эффективное разложение протекает в особых условиях. Остатки должны быть измельчены, распределены по полю и заправлены в почву. Кроме того, для активной деятельности утилизирующих бактерий требуется вносить азотные удобрения [2].

Применяемые в республике дисковые луцильники, дисковые бороны и другие средства механизации не в полной мере обеспечивают эффективное измельчение и заправку в почву пожнивных остатков сельскохозяйственных культур, что затрудняет и ухудшает качество работы пахотных и посевных агрегатов.

Выполняемые исследования проводятся с целью создания агрегата для измельчения и заправки в почву пожнивных остатков сельскохозяйственных культур, позволяющего эффективно использовать непосредственно на полях в

качестве органических удобрений пожнивные остатки, что, в свою очередь, снизит экономические издержки на удобрения при производстве растениеводческой продукции.

Обзор конструкций агрегатов для измельчения и заправки в почву пожнивных остатков сельскохозяйственных культур

Для утилизации пожнивных остатков сельскохозяйственных культур сельхозпроизводители стремятся совмещать в одном агрегате процесс обмолота с измельчением и рассевом остатков по полю. Так, при уборке кукурузы на зерно применяют выпускаемые ПО «Гомсельмаш» кукурузоуборочные приставки к зерноуборочным комбайнам, которых в хозяйствах имеется около 800 штук. Они осуществляют грубое измельчение листостебельной массы на частицы от 20 см до 50 см, что не обеспечивает в полной мере устойчивую работу почвообрабатывающих машин. Более мелкое измельчение остатков (до 20 см) производят жатки с многодисковым измельчающим устройством «Gerengof rote disk» фирмы Claas. Они есть лишь в отдельных хозяйствах (около 15 штук). Применение отечественной, а также импортной техники не дает требуемого результата, так как остатки не распределяются по ширине жаток и остается неизмельченной стерня высотой до 50 см. Подобные остатки стерни (до 50 см) остаются при уборке кукурузы на силос. Измельчение и рассев соломы рапса и зерновых осуществляются установленными на комбайнах специальными измельчителями соломы, которыми остатки также не распределяются по ширине жатки. Применение других измельчителей требует дополнительных энергозатрат, при этом снижается производительность уборочного комплекса, а по полям рассеваются семена сорной растительности.

Качественное измельчение и заправку в почву пожнивных остатков обеспечивают фрезерные почвообрабатывающие машины импортного производства с горизонтальным расположением рабочих органов. Это фрезы типов FM, FPA, FH 2 (рисунок 22) и др. фирмы «ALPEGO» (Италия); роторные фрезы типа EL 82 – EL 102 фирмы «Kuhn» (Франция). Хороший результат показывает агрегат ПАН-3 отечественного производства.



Рисунок 22 – Общий вид фрезы типа FH 2

Основные недостатки этих машин – низкая производительность (до 1,2 га/ч) из-за ограниченной ширины захвата (до 3 м) и невысокой рабочей скорости (до 5 км/ч), высокая энергоемкость, необходимая мощность до 150 л.с., поэтому фрезерные машины не получили распространения на данных работах.

Опыт применения почвообрабатывающих машин с пассивными рабочими органами (луцильников, дисковых борон, культиваторов, плугов) показывает, что процессы лушения, дискования, вспашки, культивации идут неустойчиво из-за забивания рабочих органов растительной массой, сосредоточенной в валках. Обусловлено это конструктивными особенностями – диски луцильников, дисковых борон БДТ-3, БДТ-7 и др. установлены и соединены на общей оси и образуют единую секцию (общий вид дискового луцильника представлен на рисунке 23). По этой причине происходит групповое перекатывание дисков по остаткам без должного измельчения. Междисковый зазор забивается растительными остатками и почвой, также растительные остатки застревают на стойках крепления секций. Дисковые батареи установлены под углом по ходу движения, поэтому увеличение ширины захвата ведет к увеличению продольного габарита и материалоемкости.



Рисунок 23 – Тяжелый прицепной дисковый луцильник БПТБ-7

Зарубежные сельхозпроизводители широко применяют специализированные агрегаты, которые выполняют операцию измельчения и заправки в почву пожнивных остатков за один или два прохода. Они снабжаются двумя или тремя рядами тяжелых дисков гладкой или вырезной конфигурации. Каждый диск крепится на индивидуальную стойку. Эти агрегаты производит фирма «Gregoire-Besson» (Diskopak полунавесной). Общий вид представлен на рисунке 24. Аналогичную конструкцию агрегата выпускает польская фирма «UNIA». Машины с пассивными рабочими органами оснащают различного рода сферическими дисками большого диаметра с гладкими или гофрированными режущими кромками, пружинными лапами разных типов и различными видами прикатывающих катков. Машины с пассивными дисковыми рабочими органами менее

энергоемки и в зависимости от наличия остатков на полях обеспечивают требуемое качество измельчения за два, максимум три прохода.



Рисунок 24 – Агрегат «Дископак» фирмы «Gregoire Besson» (Франция)

Отечественной промышленностью подобные специализированные агрегаты не производятся. Отдельные выпускаемые машины являются лишь фрагментами зарубежных машин. Это относится к дисковым навесным агрегатам типа АДН 4, «Деметро» (два АДН 3, установленные на раме-носителе) производства ООО «СелАгро» [3]. Единственное отличие от традиционных дисковых орудий заключается в использовании пружинных стоек, обеспечивающих автоколебания дисков и катков для прикатывания пожнивных остатков. Согласно назначению, машина обеспечивает подрезание пожнивных и растительных остатков не менее чем за два взаимно перпендикулярных прохода по полю.

Основным недостатком агрегатов типа АДН 3, АДН 4 является то, что их масса ограничена грузоподъемностью и продольной устойчивостью тракторов. По этой причине масса агрегатов недостаточна для эффективного измельчения (разрезания) дисками растительных остатков, особенно кукурузы, рапса, стебли которых имеют высокую механическую прочность. Из-за недостаточной массы не достигается требуемого усилия на разрезание остатков, поэтому дисковые рабочие органы также перекатываются по растительной массе, оставляя ее неизмельченной и незаправленной в почву. Опыт применения показал, что агрегаты пригодны для измельчения и заправки пожнивных остатков невысокой плотности (до 50 ц/га). При значительной плотности (свыше 100 ц/га), наблюдаемой на посевах рапса и на убранной на зерно кукурузе, необходимо выполнять три прохода и более по одному полю, чтобы достичь требуемого качества измельчения и заправки остатков в почву.

Описание экспериментального образца агрегата для измельчения и заправки в почву пожнивных остатков сельскохозяйственных культур

На основании анализа конструкции применяемых агрегатов разработан экспериментальный образец агрегата для измельчения и заправки в почву пожнивных остатков. Общий вид агрегата представлен на рисунке 25.



Рисунок 25 – Экспериментальный образец агрегата

Агрегат изготовлен полуприцепным и состоит из рамы, ограниченной спереди прицепным устройством, а сзади колесным ходом, между которыми последовательно установлены секции дисковых рабочих органов, причем первая секция закреплена на раме неподвижно, а последующая присоединена к раме с возможностью смещения секции в поперечных направлениях относительно продольной оси рамы. К раме шарнирно, с возможностью регулируемого вертикального перемещения, присоединены прикатывающие катки, рама изготовлена пустотелой, с заливной и сливной системами и заполняется балластным материалом. Рабочие органы выполнены с возможностью изменения угла атаки.

Такая конструкция агрегата позволяет дисковыми рабочими органами неподвижной секции выполнять грубое измельчение и частичную заправку пожнивных остатков, а рабочими органами последующей секции осуществляется повторное, более мелкое, измельчение и заправка остатков, при этом длина частиц устанавливается путем смещения этой секции с рабочими органами в поперечном направлении относительно продольной оси рамы. Установленным за последней секцией катком осуществляется фиксация измельченных остатков в почве, что также способствует достижению поставленной цели. Путем заполнения пустотелой рамы балластным материалом увеличивается эксплуатационная масса агрегата и, благодаря поворотному в вертикальной плоскости прицепному устройству и колесному ходу, можно догружать дисковые рабочие органы агрегата путем перераспределения через прицепное устройство массы трактора. Это обязательно для улучшения качества измельчения пожнивных

остатков при высокой плотности (более 100 ц/га) и позволяет в сравнении с аналогами снизить массу агрегата. Кроме того, на раме предусмотрено навесное устройство под установку дополнительного оборудования, например для внесения гербицидов или жидких азотных удобрений типа АВПУ-8.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований был экспериментальный образец агрегата для измельчения и заправки пожнивных остатков. Выявлялась работоспособность и пригодность для измельчения и заправки в почву пожнивных остатков: кукурузы, убранной на зерно и силос, соломы рапса и зерновых, а также сидератов.

Исследования показателей работы экспериментального образца включали замеры глубины рыхления почвы, замер расхода топлива при различных режимах работы, определение степени измельчения и заправки растительных остатков на различных агрофонах.

Результаты исследований

Исследования проводили в условиях конкретного хозяйства – УП «Агрокомбинат Ждановичи».

Кукуруза была убрана на зерно комбайном John Deere 6600 с кукурузной жаткой «Gerengof rote disk», а пожнивные остатки предварительно измельчены и распределены по полю. Состояние поля представлено на рисунке 26. Характеристики остатков были следующими: средняя высота стерни – 34 см; средний диаметр стебля – 25 мм; средняя толщина слоя остатков кукурузы на поле – 9 см; масса остатков с 1 м² – 2,5 кг; влажность остатков – 42%.



Рисунок 26 – Общий вид поля после уборки кукурузы на зерно

Процесс утилизации пожнивных остатков после уборки рапса исследовался при следующих условиях: солома рапса после уборки комбайном КЗС-7

уложена в валки шириной до 1,5 м и высотой 0,9 м; масса остатков на одном погонном метре – от 3 до 5 кг; влажность – 28%; максимальный диаметр стеблей – до 15 мм; максимальная длина стеблей – до 1,2 м; средняя длина стеблей – 0,8 м.

На первом этапе исследований определялись работоспособность, качественные и энергетические показатели работы агрегата, при этом рабочая скорость изменялась от 4 км/ч до 12 км/ч, глубина обработки – от 4 см до 16 см соответственно.

Установлено, что агрегат устойчиво выполняет технологический процесс, работоспособен в пределах изменявшихся скоростных режимов работы, а также при всех значениях глубины обработки. Однако качество работы зависит от скорости и глубины хода рабочих органов. При скорости от 4 км/ч до 6 км/ч и глубине рабочих органов до 6 см агрегат выполняет функцию луцильника, пожнивные остатки кукурузы и соломы рапса остаются практически неизмельченными, а большая их половина не заправлена в почву. При этом рабочие органы перекатываются по остаткам и не убирают их с поверхности. При увеличении рабочей скорости от 8 км/ч до 10 км/ч и глубины хода рабочих органов от 8 см до 10 см существенно улучшилось качество выполняемой агрегатом работы. Распределение и фракционный состав пожнивных остатков кукурузы, убранной на зерно, до и после обработки представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Распределение и состав пожнивных остатков кукурузы, убранной на зерно, до и после обработки экспериментальным образцом агрегата

Место расположения остатков	Общая		Фракция до 10 см		Фракция 11÷20 см		Фракция 21 см и выше	
	масса, гр.	%	масса, гр.	%	масса, гр.	%	масса, гр.	%
Остатки в валках	5754	100	1200	21	1774	31	2780	48
Остатки на поверхности поля после обработки	1908	33	650	34	732	38	526	27
Остатки, заправленные в почву, всего:	3846	67						
в том числе выделено из почвы	2946	51	804	27	830	28	1220	41
Остатки в прокосах	2990	100	920	31	920	31	1150	38
Остатки на поверхности поля после обработки	450	15	114	25	180	40	156	34
Остатки, заправленные в почву, всего:	2540	85						
в том числе выделено из почвы	2078	69	780	37	642	31	656	32

Анализ результатов показывает, что масса остатков, их размещение по полю в виде валков или прокосов сказываются на показателях работы. Незаправленными в почву остаются почти 33% остатков при обработке валков и 15% – прокосов. После обработки валков и прокосов наблюдается в полтора-два раза

увеличение массовой доли мелких фракций и уменьшение крупной фракции. На поверхности поля после обработки валков остается 9% частиц 21 см и более, а после обработки прокосов – 5,5%. Увеличение рабочей скорости свыше 10 км/ч не привело к существенному улучшению качественных показателей работы агрегата.

В процессе исследований проверена работоспособность агрегата при измельчении и заправке в почву пожнивных остатков рапса (рисунок 27), а также сидератов (рисунок 28). Качественные показатели работы агрегата на этих фонах практически одинаковые. На поверхности поля в обоих случаях остается не более 25% остатков.



Рисунок 27 – Вид поля после утилизации остатков соломы рапса



Рисунок 28 – Агрегат на заправке сидерата (масличной редьки)

Энергетические показатели работы агрегата определены при скорости агрегата 10 км/ч и глубине обработки 8–10 см в соответствии с ТПК–079–2007 (02150) [4].

Расход топлива на выполнение процесса определяли с применением мерных емкостей [5]. Установлено, что максимальный расход топлива не превышает 3 кг/га, однако множество факторов, влияющих на энергетические показатели, требуют подготовки специальных исследований, результаты проведения которых будут опубликованы дополнительно.

После обработки полей с пожнивными остатками экспериментальным агрегатом провели зяблевую вспашку, показавшую, что плуг работает устойчиво и без забивания рабочих органов, качество вспашки соответствует агротехническим требованиям, полнота заправки растительности, включая пожневные остатки, составляет 98% на всех агрофонах.

Заключение

Проведенные исследования процесса измельчения и заправки в почву пожневных остатков кукурузы, убранной на зерно, соломы рапса и сидератов (редьки масличной) с применением экспериментального агрегата показали, что он работоспособен на всех режимах работы и агрофонах. При рабочей скорости 8÷10 км/ч и глубине обработки 8÷10 см обеспечивается заправка в почву 70% остатков, находившихся в валках, и 85% остатков в прокосах. На поверхности поля после обработки валков остается 9% частиц 21 см и выше, а после обработки прокосов – 5,5%. На обработанных агрегатом полях устойчиво работают плуги и обеспечивают на 98% запашку растительных остатков на всех агрофонах.

Результаты исследований используются при создании опытного образца агрегата.

25.03.10.

Литература

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь = Agriculture of the Republic of Belarus: стат. сб. / Национальный статистический комитет Республики Беларусь; пред. редкол. В.С. Метеж. – Минск, 2009. – 276 с.: таблицы. – ISBN 978–985–6858–34–8.
2. Надточаев, Н.Ф. Кукуруза на полях Беларуси / Н.Ф. Надточаев; Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – С. 311-320.
3. СелАгро [Электронный ресурс]. – Минск, 2010. – Режим доступа: <http://www.selagro.com/content/category/4/17/56/>. – Дата доступа: 16.04.2010.
4. Сельскохозяйственная техника. Машины почвообрабатывающие. Правила установления показателей назначения: ТПК–079–2007 (02150). – Введ. 10.10.2007. – Минск, 2007. – 32 с.
5. Машины и тракторы сельскохозяйственные и лесные. Методы измерения конструктивных параметров: ГОСТ 26025–83. – Введ. 01.01.1984. – М.: Гос. ком. СССР по стандартизации, 1984. – 8 с.

Введение

В последние годы в Республике Беларусь появились новые тенденции в технологии обработки почвы, заключающиеся в отказе от плужной обработки. По сравнению со вспашкой безотвальная обработка почвы обеспечивает меньшую энергоемкость, более высокие рабочие скорости, большую производительность, образование лучших условий для сохранения и накопления влаги в почве, уничтожение уплотненной подошвы, улучшение аэрации и инфильтрации почвы, предотвращение или снижение водной и ветровой эрозии.

В настоящее время в республике имеется практически вся необходимая техника для безотвальной обработки большинства типов почв. Нерешенным вопросом остается еще обработка тяжелых по гранулометрическому составу почв. К ним относятся средние и тяжелые суглинки, легкие, средние и тяжелые глины, содержащие 25% и более физической глины (частицы размером менее 0,01 мм). Эти почвы имеют высокое потенциальное, но низкое эффективное плодородие. По данным Института почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, они обладают наибольшим в сравнении с другими почвами республики запасами микроэлементов, таких как магний, хром, ванадий, бор и кобальт, содержащихся в материнских породах. По количеству гумуса они также не уступают лучшим плодородным почвам. Вместе с тем эти почвы характеризуются неудовлетворительными водно-физическими свойствами, связанными со слабой водопроницаемостью и низкой водоотдачей, что является главной причиной их переувлажнения и (или) пересыхания в весенний и осенний периоды. По этим причинам период их оптимальной спелости и пригодности для механической обработки очень короткий.

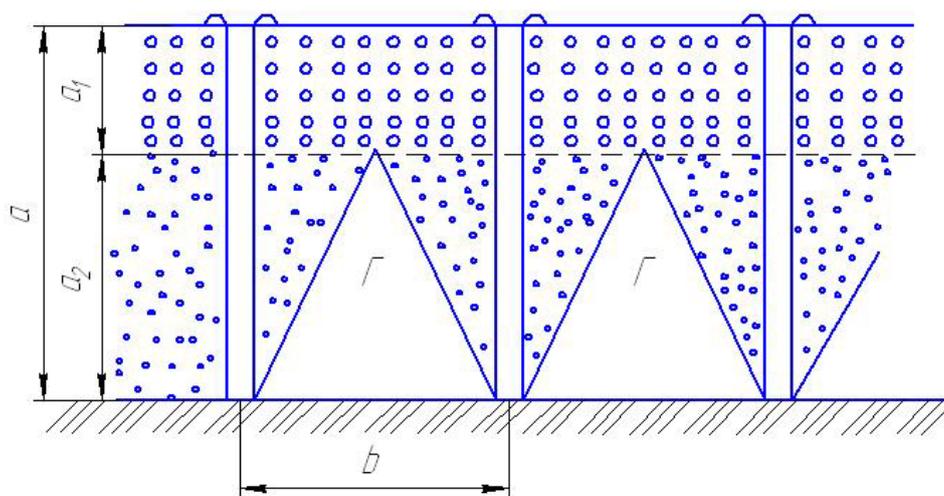
В данной работе поставлена задача на основании анализа тенденций развития процессов безотвальной обработки почвы обосновать тип рабочих органов перспективных машин.

Основная часть

Мировая практика использования тяжелых почв показывает, что рост урожайности возделываемых культур в большей степени зависит от глубины структурной почвы, чем от других факторов (сорта, удобрений, химзащиты и др.). Поэтому при подготовке полей под посев, особенно картофеля, свеклы, кукурузы, рапса, структурное рыхление должно вестись на глубину до 35–40 см.

Одним из орудий для осуществления такого рыхления является орудие чизельного типа. В качестве рабочего органа такого орудия применяется прямая или криволинейная стойка со сменным наральником, а иногда – со стрелчатой лапой.

«Чизель» в переводе с английского означает тяжелый культиватор, или плуг для безотвального рыхления почвы. Основным отличием чизельных почвообрабатывающих машин от лемешных является характер воздействия на почву. Чизель сродни сохе, которая рыхлит почву, отрывая ее от монолита, но не уплотняет подпахотные слои, как лемешные плуги или плоскорезы. По глубине рыхления почвы чизельные орудия можно подразделить на культиваторы (до 25 см), плуги (до 40 см) и глубокорыхлители (до 60 см). Вместе с тем чизельная обработка имеет и недостатки, основным из которых является то, что чизель, оборудованный наральником, неравномерно обрабатывает почву по глубине. В подпахотном слое имеют место большие необработанные гребни (рисунок 29).



а – полная глубина рыхления; **а₁** – глубина сплошного рыхления; **а₂** – глубина частичного рыхления почвы; **б** – расстояние между рабочими органами; **г** – гребни неразрушенной почвы после прохода чизельного орудия

Рисунок 29 – Схема чизельной обработки почвы (в разрезе)

Сверху в почве имеются большие комья, а дальше по глубине они уменьшаются, и качество крошения улучшается. Поэтому верхний слой почвы необходимо обрабатывать другими орудиями до мелкокомкового состояния.

Применение же на чизелях стрельчатых лап проблематично, так как у них есть ряд очень существенных недостатков.

Во-первых, такие чизели весьма неравномерно рыхлят слой почвы по глубине: верхняя его часть делается глыбистой, а нижняя – с разрушенной структурой почвы. Некачественное рыхление верхнего слоя устраняется дополнительной поверхностной обработкой, а вот нижний слой восстановить каким-либо способом невозможно. Во-вторых, согласно исследованиям [1], с увеличением глубины хода стрельчатой лапы более 12 см резко возрастает тяговое сопротивление и в обрабатываемом слое почвы быстро увеличивается содержание комков размером более 50 мм.

Кроме того, после каждого прохода таких лап часть верхнего слоя почвы просыпается к нижнему, а нижний постепенно перемещается наверх. Такие миграционные процессы почвенных частиц по вертикали с течением времени приводят к тому, что пахотный (гумусный) горизонт становится «разбавленным» менее плодородным подпахотным.

С учетом перечисленных выше недостатков орудий для безотвальной обработки почвы в Кировоградском национальном техническом университете (Украина) профессором П.В. Сысолиным разработаны конструкции плугов для безотвального послойного глубокого рыхления (рисунок 30). Новый рабочий орган состоит из нескольких тяжелых универсальных стрельчатых лап, закрепленных на жестких стойках. Лапы установлены уступом на расстоянии l друг от друга и на разных горизонтах с тем, чтобы каждая лапа имела свою меньшую глубину хода (a) в необработанной почве и находилась в «тени» расположенной впереди верхней лапы. Такая схема расстановки лап и способ безотвальной обработки почвы гарантируют равномерное ее крошение на всю глубину (A).

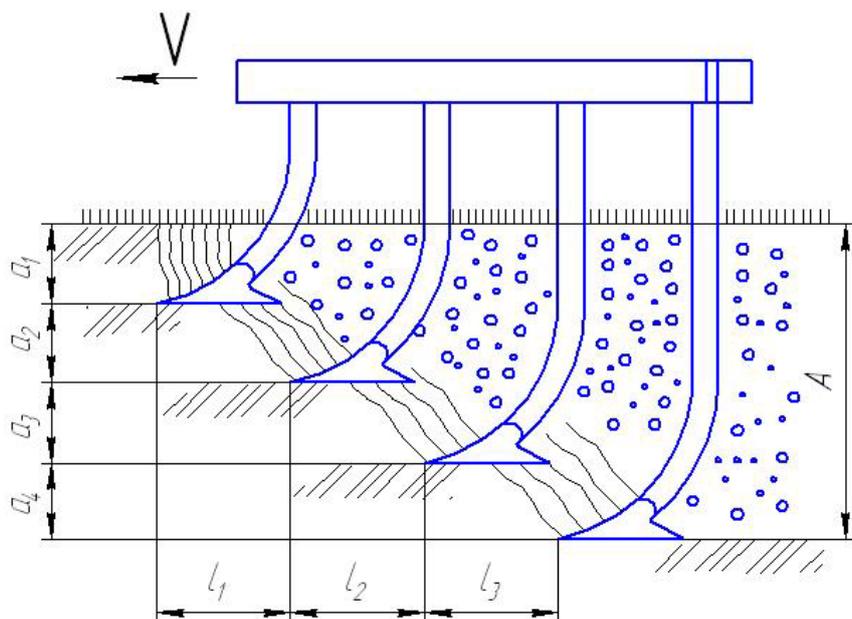


Рисунок 30 – Схема грядилца плуга для послойного рыхления почвы

С помощью таких плугов можно конструировать разнообразные комбинированные агрегаты. Кроме того, послойными плугами можно создавать разнообразную подпахотную подошву. А именно: гладкую подпахотную подошву, если на грядилцах плуга установлены все лапы и протекает ровное рыхление всего слоя почвы, или гребнистую подпахотную подошву, которая необходима при обработке полей на склонах, а также полей, подверженных водной эрозии, если на задних грядилцах плуга лапы установлены через одну.

В то же время, как показывает практика, глубокое структурирование тяжелых почв только механическим способом (рыхлением) не обеспечивает полного успеха. В результате чередования дождей и сухой погоды почвы вновь приобретают монолитную глыбистую структуру, в которой ухудшается микробиологический процесс и развитие растений.

Многолетний опыт исследовательской и практической работы на тяжелых почвах [2] Англии показывает, что только в сочетании бесплужных механических, биологических (внесение соломы, зеленой массы, промежуточных культур и др.) и химических приемов ведения земледелия можно добиться хорошей оструктуренности этих почв, повысить их плодородие и урожайность возделываемых культур.

Для обработки фонов с большим количеством пожнивных остатков, а также фонов с густой растительностью в последние годы за рубежом появился ряд машин, оборудованных, наряду с рыхлительными, дисковыми рабочими органами. Это, прежде всего, агрегаты Trio фирмы «Sumo», SL фирмы «Simba» (рисунки 31) (Великобритания), DXRV фирмы «Gregoire-Besson» (Франция).



Рисунок 31 – Почвообрабатывающий агрегат SL фирмы «Simba»

Эти агрегаты выполняют послойное безотвальное рыхление, при котором верхний слой рыхлит дисковый рабочий орган. В качестве рыхлительного рабочего органа нижнего слоя здесь используется наральник или специальная, как правило, составная лапа. Эти агрегаты и их рабочие органы хотя и имеют высокий технический уровень, обладают теми же недостатками, что и чизели, а поэтому не могут обеспечить качественную структуру почвы с небольшим пахотным горизонтом на глубине до 35–40 см.

Выводы

1. Безотвальная обработка почвы позволяет по сравнению с плужной обработкой снизить энергозатраты, улучшить структуру плодородного слоя, уменьшить вероятность проявления водной и ветровой эрозии. Однако разработанные и освоенные в настоящее время в Республике Беларусь машины для безотвальной обработки почвы не обеспечивают требуемого качества обработки тяжелых почв.

2. Для снижения затрат и обеспечения хорошей оструктуренности тяжелых почв их обработка должна вестись послойно на глубину 35–40 см с одновременным внесением в почву соломы, зеленой массы, сидератов, промежуточных культур и т.д.

3. При обработке верхнего слоя почвы должны использоваться дисковые рабочие органы, а для обработки последующих слоев – лаповые рыхлительные рабочие органы, каждая лапа которых должна быть установлена уступом и находиться в «тени» впереди расположенной лапы.

01.07.10.

Литература

1. Сысолин, П.В. Почвообрабатывающие и посевные машины: история, машиностроение, конструирование / П.В. Сысолин, П.В. Погорелов. – К.: Феникс, 2005. – 264 с.
2. Аллен, Х.П. Прямой посев и минимальная обработка почвы / Х.П. Аллен. – М.: Агропромиздат, 1985. – 208 с.

УДК 631.51

**Н.Д. Лепешкин, А.А. Точицкий,
В.В. Добриян**
(РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)

АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕ-ПОСЕВНЫХ АГРЕГАТОВ

Введение

Важнейшим звеном в системе мероприятий по созданию благоприятных условий для роста и развития растений являются обработка почвы и посев. Вместе с тем проведение этих операций требует больших материальных и трудовых затрат, которые в настоящее время составляют от всего объема затрат в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур до 35 и 25% соответственно. Одним из путей решения этой проблемы является совершенствование приемов и систем обработки почвы и посева, которые должны быть направлены как на совмещение выполняемых операций, так и на их сокращение.

Для реализации этого направления в настоящее время сельхозпредприятия используют ряд новых комбинированных почвообрабатывающе-посевных агрегатов как отечественного, так и зарубежного производства с различными конструктивными схемами, способными обеспечить их эффективную работу в различных природно-производственных условиях республики. Однако, как показывает практика, выбор новых агрегатов производится, как правило, без учета условий их применения, что в некоторых случаях сводит на нет эффективность внедряемых технологий.

Цель работы – дать анализ конструктивных схем почвообрабатывающе-посевных агрегатов, обеспечивающий их правильный выбор и эффективное использование в различных условиях эксплуатации.

Основная часть

Наибольшее распространение в настоящее время получили следующие схемы комбинированных агрегатов для совмещения операций предпосевной обработки почвы и посева:

– агрегаты, составленные из посевных и почвообрабатывающих машин, которые при необходимости могут использоваться отдельно;

– агрегаты, составленные из нескольких специально или серийно выпускаемых машин, одни из которых навешиваются на переднюю навеску, другие – на заднюю навеску трактора или другого энергосредства;

– агрегаты, представляющие собой общую раму, к которой прикрепляется посевная часть в виде сеялки или посевного оборудования и почвообрабатывающая часть со сменными либо постоянными рабочими органами.

До 1990–1995 годов совмещение технологических операций осуществлялось во всем мире главным образом путем создания комбинированных агрегатов по первой схеме. При этом агрегаты создавались как с пассивными, так и с активными почвообрабатывающими рабочими органами на базе полунавесных, прицепных или навесных машин.

К агрегатам с пассивными рабочими органами можно отнести наиболее известные: «Agropack+450» фирмы Rabe (Германия), «ЕХАКТА II» фирмы Kverneland (Норвегия), «VN-Сепак Профи» фирмы Vogel Noot (рисунок 32а). И сегодня практически все фирмы на своих машинах для предпосевной обработки почвы предусматривают устройства для навешивания сеялок.



а)

а) Сепак Профи, фирма «Vogel Noot» (Австрия);



б)

б) АПП-4,5, ОАО «Брестский электромеханический завод», РБ

Рисунок 32 – Агрегаты комбинированные полунавесные, составленные из почвообрабатывающих и посевных машин

Примером агрегатов с пассивными рабочими органами отечественного производства, выполненными по этой схеме, являются агрегаты АПП-4,5 (ОАО «Брестский электромеханический завод») (рисунок 32б) и АПП-4 (ДП «Минойтовский ремонтный завод»). Здесь в качестве почвообрабатывающей части используются полунавесные машины с набором рабочих органов типа АКШ, а в качестве посевной – навесные сеялки СН-4,5 и СПУ-4.

Основным достоинством комбинированных агрегатов, составленных по первой схеме, является возможность раздельного использования входящих в него машин и орудий с тракторами разного класса. Кроме того, раздельное использование позволяет увеличить годовую загрузку. Немаловажно и то, что агрегаты по такой схеме можно комплектовать из имеющихся в хозяйстве машин, не покупая новые. При этом достаточно изготовить лишь устройства для их соединения (автосцепки, прицепы и т.п.). Однако последовательное соединение отдельных машин в комбинированный агрегат, в первую очередь полунавесных или прицепных с пассивными рабочими органами, намного увеличивает его продольные размеры и требует значительной ширины поворотной полосы. Кроме того, такая компоновка агрегатов нередко приводит к ухудшению качества технологического процесса, так как рабочие органы отдельно серийно выпускаемых машин, включенных в агрегат, в большинстве случаев создаются без учета их совместной работы.

Более широкое распространение из комбинированных агрегатов этого типа получили навесные агрегаты, имеющие простое сочетание почвообрабатывающей машины с активными или пассивными рабочими органами и механической или пневматической сеялки.

Практически все фирмы Европы выпускают такие агрегаты (рисунок 33): «D9-AD3» фирмы Amazone [1], «Multidrill Eco-line 250-400A» фирмы Rabe Werk (Германия), «Aliante 300-400» фирмы Gaspardo (Италия) [2], «Tramline GE и GX» фирмы Sulky (Франция), «Vitasem A3-4 + Lion» фирмы Pottinger (Австрия) и др.



а)



б)



в)



г)



д)



е)

а) D9-AD, фирма «Amazone» (Германия); б) Turbodrill, фирма «Rabe Werk»;
в) Vitasem A, фирма «Pottinger» (Австрия); г) Tramline CE и CX, фирма «Sulke»;
д) Aliante, фирма «Gaspardo» (Италия); е) АПП-4А, ОАО «Брестский ЭМЗ»
Рисунок 33 – Агрегаты комбинированные навесные, составленные из почво-
обрабатывающих и посевных машин

В республике в ОАО «Брестский электромеханический завод» выпускается навесной агрегат с активными рабочими органами АПП-4А, состоящий из навесной роторной бороны фирмы «Kverneland» и сеялки СПУ-4.

В качестве основных достоинств этой группы агрегатов следует отметить, что они являются наиболее компактными и простыми в изготовлении и эксплуатации. Однако опыт использования этих машин в республике показывает, что они также имеют некоторые недостатки: большую массу для навешивания на трактор, недостаточную ширину захвата, низкую производительность, требуется трактор значительной мощности для их агрегатирования, плохо агрегируются с тракторами «Беларус». Кроме того, из-за ограничения по массе на навесных агрегатах не представляется возможность устанавливать необходимое сочетание рабочих органов для осуществления наиболее эффективного способа формирования семенного ложа на различных почвах и агрофонах.

В 1995–2000 годах получили развитие более эффективные агрегаты, составленные по второй схеме. Это, как правило, агрегаты к тракторам тягового класса 3, 5 и выше. К ним в первую очередь можно отнести (рисунок 34): «Avant 4000-6000» фирмы Amazone (Германия), «KLE+DF-2 3–6 м» фирмы Kverneland (Норвегия), «Centauro 5000-6000» фирмы Gaspardo (Италия), «CS 6003R» фирмы Kuhn (Франция) и др.



а)



б)



в)



г)

- а) Airstar Avant, фирма «Amazone» (Германия);
 б) KLE-DF-2, фирма «Kverneland» (Норвегия);
 в) Turbodrill F, фирма «Rabe Werk»;
 г) АПП-6АБ, ОАО «Брестский ЭМЗ»

Рисунок 34 – Агрегаты комбинированные, навешиваемые на переднюю и заднюю оси

Характерной особенностью агрегатов импортного производства является то, что у них на переднюю навеску трактора устанавливается семенной ящик, а на заднюю – роторная борона с посевным оборудованием.

В хозяйствах республики из агрегатов, выполненных по этой схеме, используется агрегат УКА-6 на базе энергосредства УЭС-2-250А ПО «Гомсельмаш». Здесь на дополнительную навеску навешивается сеялка для внесения минеральных удобрений СУ-12, а на основную – роторная борона БНР-6 и

пневматическая сеялка СПУ-6 или СТВ-12. Кроме этого, ОАО «Брестский электромеханический завод» выпускает агрегат АПП-6АБ к тракторам класса 5, где на переднюю навеску трактора навешивается бункер для семян, а на заднюю – роторная борона с сошниковой группой.

Основными достоинствами комбинированных машин с фронтальным расположением бункера для семян является равномерная загрузка осей трактора, лучшие маневренность, устойчивость и управляемость, меньшая ширина поворотной полосы и, что очень важно, снижение уплотнения почвы колесами трактора и ходовой системой всего агрегата в целом. Последнее обуславливается не только сокращением числа проходов агрегата по полю, что является характерным для всех рассматриваемых схем комбинированных агрегатов, но и значительным снижением удельного давления на почву за счет более равномерного распределения массы агрегата по колесам трактора. Агрегаты хорошо зарекомендовали себя при работе на склоновых землях.

Недостатком таких агрегатов, как показывает практика, является то, что у них почвообрабатывающая часть оснащена только активными рабочими органами. Это ограничивает зону их применения. При этом такие агрегаты имеют относительно небольшие емкости бункера, а следовательно, большие потери времени на их заправку. Кроме того, невозможно использование трактора на других работах, например на вспашке в ночное время.

Существенного повышения производительности, снижения энерго- и металлоемкости можно достичь при использовании комбинированных агрегатов, составленных по третьей схеме. У агрегатов почвообрабатывающая и посевная части полностью расположены позади трактора или другого энергетического средства.

Особенно интенсивно стали развиваться агрегаты по третьей схеме после 2000 года, по мере расширения их рынка сбыта в степные районы Украины, России, Казахстана, большие размеры полей которых требуют высокопроизводительной техники.

Наиболее известными из них, в том числе и в Республике Беларусь, являются (рисунок 35): «Pronto AC» и др. фирмы Horsh [3], «Cirrus 3001-9001» фирмы Amazone, «MegaSeed 3001-6002 K2» фирмы Rabe, «Solitair 9/600KA – DS + Zirkon 9/600 KA» и др. фирмы Lemken (Германия) [4], «Rapid A 400-800S» и др. фирмы Vaderstad (Швеция), «Maxidrill TW 4000-6000» и др. фирмы Roger и «Fastliner 3000-6000» фирмы Kuhn (Франция) [5], «Accord MSC» фирмы Kverneland (Норвегия), «Terrasem 3000-6000T» фирмы Pottinger (Австрия), «Tume Airmaster 4001-5001» и «Tume Maximaster 6001-8001» (Дания) и др.



а)



б)



в)



г)



д)



е)



ж)



з)

- а) Pronto AC, фирма «Horsch» (Германия);
- б) Megaseed, фирма «Rabe Werk»;
- в) Accord MSC, фирма «Kverneland» (Норвегия);
- г) Rapid AS, фирма «Vaderstad» (Швеция);
- д) Cirrus, фирма «Amazone»;
- е) FastLiner, фирма «Kuhn» (Франция);
- ж) АППА-6, ОАО «Брестский ЭМЗ»;
- з) АПП-6А, ОАО «Лидагропроммаш»

Рисунок 35 – Агрегаты комбинированные полунавесные, составленные из почвообрабатывающей и посевной частей на общей раме

Примером таких агрегатов, выпускаемых в Республике Беларусь, являются АППМ-4, АППМ-6, АПП-3 (ОАО «Брестский электромеханический завод») и АПП-6А (рисунок 35з), АПП-6П, АПП-6Г, АПП-6Д, АППА-4 (ОАО «Лидагропроммаш»), АППА-6 (ОАО «Бобруйсксельмаш»). Их особенностями является

ся то, что у первой группы агрегатов посевная часть устанавливается наверху рамы, а у второй группы посевная часть в виде сеялки крепится позади рамы (сницы) почвообрабатывающей машины.

Достоинства этих агрегатов состоят в следующем:

– по сравнению с агрегатами первых двух групп имеют более высокую производительность за счет больших объемов семенного бункера (3000–8000 и более $дм^3$) и меньших потерь эксплуатационного времени на заправки;

– могут быть оборудованы необходимым составом рабочих органов для осуществления наиболее эффективных способов формирования семенного ложа и посева;

– почвообрабатывающая часть агрегата может оборудоваться как пассивными, так и активными рабочими органами, что расширяет зону применения агрегата;

– трактор легко отсоединяется от агрегата и может использоваться при необходимости на других работах;

– агрегаты, по сравнению с фронтальным расположением семенного бункера на тракторе, имеют лучшую видимость и управляемость в процессе работы.

Заключение

Таким образом, анализ существующих конструктивных схем агрегатов комбинированных почвообрабатывающе-посевных позволяет сделать следующие основные выводы:

– от правильного выбора конструктивной схемы разрабатываемого агрегата зависят основные качественные, эксплуатационные и экономические показатели его работы;

– для небольших сельскохозяйственных предприятий и полей с ровным рельефом могут эффективно применяться недорогие агрегаты шириной захвата 2,5–3 м, состоящие из насадной сеялки и почвообрабатывающего орудия с активными или пассивными рабочими органами;

– агрегаты, составленные из посевных и почвообрабатывающих машин, навешиваемых на переднюю и заднюю навески энергосредства, более эффективны для работы на склоновых землях со средними размерами полей;

– агрегаты полунавесные с расположением почвообрабатывающей и посевной частей на общей раме позади энергосредства могут быть наиболее производительными и эффективными при использовании в больших предприятиях, на полях больших размеров и почвах разного механического состава в технологиях отвального и безотвального земледелия благодаря набору сменных рабочих органов.

01.07.10.

Литература

1. Официальный сайт фирмы Amazone [Электронный ресурс] / Amazonen-Werke H.Dreyer GmbH & Co.KG. – Germany, 2010. – Режим доступа: <http://www.amazone.de>. – Дата доступа: 25.06.2010.
2. Официальный сайт фирмы Gaspardo [Электронный ресурс] / Gaspardo Seminatrici S.P.A. – Italy, 2010. – Режим доступа: <http://www.gaspardo.it>. – Дата доступа: 25.06.2010.
3. Официальный сайт фирмы Horsch [Электронный ресурс] / Horsch Maschinen GmbH. – Germany, 2010. – Режим доступа: <http://www.horsch.com>. – Дата доступа: 25.06.2010.
4. Официальный сайт фирмы Lemken [Электронный ресурс] / LEMKEN GmbH & Co. KG. – Germany, 2009. – Режим доступа: <http://www.lemken.com>. – Дата доступа: 25.06.2010.
5. Официальный сайт фирмы Kuhn [Электронный ресурс] / KUHN S.A. – Франция, 2010. – Режим доступа: <http://www.kuhn.com>. – Дата доступа: 25.06.2010.

УДК 631.51

**Н.Д. Лепешкин, А.А. Точицкий,
В.В. Добриян**
(РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)

АНАЛИЗ ТИПА ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ЧАСТИ СОВРЕМЕННЫХ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕ-ПОСЕВНЫХ МАШИН И ЕЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

Введение

Основными требованиями, предъявляемыми к почвообрабатывающей части комбинированных машин для предпосевной обработки почвы и посева, являются: равномерное рыхление верхнего слоя почвы на глубину, равную или большую, чем глубина заделки семян, выравнивание поверхности поля, создание мелкокомковатой структуры посевного слоя, уплотнение ложа на глубине укладки семян, уничтожение всходов сорняков, сохранение влаги в посевном и пахотном слоях, улучшение микробиологической активности и пищевого режима почвы. Предпосевная обработка легких по механическому составу почв должна проводиться на глубину до 8 см, тяжелых – до 15 см. При этом отклонение средней глубины обработки почвы от заданной должно быть не более ± 1 см (до 12 см) и ± 2 см (более 12 см), подрезание сорняков должно быть полным, фракции почвы до 4 см должны составлять в обработанном слое не менее 80%, высота гребней и глубина борозд должна быть не более 4 см.

При выборе типа почвообрабатывающей части наряду с агротехническими требованиями необходимо учитывать особенности обрабатываемой почвы, применяемую систему земледелия, а также мощность, конструктивные и эксплуатационные особенности применяемых тракторов. При выборе типа почвообрабатывающей части должны быть учтены технико-экономические показатели.

В целом по республике под пашней легкие по механическому составу почвы занимают 68,6%, а в Брестской области – 84,8%, в Гомельской – 77,7% [1]. Такие почвы имеют минимальное количество структурных водопрочных агрегатов диаметром 0,25–10 мм, а поэтому требуют щадящего воздействия на них рабочих органов.

Площадь пашни, засоренная камнями, в республике составляет 506,3 тыс. га (около 9,8% общей площади). Практически только поля Гомельской области чистые от камней (1,4%).

Целью работы является анализ тенденций развития типов почвообрабатывающей части и ее рабочих органов современных почвообрабатывающе-посевных машин для определения наиболее эффективных из них в почвенно-климатических и производственных условиях Республики Беларусь.

Типы почвообрабатывающей части

В настоящее время в комбинированных машинах в качестве почвообрабатывающей части используются орудия с пассивными и активными рабочими органами. К пассивным относятся те орудия, рабочие органы которых не имеют привода и воздействуют на почву только во время движения орудия со скоростью, равной скорости этого движения (или даже меньшей – ввиду возможного буксования, когда применяются вращающиеся рабочие органы). Соппротивление этих орудий преодолевается силой тяги.

К активным орудиям относятся те рабочие органы, которые приводятся в действие посредством передачи, а их скорость, как правило, не совпадает со скоростью передвижения самого орудия.

С учетом почвенных условий нашей республики наиболее перспективными почвообрабатывающе-посевными машинами являются машины с пассивными рабочими органами. Преимуществами данных машин является то, что они оказывают на почву менее интенсивное воздействие, чем машины с активными рабочими органами, и поэтому создают меньшую опасность разрушения структуры почвы. Отсюда следует, что там, где условия позволяют производить предпосевную подготовку почвы за один-два прохода агрегата, необходимо, особенно весной, применять машины с пассивными рабочими органами, тем более что весной почва не создает особых затруднений для обработки. Кроме того, такие машины при значительной влажности почвы весной можно вывести на поля раньше, чем с активными рабочими органами.

Наиболее эффективно использование машин с пассивными рабочими органами на почвах, засоренных камнями, а также легких (песчаных и супесчаных) почвах.

Преимуществом машин с пассивными рабочими органами является то, что они менее энергоемки и имеют большую ширину захвата. Благодаря этому уменьшается площадь уплотнения колесами трактора по отношению ко всей обрабатываемой площади.

Машины с пассивными рабочими органами имеют более высокую рабочую скорость (10–15 км/ч), что позволяет достичь большей производительности.

На тяжелых почвах, особенно осенью, когда недостаточно двух рабочих проходов комбинированной машины, почвообрабатывающая часть которой содержит пассивные рабочие органы, оправдано применение машин, в состав которых входят активные рабочие органы.

Машины с активными рабочими органами отличаются более сложной конструкцией и большей массой по сравнению с пассивными. Из-за трудностей, связанных с приводом рабочих органов на складывающихся в транспортное положение агрегатах, их ширина захвата, как правило, не превышает 6 м; в то же время машины с пассивными рабочими органами имеют ширину захвата до 18 м. Рабочая скорость машин с активными рабочими органами ниже, чем с пассивными, и редко превышает 6–8 км/ч. К недостаткам орудий с активными рабочими органами следует отнести их более сложную конструкцию и меньшую надежность, особенно на полях, засоренных камнями.

Преимуществом машин с активными рабочими органами является их небольшая продольная длина, позволяющая составлять компактные почвообрабатывающе-посевные агрегаты. Приводные рабочие органы позволяют более полно и эффективно использовать мощность энергосредства, снизить потери на буксование. Благодаря изменяющимся передаточным отношениям в силовых передачах рабочих органов, возможно регулирование интенсивности крошения и перемешивания почвы активными рабочими органами в соответствии с фактической потребностью. Кроме того, на тяжелых и пересохших почвах часто только с помощью машин с активными рабочими органами вообще возможно произвести их обработку. Перечисленные свойства машин с активными рабочими органами способствуют их применению на тяжелых почвах, прежде всего, для предпосевной подготовки почвы под посев озимых зерновых культур, то есть в осенний период, а также для подготовки почвы под посев мелкосемянных культур.

Наряду с повышением качества обработки тяжелых почв, активные рабочие органы позволяют производить и более качественную подготовку задернованных почв.

Для выполнения технологического процесса предпосевной обработки почвы в почвообрабатывающей части большинства комбинированных почвообрабатывающе-посевных машин помимо рыхлительных рабочих органов применяют выравниватели и катки. При этом в некоторых агрегатах предусмотрена возможность установки сменных почвообрабатывающих частей как с пассивными, так и с активными рабочими органами.

Пассивные рыхлительные рабочие органы

В качестве пассивных рыхлительных рабочих органов для подготовки минеральных почв под посев зерновых, как правило, используют S-образные пружинные стойки с оборотными лапами шириной 30–35 мм, для подготовки почвы под посев мелкосемянных культур – S-образные пружинные стойки с подпружинником и стрельчатой лапой шириной 90–110 мм.

Такие рабочие органы использует фирма Lemken в своих агрегатах «Quarz» и «Kompaktor» (рисунок 36а) [2], фирмы «Rabe», «Vogel Noot», «Kverneland» и другие.

Для обработки тяжелых почв чаще всего используют рыхлительные лапы на жестких стойках (с предохранителями или без предохранителей) или на пружинных стойках повышенной жесткости.

В системе безотвального земледелия используются ротационные ножевидные бороны (рисунок 36б) [3], сферические диски на индивидуальной подвеске, гофрированные диски (рисунок 36в) [4] и их сочетания. В научной литературе отсутствуют данные по сравнительной оценке этих рабочих органов. После лущения жнивья каждые из них способны качественно выполнить предпосевную мульчирующую обработку стерневого фона.



а)



б)



в)



г)

а) с лапами на S-образных стойках (фирма «Lemken»);

б) с ножевидными батареями (фирма «Horsch»);

в) с волнистыми дисками (фирма «Kuhn»);

г) со сферическими дисками (фирма «Amazone»)

Рисунок 36 – Почвообрабатывающие машины в составе комбинированных почвообрабатывающе-посевных машин

На последних моделях зарубежных агрегатов наибольшее распространение получили дисковые рабочие органы с индивидуальной амортизирующей подвеской. При этом на агрегатах фирм «Horsch», «Pottinger», «Vaderstad», «Lemken», «Kverneland» сферические диски установлены под небольшими положительными углами атаки и крена, а на агрегатах фирмы «Amazone» установлены диски с отрицательным углом крена. Это несколько снижает заглубляющую, но улучшает мульчирующую и выравнивающую их способности (рисунок 36г) [5].

Для работы на стерневых фонах в районах, где проявляется ветровая эрозия, агрегаты оборудуются лаповыми рыхлительными рабочими органами. Они же являются, как правило, и сошниками для подпочвенного высева семян и удобрений. Такая технология позволяет до 80% растительных остатков оставить на поверхности почвы.

Активные рабочие органы

В качестве активных рыхлительных рабочих органов машин используют ротор, вращающийся от ВОМ трактора вокруг горизонтальной или вертикальной оси.

На роторе с горизонтальной осью вращения, как правило, крепятся Г-образные ножи, а на роторе с вертикальной осью вращения – прямые ножи, расположенные параллельно оси вращения.

Ножи роторов с вертикальной осью вращения во время работы находятся в постоянном контакте с почвой, а для ножей роторов с горизонтальной осью вращения контакт с почвой составляет только 20–25% от длины окружности перемещения ножей.

С увеличением поступательной скорости движения машины снижается степень дробления почвы. Увеличение частоты вращения роторов влечет увеличение степени дробления и истирания почвенных агрегатов. Для получения соответствующей агротребованиям структуры почвы необходимо, чтобы отношение между поступательной скоростью машины и частотой вращения рабочих органов было оптимальным.

Почвообрабатывающая машина с горизонтальной осью вращения рабочих органов представляет собой роторную фрезу. Как правило, это высокоэнергоемкие (25–30 кВт/м) узкозахватные и непроизводительные машины. По мере появления эффективных пассивных рабочих органов на S-образных стойках, спирально-планчатых и других катков фрезы стали иметь ограниченное применение на предпосевной обработке почвы. В настоящее время они находят применение, в основном, на обработке задернованных почв. Качественное измельчение дернины и перемешивание с почвой способствует быстрой минерализации органического вещества, повышает продуктивность и обновляемость травостоев лугопастбищных угодий. Как правило, для обработки лугопастбищных угодий применяют орудия с Г-образными рабочими органами, которые обеспечивают фрезерование древесно-кустарниковой растительности, дернового покрова и кочек.

В последние десятилетия большое распространение получили роторные (ротационные) машины с вертикальной осью вращения. Это менее энергоемкие (до 20 кВт/м), более производительные и более щадящего воздействия на почву машины. Они широко применяются в составе почвообрабатывающе-посевных агрегатов.

Различают роторные бороны и культиваторы. Они отличаются формой и расположением ножей (зубьев) на роторе. У борон ножи расположены строго вертикально, а у культиваторов они установлены наклонно к оси вращения с увеличением расстояния от оси вращения до ножа сверху вниз. При этом в нижней части нож культиватора имеет отгиб вперед относительно направления вращения ротора. Благодаря такому расположению ножей к направлению движения, культиваторы роторные по сравнению с боронами имеют меньшее сопротивление, способны обрабатывать поля как в традиционной отвальной, так и в мульчирующей минимальных системах обработки и посева.

Роторные бороны (культиваторы) могут иметь от 2 до 6 режимов работы, обеспечивающих окружную скорость ножей от 1,7 до 7 м/с, что соответствует частоте вращения от 120 до 530 мин⁻¹. Как показывают результаты сравнительных исследований, интенсивность крошения почвы зависит от поступательной скорости агрегата и частоты вращения ротора. Рабочая скорость орудий с активными рабочими органами для поверхностной обработки почвы редко превышает 6 км/ч.

Среди известных в Европе роторных (ротационных) борон можно выделить борону «Zirkon 10» (рисунок 37а) фирмы «Lemken», а среди роторных культиваторов – культиватор КГ фирмы «Amazone» (рисунок 37б).



а)



б)

а) борона Zirkon фирмы «Lemken»; б) культиватор КГ фирмы «Amazone»

Рисунок 37 – Роторные орудия

Катки

Входящие в состав почвообрабатывающей части почвообрабатывающе-посевных агрегатов катки предназначены для разбивания комьев, выравнивания поверхности и уплотнения почвы. Они также выполняют функцию регулятора глубины обработки почвы и определяют окончательную структуру семенного ложа. Наибольшее распространение в современных машинах получили планчатые, трубчатые, прутковые, зубчатые, шпоровые, клиновидные катки и катки в виде секционной сборки резиновых шин.

Планчатые (рисунок 38а) и прутковые катки состоят из дисков и приваренных к ним планок или прутков круглого сечения. При этом планки могут изготавливаться зубчатыми или гладкими. Планки и прутки могут располагаться параллельно оси вращения, наклонно или по криволинейной образующей, представляя собой многозаходную спираль. Диаметр катков находится в пределах 280–400 мм.

Кроме крошения, выравнивания и уплотнения почвы такие катки обладают еще одним чрезвычайно важным свойством: они извлекают на поверхность поля и оставляют на ней сравнительно крупные комья земли, в то время как подвергшиеся более сильному крошению комочки почвы скапливаются в нижней части обрабатываемого (прикатываемого) слоя почвы, то есть в слое, где высеваются семена. Это оказывает благоприятное влияние на всходы растений, поскольку комки, лежащие на поверхности поля, при выпадении осадков защищают от размывания подвергшиеся более интенсивному крошению комки почвы, находящиеся под ними.

Несмотря на ряд достоинств, планчатые и прутковые катки имеют и недостатки, ограничивающие возможность их применения. Так, на глинистых и суглинистых почвах повышенной влажности они забиваются почвой и растительными остатками, обладают недостаточной надежностью на почвах, засоренных камнями, заглубляются на большую глубину при работе на легких почвах, что приводит к сгуживанию почвы перед ними, а также они неработоспособны на торфяниках.



а)



б)



в)



г)

а) планчатый; б) трубчатый; в) шпоровый; г) зубчатый

Рисунок 38 – Катки для формирования сплошного семенного ложа

Трубчатые катки (рисунок 38б) по своей конструкции схожи с планчатыми. Их рабочие элементы – это металлические трубки, расположенные на дисках по прямолинейным или криволинейным образующим. Данные катки имеют больший диаметр (350–600 мм), что обеспечивает их более высокую несущую способность. Применение таких катков рекомендуется на легких минеральных и торфяных почвах.

В целом спирально-планчатые, -трубчатые и -прутковые катки в сочетании с рыхлительными рабочими органами способны обеспечить высококачественную подготовку сплошного семенного ложа в системе отвального земледелия на легких и средних почвах.

Отличительной особенностью шпоровых катков (рисунок 38в) является конструкция рабочего органа. Им является диск с боковыми выступами – шпорами. Диаметр таких катков колеблется в пределах 400–500 мм. В центре диска имеется ступица с отверстием под вал, на котором собирают диски в отдельные секции. Эти катки интенсивнее, чем вышеописанные, крошат крупные почвенные комья, обладают хорошей несущей способностью. Характерной особенностью катка является формирование хорошо выровненной и разрыхленной поверхности почвы при одновременном качественном формировании семенного ложа на глубине 2–3 см. Применение их рекомендуется при подготовке почвы под посев мелкосеменных культур.

Зубчатый каток (рисунок 38г) представляет собой барабан круглого сечения с расположенными на нем по спирали зубцами. Такой каток предназначен для разрушения почвенных комьев и интенсивного уплотнения свежевзрых-

ленной почвы перед посевом с одновременным выравниванием. Зубчатые катки применяются, в основном, на машинах с активными рабочими органами, а также в системе минимальной обработки почвы.

Для подготовки почвы под посев семян в уплотненные бороздки используются клинчатые катки. Рабочим элементом таких катков являются кольца, выполненные в виде клина и установленные на расстоянии друг от друга, равном ширине междурядий. Для работы на тяжелых почвах применяют катки, кольца которых изготовлены металлическими и установлены на вал (рисунок 39а), а для работы на легких, средних почвах – катки, кольца которых установлены на сплошном барабане, при этом кольца могут изготавливаться как металлическими, так и резиновыми (рисунок 39б).



а)



б)

а) с металлическими клиновидными дисками; б) с резиновыми клиновидными дисками, установленными на барабане

Рисунок 39 – Катки для формирования уплотненных бороздок

Катки в виде полых резиновых шин (рисунок 40а) обеспечивают почти идеально выровненный и подуплотненный посевной слой, что позволяет производить более равномерную по глубине заделку семян. Рекомендуются для подготовки почвы под посев овощей, льна, свеклы, особенно на легких почвах. Кроме этого, для подготовки средних и тяжелых почв применяют шины, заполненные каучуком с «елочным» рисунком протектора (рисунок 40б).



а)



б)

а) с пустотелой шиной; б) с шиной, заполненной каучуком

Рисунок 40 – Катки в виде резиновых шин

Следует отметить, что в последние годы катки в виде резиновых шин находят все большее применение. Объясняется это рядом их существенных преимуществ, главными из которых являются: 1) они наиболее эффективны в системе минимальной мульчирующей обработки стерневых фонов; 2) универсальны, могут использоваться и в отвальной традиционной системе обработки почвы; 3) повышают несущую способность всего агрегата, что

улучшает его работу на свежеспаханных и других рыхлых фонах;
4) позволяют при работе агрегата поднимать транспортные колеса над почвой и избегать образования колеи.

Заключение

1. В лучших почвообрабатывающе-посевных агрегатах предусмотрена возможность установки сменных почвообрабатывающих орудий (адаптеров) с пассивными или активными рабочими органами.

2. В условиях Республики Беларусь наиболее перспективными и распространенными (более 70%) являются агрегаты с пассивными почвообрабатывающими рабочими органами.

3. Среди известных пассивных рабочих органов для работы на легких и средних дерновоподзолистых почвах наиболее универсальными и надежными применительно к различным агрофонам являются дисковые рабочие органы с активным углом атаки и пассивным углом крена дисков (по типу рабочих органов агрегата «Cirrus» фирмы «Amazone»). Для работы на тяжелых почвах следует применять дисковые рабочие органы с активными углами атаки и крена (по типу рабочих органов «Pronto» фирмы «Horsch»).

4. Для работы в районах, где проявляется ветровая эрозия, агрегаты оборудуются лаповыми рыхлящими рабочими органами, которые являются одновременно и сошниками для высева семян и подпочвенного внесения удобрений.

5. Среди орудий с активными рабочими органами, используемых в почвообрабатывающей части агрегата, наибольшее распространение нашли роторные орудия.

6. В качестве прикатывающих рабочих органов для почвообработки наибольшей универсальностью в системах отвального и безотвального земледелия обладают катки в виде резиновых шин.

01.07.10.

Литература

1. Кузнецов, Г.И. Структура земельных ресурсов Беларуси, их динамика и качественная характеристика / Г.И. Кузнецов, Н.И. Смеян, Л.И. Шибут // Почвоведение и агрохимия. – 2006. – №2. – С. 7-13.
2. Официальный сайт фирмы Lemken [Электронный ресурс] / LEMKEN GmbH & Co. KG. – Germany, 2009. – Режим доступа: <http://www.lemken.com>. – Дата доступа: 25.06.2010.
3. Официальный сайт фирмы Horsch [Электронный ресурс] / Horsch Maschinen GmbH. – Germany, 2010. – Режим доступа: <http://www.horsch.com>. – Дата доступа: 25.06.2010.
4. Официальный сайт фирмы Kuhn [Электронный ресурс] / KUNN S.A. – Франция, 2010. – Режим доступа: <http://www.kuhn.com>. – Дата доступа: 25.06.2010.
5. Официальный сайт фирмы Amazone [Электронный ресурс] / Amazonen-Werke H.Dreyer GmbH & Co.KG. – Germany, 2010. – Режим доступа: <http://www.amazone.de>. – Дата доступа: 25.06.2010.

УДК 631.331.022

**Н.Д. Лепешкин, А.А. Точицкий,
А.Л. Медведев, Ю.Л. Салапура**
(РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)

АНАЛИЗ ПОСЕВНОЙ ЧАСТИ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕ- ПОСЕВНЫХ АГРЕГАТОВ И ЕЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

Введение

Для обеспечения продовольственной безопасности в Республике Беларусь необходимо производить до 9 млн. тонн зерна ежегодно [1]. При этом увеличение валового сбора должно происходить за счет повышения урожайности культур, уменьшения потерь при уборке и хранении урожая [2].

Немаловажное место здесь занимает посев, являясь надежной основой будущего урожая. Важный аспект – сроки сева. Временной интервал между предпосевной обработкой и посевом должен быть минимальным, чтобы семена укладывались во влажную почву, а сорняки в своем развитии не обгоняли культурные растения. Реализация этого условия невозможна без соответствующих технических средств. Так, недобор урожая при несоблюдении сроков сева зерновых культур может достигать 18–30% [3, с. 34]. Для обеспечения своевременного выполнения данной технологической операции эффективно применение почвообрабатывающе-посевных агрегатов, которые позволяют за один проход по полю выполнить все операции предпосевной обработки почвы и посев. Применение таких агрегатов обеспечивает кроме выполнения агротехнических требований повышение производительности труда и снижение расхода топлива по сравнению с однооперационными машинами.

Основной задачей, которую должна решать посевная часть почвообрабатывающе-посевных машин, является равномерное распределение семян по площади поля с заданной нормой высева, заделка их на определенную глубину, установленную агротехническими требованиями для каждой культуры, и обеспечение контакта семян с влажными слоями почвы.

Цель работы – проанализировать тенденции развития посевной части современных почвообрабатывающе-посевных агрегатов и выбрать рабочие органы, обеспечивающие агротехнические требования к посеву в условиях Республики Беларусь.

Механические и пневматические сеялки

Применяемые в настоящее время как за рубежом, так и в республике сеялки и почвообрабатывающе-посевные агрегаты по типу системы высева можно разделить на механические и пневматические.

Механические сеялки наиболее просты по конструкции, надежны в работе, обеспечивают равномерное распределение семян по сошникам. С целью увеличения спроса на эти сеялки многие фирмы продолжают работать над их совершенствованием, в первую очередь над конструкцией бункеров повышенной вместимости. Так, в новых моделях сеялок Rapid 300-400 C/S Super XL фирмы «Vaderstadt» емкость бункера составляет 2900–4200 л. Фирма «Amazon» на сеялках D-9-AD3 для увеличения емкости бункера использует насадки. Поэтому емкость бункера, например, 3-метровой сеялки может варьировать от 450 до

1000 л. Бункеры с возможностью увеличения их емкости применяются и на сеялках «Tramline SE-SX» фирмы «Sulky».

Необходимо отметить, что доля выпускаемых моделей зарубежных сеялок с механической системой высева уменьшается с увеличением их ширины захвата. Так, если при ширине захвата до 3 метров они составляют 75% всех производимых моделей, то при ширине захвата 3–4 метра их доля равна 50%. Большинство сеялок с шириной захвата 5–9 метров зарубежные фирмы производят с пневматической системой высева [4].

Сеялки с пневматической системой высева обладают следующими достоинствами:

а) возможностью использования бункера для семян практически любого объема, что уменьшает количество необходимых заправок в работе и, естественно, способствует повышению производительности;

б) централизованное расположение бункера позволяет снизить металлоемкость и обеспечивает оперативный перевод агрегата из рабочего положения в транспортное, повышается его маневренность.

Недостатками сеялок с пневматической системой высева являются:

а) сложность в поддержании постоянства параметров воздушного потока с приводом вентилятора от вала отбора мощности энергетического средства;

б) не исключается забивание высеваемым материалом семяпроводов при их провисании в работе и снижении частоты вращения вентилятора;

в) механическое травмирование семян из-за многократных соударений при движении по пневмоматериалопроводу и значительная неравномерность распределения их по сошникам.

Однако, несмотря на эти недостатки, вследствие необходимости повышения производительности труда и снижения металлоемкости, пневматические системы высева имеют перспективу. При этом идет поиск новых типов пневматических систем высева, обеспечивающих агротехнические требования.

Системы высева пневматических сеялок

В настоящее время применяются три типа систем высева: индивидуально-го, централизованного и группового дозирования посевного материала.

В системах с индивидуальным дозированием семян число дозаторов равно числу сошников. При этом подаваемый воздушный поток служит только для транспортирования семян от дозаторов к сошникам. Примером таких систем высева являются системы сеялок и агрегатов «Reguline Solo 6.0m», «Reguline SPI» фирмы «Sulky» (Франция), «Maxidrill RW 600/900», «Maxidrill TW 6000» фирмы «Roger» (Франция) и др.

Положительным моментом в таких системах является более равномерное распределение семян по сошникам (2–3%), оно сопоставимо с равномерностью механических систем высева.

К недостаткам следует отнести наличие большого количества пневмоматериалопроводов, идущих от бункера к сошникам, что снижает технологическую надежность сеялок и усложняет их конструкцию.

Наиболее распространены системы высева семян с централизованным дозированием семян с помощью одного или двух дозаторов и последующим де-

лением общих потоков на отдельные потоки по сошникам. К преимуществам данной системы относится то, что она более универсальна по высеву различных семян, так как дозирование происходит большими порциями, менее зависящими от свойств семян. Система обеспечивает простую установку нормы посева. Однако при использовании этих систем трудно добиться равномерного распределения семян по сошникам (составляет 6–14%).

В последние годы все более широкое применение находят системы посева с групповым дозированием семян. Такая система состоит из нескольких самостоятельных секций, каждая из которых содержит дозатор и делительную головку. Все секции посредством дозаторов связаны с единым бункером, при этом каждая из них рассчитана на посев семян через определенное количество сошников. При использовании данной системы равномерность распределения семян по сошникам по сравнению с системой посева с централизованным дозированием улучшается (составляет 2,5–5%), так как количество семян, поступающих в делительную головку, уменьшается. К преимуществам системы с групповым дозированием семян относится и то, что она не требует, как при индивидуальном дозировании, укладки большого числа пневмоматериалопроводов, идущих от бункера к сошникам [5].

Дозаторы и их приводы

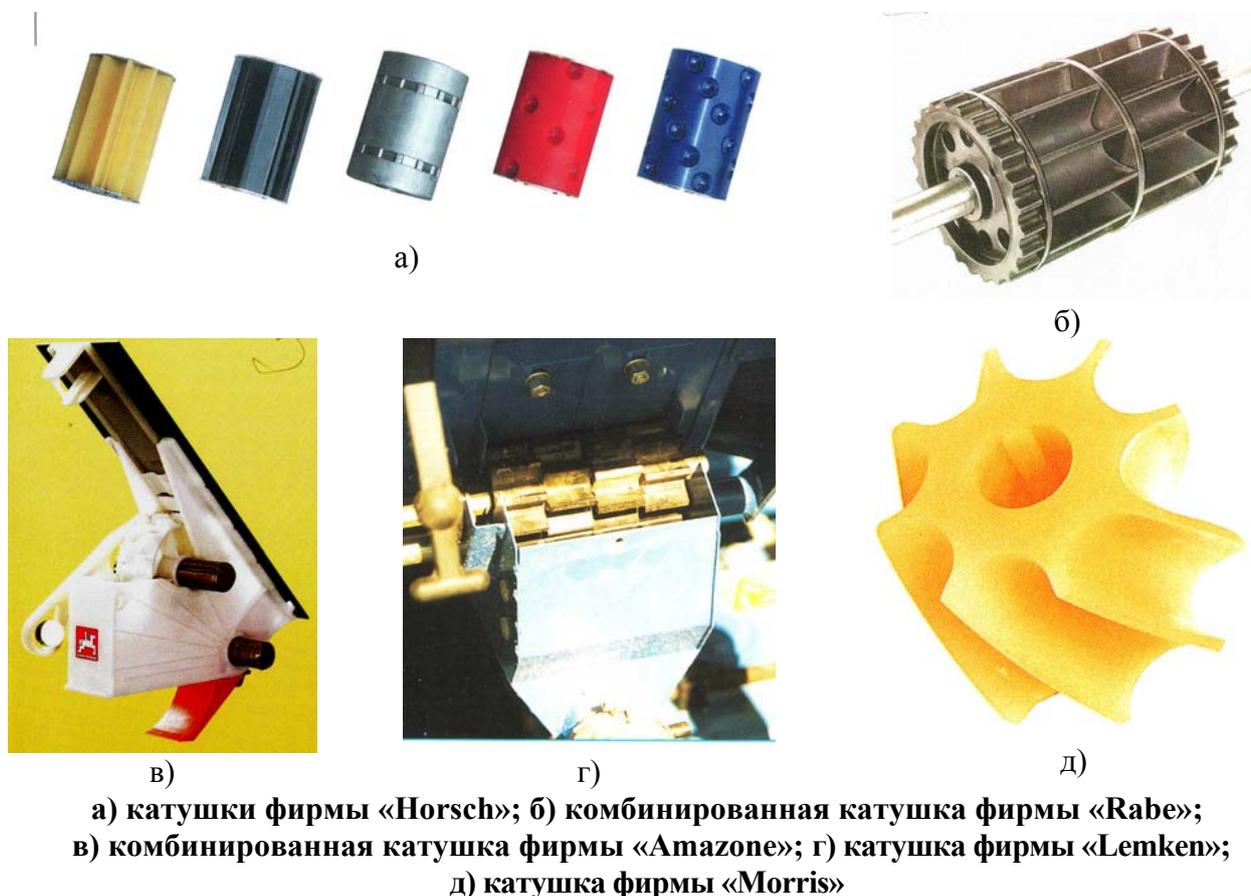
Качество работы системы посева посевного агрегата, наряду с указанным, во многом зависит от конструкции дозирующих устройств и их привода. При выборе дозатора и его привода необходимо учитывать, что они должны отвечать следующим основным требованиям: равномерно подавать семена; обеспечивать устойчивый посев, то есть высевать одинаковое количество семян на 1 м пути, независимо от степени заполнения бункера, рельефа поля, изменения скорости движения агрегата; не повреждать семена; бесперебойно высевать семена различных культур, отличающихся по форме, геометрическим параметрам, состоянию поверхности.

Применяемые в настоящее время дозирующие устройства не отвечают в полной мере этим требованиям. Например, семена зерновых культур следует размещать в бороздке через 3–5 см, для чего нужно равномерно высевать 30...50 семян в секунду. Однако современные дозаторы дают пульсирующие потоки. Поэтому в рядах, особенно при посеве механическими сеялками и пневматическими сеялками с индивидуальным дозированием, встречаются скученность семян и пропуски, превышающие оптимальный интервал (при этом коэффициент вариации распределения семян в рядке составляет 90–120%).

Среди дозирующих устройств наиболее распространены катушечные, катушка которых выполнена желобчатой, штифтовой и ячеистой.

Для посева различных видов семенного материала ряд фирм, таких как «Horsch», «Lemken» (Германия), комплектуется сеялками сменными катушками (рисунок 41а) [6]. Фирмы «Amazon», «Rabe» (Германия), «Vaderstadt» (Швеция) используют комбинированные катушки, состоящие из катушек для посева мелко- и среднесеменных культур (рисунок 41б, в) [7, 8], а фирмы «Accord» (Германия), «Gaspardo» (Франция) – катушку с изменяемой глубиной желобков. Последняя используется на отечественных сеялках СПУ. Для снижения пуль-

саций, например, фирма «Lemken» изготавливает желобчатую катушку из нескольких частей, желобки которых смещены по отношению друг к другу (рисунок 41з), а фирма «Morris» применяет катушку, желобки которой располагаются по спирали (рисунок 41д) [9].



а) катушки фирмы «Horsch»; б) комбинированная катушка фирмы «Rabe»;
 в) комбинированная катушка фирмы «Amazone»; г) катушка фирмы «Lemken»;
 д) катушка фирмы «Morris»

Рисунок 41 – Катушки дозирующих устройств посевных машин

Привод катушек дозирующих устройств почвообрабатывающе-посевных агрегатов может быть механическим или электрическим.

При механическом приводе вращение дозирующих устройств осуществляется от опорных колес или специального приводного колеса. При этом крутящий момент передается через цепные и карданные передачи на редуктор и далее – на катушки. Редуктор служит для установки нормы высева (при использовании катушек с постоянной длиной рабочей части). Для обеспечения более точной установки нормы высева многие фирмы используют, как правило, бесступенчатые редукторы.

Основными недостатками механического привода, наряду с его сложностью, является то, что не исключена возможность проскальзывания колеса по поверхности поля, так как оно является приводным, и установка нормы высева может производиться только во время остановки посевного агрегата. Для устранения последнего недостатка применяется гидропривод с электронным управлением из кабины трактора.

При использовании электрического привода крутящий момент на катушку дозатора передается от электродвигателя, установленного непосредственно на дозаторе. Для осуществления такого привода требуется система электронного

контроля и управления, которая позволяет устанавливать заданную подачу семян в зависимости от скорости движения без остановки агрегата. Для этого устанавливается колесо возбуждения импульсов. Оно предназначено для измерения пройденного пути при помощи индуктивного датчика. Поскольку колесо не является приводным, то оно вращается без проскальзывания. Кроме того, на некоторых моделях сеялок, например фирмы «Horsch», для этих целей применяется радар.

Возможность изменения нормы высева во время движения агрегата позволяет корректировать ее, например, при изменении глубины заделки семян или засеивании поворотных полос. Кроме этого, изменение нормы высева необходимо и при образовании технологической колеи.

Электрический привод используется на пневматических сеялках фирм «Lemken», «Horsch», «Rabe» и др.

Делительные головки

Делительные головки служат для распределения посевного материала по сошникам в пневматических системах высева централизованного или группового дозирования.

В настоящее время известны два основных типа делительных головок – цилиндрические и плоские. Наибольшее распространение получили делительные головки цилиндрического типа в виде вертикальной трубы, в верхней части которой находится отражатель, направляющий семена в семяпроводы, расположенные по круговой схеме. Такие головки позволяют деление на большое число потоков (от 12 до 24). К недостаткам следует отнести то, что они обладают повышенной энергоемкостью, ухудшают общую компоновку сеялки, чувствительны к отклонениям от вертикали, что особенно проявляется при работе на склоновых землях (ухудшается равномерность деления до 18–22%).

Делительные головки плоского типа в виде расширяющегося раструба с отражательными элементами внутри получили на практике меньшее распространение, хотя имеют ряд существенных преимуществ: просты, менее энергоемки, позволяют создавать более компактные системы высева.

Системы высева с централизованным дозированием семян и цилиндрическими делительными головками установлены на сеялках отечественного производства СПУ, агрегатах «Rapid» фирмы «Vaderstad» (Швеция), агрегатах «Pronto» фирмы «Horsch», агрегатах «Accord» фирмы «Kverneland», «Amazon», «Rabe» (Германия) и др. Системы группового дозирования семян с цилиндрическими делительными головками используются на сеялках «Solitair» фирмы «Lemken» (Германия), а с плоскими головками – на отечественных почвообрабатывающе-посевных агрегатах АПП-3, АПП-4,5, АППА-4, АППА-6, а также сеялках фирмы «Morris» (Канада).

Сошниковая группа

Сошниковая группа служит для формирования бороздки в почве, укладки в нее семян и заделки их почвой.

При создании посевных агрегатов кроме правильного выбора системы высева большое значение имеет правильный выбор сошниковой группы, которая включает сошник с подвеской и заделывающие устройства.

Сошник должен удовлетворять следующим требованиям: открывать бороздки заданной глубины; не выносить нижние слои почвы на поверхность во избежание потери влаги; уплотнять дно бороздок для восстановления капиллярности почвы; не нарушать равномерность потока семян.

На существующих сеялках и посевных агрегатах в настоящее время применяются различные сошники, от правильного выбора и применения которых во многом зависит судьба урожая.

Килевидный европейский сошник (рисунок 42а), применяемый также и в Беларуси на сеялках типа СПУ, при качественной подготовке посевного слоя с созданием подуплотненного ложа способен равномерно укладывать семена по глубине. Он может применяться на всех типах минеральных почв и при посеве любых культур. Для посева трав и других мелкосеменных культур может оборудоваться специальным ограничителем глубины бороздки каткового или, чаще всего, полозкового типа с простой и удобной регулировкой (рисунок 42б). Однако в условиях повышенной влажности, при недостаточной рыхлости посевного слоя и выравнивании поверхности почвы растительные остатки, если они имеются в посевном слое, сгуживают почву и не обеспечивают требуемого качества заделки семян. В связи с этим при неудовлетворительной предпосевной подготовке почвы необходимо применение сошников других типов, в том числе однодисковых или двухдисковых.



а)



б)

а) килевидный сошник фирмы «Accord»; б) килевидный сошник фирмы «Accord» с ограничителем глубины

Рисунок 42 – Виды килевидных сошников

Однодисковые сошники (рисунок 43а) в последнее десятилетие получили широкое распространение, имея ряд существенных преимуществ. В своей конструкции они объединяют лучшие свойства килевидных и дисковых сошников, так как бороздку образуют совместным действием килея и диска, установленного под углом атаки к направлению движения. Благодаря такому устройству, как и у килевидного сошника, качественно образуется бороздка и равномерно укладываются семена по глубине, при этом предотвращается сгуживание и забивание сошника почвой. Однодисковые сошники имеют более высокую универсальность и надежность работы на любых агрофонах, в том числе и с растительными остат-

ками. Для ограничения глубины погружения их в почву также могут использоваться опорные полозки (рисунок 43б). Оригинальную конструкцию имеют однодисковые сошники RoTeC фирмы «Amazonе» (рисунок 43в) [8] и СХ фирмы «Kverneland» (рисунок 43г), в которых для ограничения глубины хода используется полимерный эластичный диск.

Из практики использования двухдисковых сошников (сеялки СЗ-3,6) известно, что они укладывают семена по глубине менее равномерно, чем килевидные и однодисковые. Однако это справедливо при способе посева на подуплотненное ложе. Результат противоположный, если осуществляется способ посева в прикатанные бороздки. Прикатывание даже разбросанных по глубине семян в бороздках концентрирует их в одном уплотненном слое толщиной 1–2 см, чем улучшает равномерность заделки семян.

В связи с этим ведущие фирмы («Lemken», «Horsch» и др.) стали на последних моделях своих комбинированных агрегатов устанавливать двухдисковые сошники, соединенные с прикатывающими каточками. Сошники конструктивно выполнены достаточно легкими, оси вращения дисков установлены со смещением, благодаря чему они самоочищаются. У сошников фирмы «Horsch» между дисками устанавливается полимерный эластичный отражатель, предотвращающий выброс семян из бороздки при повышенных рабочих скоростях (до 15 км/ч).



а)



б)



в)

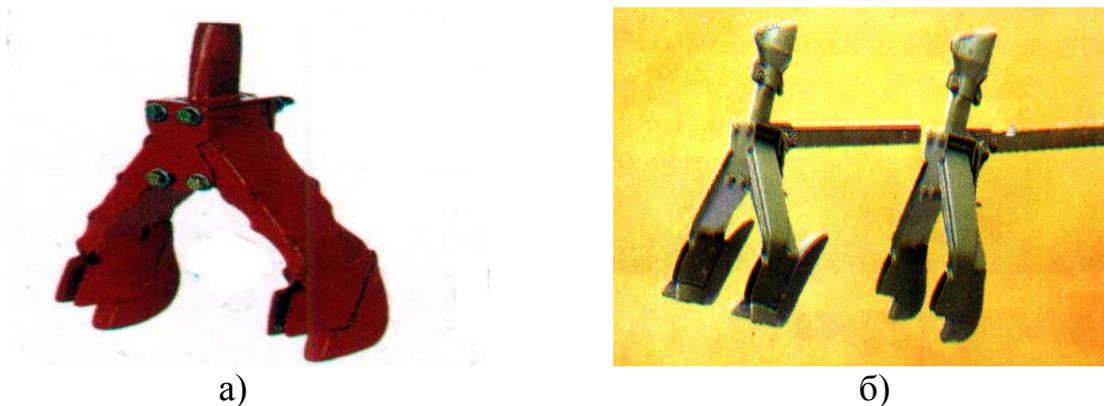


г)

а) дисковый сошник фирмы «Lemken»; б) дисковый сошник с ограничителем глубины фирмы «Gasparдо»; в) однодисковый сошник с полимерным диском фирмы «Amazonе»; г) однодисковый сошник с полимерным диском фирмы «Kverneland»

Рисунок 43 – Виды дисковых сошников с ограничителем глубины

Наиболее перспективным направлением в поиске путей равномерного размещения семян по площади поля является сужение междурядий. Так, для этого на многих сеялках применяются двухстрочные сошники (рисунок 44).



а) сошник для узкорядного сева фирмы «Kuhn»; б) сошник для узкорядного сева фирмы «Nodet gougis»

Рисунок 44 – Виды сошников для узкорядного сева

Примером таких сошников, применяемых в нашей республике, служат двухдисковые двухстрочные сошники сеялок типа СЗУ и килевидные двухстрочные сошники сеялок типа СЗЛ. Кроме того, некоторые фирмы располагают сошниковую группу в три и более рядов. В этом случае исключается забивание почвой промежутков между сошниками.

При выборе заделывающих устройств, как показывает опыт, предпочтение необходимо отдавать устройствам, расположенным на отдельном бруске.

Заключение

Анализ посевной части современных почвообрабатывающе-посевных агрегатов и их рабочих органов позволяет сделать следующие выводы:

- агрегаты шириной захвата до 4 м целесообразно формировать на базе сеялок с механической системой высева;
- рациональной пневматической системой высева является система высева группового дозирования;
- применение электропривода дозаторов упрощает систему привода, установки и регулировки нормы высева, расширяет функциональные возможности бортового компьютера;
- наибольшее распространение на практике получили делительные вертикальные головки цилиндрического типа. Плоские делительные головки предпочтительно применять при работе на склоновых землях, так как они в этом случае обеспечивают более равномерное распределение посевного материала по сравнению с вертикальными (до 8%);
- двухдисковые сошники в сочетании с прикатывающими каточками наиболее универсальны, обеспечивают качественную укладку семян на любых агрофонах и рабочих скоростях до 15 км/ч;
- для качественной заделки семян в почву необходимо применение загортателей.

02.07.10.

Литература

1. Ильина, З.М. Продовольственная безопасность: тенденции и перспективы / З.М. Ильина // *Беларуская думка*. – 2009. – № 4. – С. 22-31.
2. Кукреш, Л.В. Потенциал растениеводства Беларуси и его реализация / Л.В. Кукреш // *Весці НАН Беларусі. Сер. аграрных навук*. – 2008. – № 3. – С. 34-39.
3. Кадыров, М.А. О земледелии, селекции и рациональном хозяйствовании / М.А. Кадыров. – Минск: Несси, 2001. – 163 с.
4. Шайхов, М.К. Состояние и перспективы развития посевной техники / М.К. Шайхов, Г.Г. Габдуллин // *Земледельческая механика в растениеводстве: сб. науч. докл. междунар. науч.-практ. конф., Москва, 18–19 декабря 2001 г.: в 3 т., в 2 ч.* / ВИМ; редкол.: Л.П. Кормановский [и др.]. – Москва, 2001. – Т. 3. Ч. 2: Машинные технологии и техника для производства зерновых, масличных и зернобобовых культур. – С. 32-42.
5. Выбор и обоснование системы высева универсальной модульной сеялки / А.А. Точицкий [и др.] // *Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.* / БелНИИМСХ. – Минск, 1996. – Вып. 35. – С. 94-103.
6. Официальный сайт фирмы Horsch [Электронный ресурс] / Horsch Maschinen GmbH. – Germany, 2008. – Режим доступа: <http://www.horsch.com>. – Дата доступа: 10.05.2009.
7. Официальный сайт фирмы Rabe [Электронный ресурс] / Rabe Agri GmbH. – Germany, 2008. – Режим доступа: <http://www.rabe-agri.eu>. – Дата доступа 10.03.2009.
8. Официальный сайт фирмы Amazone [Электронный ресурс] / Amazonen-Werke H.Dreyer GmbH&Co.KG. – Germany, 2007. – Режим доступа: <http://www.rabe-agri.eu>. – Дата доступа 10.03.2009.
9. Официальный сайт фирмы Morris [Электронный ресурс] / Morris Industries Ltd. – Canada, 2008. – Режим доступа: <http://www.morris-industries.com>. – Дата доступа 10.03.2009.

УДК 631.314

**В.В. Азаренко, Н.Г. Бакач,
С.П. Кострома**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОБОСНОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ ГЛАДКОГО КАТКА

Введение

Обработка почвы – это приемы механического воздействия на почву, способствующие повышению ее плодородия и созданию лучших условий для роста и развития растений. Применяя различные приемы обработки почвы, придают пахотному слою оптимально рыхлое мелкокомковатое строение, улучшают водный, воздушный и тепловой режимы почвы. Выбор приема обработки почвы определяется климатическими условиями, биологическими особенностями возделываемых культур и их назначением.

Зачем нужно прикатывание? Дело в том, что интенсивное рыхление обработанного слоя сопровождается его интенсивным крошением. После прохода орудия для основной обработки почвы нарушается естественное сложение горизонта, разрушаются капилляры внутри него, в обработанном слое образуются пустоты и многократно увеличивается объем пор. Если оставить обернутый пласт земли нетронутым, то для восстановления естественного сложения почв, благоприятного для развития возделываемых культур, потребуются значительное время и достаточное увлажнение, способствующие оседанию и консолидации рыхлой структуры. Интенсивные севообороты не допускают длительного перерыва в использовании пашни.

Поэтому и возникает необходимость ускорения процессов создания благоприятных условий для роста и развития растений путем прикатывания почвы.

Целью исследований является обоснование параметров гладкого катка.

Восстановление капиллярной сети позволяет наиболее полно обеспечить влагой семенной материал и ускоряет процесс разложения растительных остатков.

Основная часть

Уплотнение почвы благоприятно сказывается на условиях произрастания возделываемых культур, на проходимости полеводческих машин и на протекании биохимических процессов в почве.

Торфяные почвы в силу своей рыхлости и легкости сильно сгруживаются рабочими органами, поэтому предпосевное укатывание улучшает проходимость посевных и посадочных машин, а узкие клиновидные сошники вполне удовлетворительно работают после укатки торфяной почвы тяжелыми водоналивными катками.

Взаимодействие рабочей поверхности катка с почвой происходит следующим образом: комочки почвы защемляются ободом катка, вминаются в общую массу почвы и, наконец, сминаются. Для бесструктурных почв будет иметь место только смятие почвы.

Если не будут удовлетворяться условия защемления, вмятия и смятия частиц почвы, соприкасающихся с катком, без их движения относительно обода, то будет происходить накопление почвы перед катком.

Рассмотрим случай, когда комочек находится на поверхности почвы (рисунок 45а). Для этого случая угол защемления χ будет равен углу погружения τ .

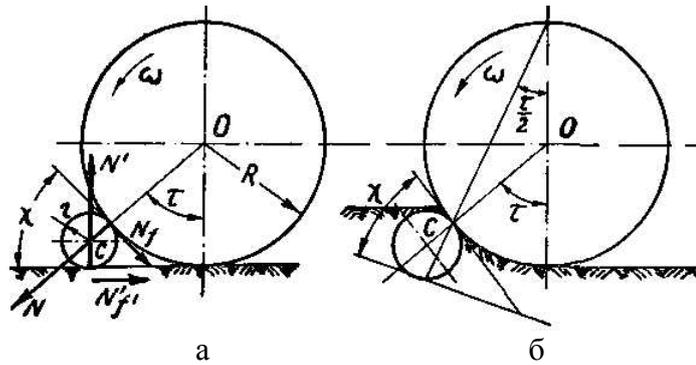
Если угол защемления меньше суммы углов трения обода о комочек φ и комочка о почву φ' , то равнодействующая сил N , N' и fN , $f'N'$ направлена в сторону вершины угла χ ; если $\chi > \varphi + \varphi'$, то равнодействующая направлена в сторону, противоположную вершине угла χ , и если $\chi = \varphi + \varphi'$, то равнодействующая равна нулю.

Защемление комочков обеспечивается отсутствием равнодействующей, направленной в сторону, противоположную вершине угла χ .

Следовательно, для обеспечения защемления комочков почвы ободом катка угол погружения не должен превышать суммы двух углов трения почвы о почву и почвы об каток, то есть

$$\chi = \varphi + \varphi'. \quad (1)$$

В погруженном состоянии комочка (рисунок 45б) угол защемления уменьшается, а следовательно, обеспечивается защемление и в погруженном состоянии.



- а) случай, когда комочек находится на поверхности почвы;
 б) случай, когда комочек находится в погруженном состоянии
 χ – угол защемления; τ – угол погружения; φ – угол трения обода о комочек;
 φ' – угол трения комочка о почву; N, N' и $fN, f'N'$ – равнодействующие силы;
 R – радиус катка; ω – угловая скорость

Рисунок 45 – Схемы к вопросу защемления частиц почвы ободом катка

При обеспечении условия защемления комочки будут вминаться в общую массу почвы. По мере вмятия (рисунок 46) силы S и T растут. Смещение точки приложения равнодействующей T сил сопротивления почвы вмятию комочка будет создавать плечо a . С погружением комочка плечо a будет изменяться от нуля до $\frac{d}{2} \sin \frac{\tau}{2}$.

Возникаемый отрицательный момент $\dot{O} \cdot \dot{a}$ стремится вращать комочек против направления вращения катка. Подобные перемещения могут вызвать сгуживание почвы впереди катка. Чтобы не происходило подобных перемещений, необходимо обеспечение условия равновесия момента $\dot{O} \cdot \dot{a}$ и момента сил, сопротивляющихся этому перемещению.

Для выяснения действующих сил и моментов разобьем процесс вмятия поверхностных комочков в почву на ряд фаз.

Начальный момент. Комочек находится на поверхности. Сила S по величине и направлению совпадает с силой T .

Первая фаза погружения. Погружение происходит до глубины h_1 , площадь смятия растет по обе стороны линии действия силы S . Точка приложения силы T смещается к центру комочка.

Вторая фаза погружения. Погружение происходит до глубины h_2 . Площадь смятия растет только со стороны расположения центра комочка. Точка приложения силы T смещается к центру комочка.

Третья фаза погружения. Погружение происходит до глубины h_3 . Площадь смятия почвы комочком не изменяется. Величина сопротивления T может расти, точка приложения его не меняется. Появляется давление на комочек сверху по площади, увеличивающейся по мере погружения.

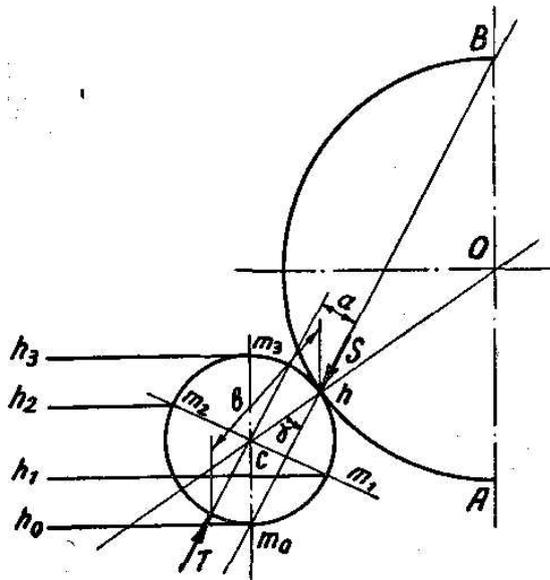


Рисунок 46 – Схема вмятия частиц почвы ободом катка

Четвертая фаза погружения. Площадь смятия комочка снизу и площадь давления сверху не изменяются. Сопротивление T может расти, точка его приложения не меняется.

Очевидно, что наибольший положительный момент $M_{пол}$, препятствующий выворачиванию комочка, будет действовать в четвертой фазе погружения. Он складывается из двух моментов: момента силы трения комочка о почву $M_{тр}$ и момента $M_{под}$, затрачиваемого на подъем почвы, находящейся над комочком (при том же движении).

Комочек не будет совершать вращательного движения при следующем равенстве моментов:

$$T \cdot a = M_{пол} = M_{тр} + M_{под}. \quad (2)$$

Рассмотрим комочек в положении, когда он погрузился на глубину, то есть в тот момент, когда еще будет отсутствовать второй положительный момент $M_{под}$, препятствующий подъему. Если в этом положении угол погружения будет обеспечивать отсутствие вращения комочка, то с погружением комочка на большую глубину тем более будет обеспечено погружение без вращения, так как будет уменьшаться угол погружения и появится второй момент $M_{под}$, препятствующий вращательному движению комочка.

Принимая во внимание, что

$$\dot{a} = r \sin \frac{\tau}{2}; \quad (3)$$

$$\dot{a} = r + r \cos \frac{\tau}{2}, \quad (4)$$

можно выразить для рассматриваемого положения равенство моментов следующим образом:

$$\dot{O}r \sin \frac{\tau}{2} = f' \cdot T \left(r + r \cos \frac{\tau}{2} \right). \quad (5)$$

Отсюда окончательно находится условие вмятия частиц почвы без их вращения:

$$f' \leq \frac{\sin \frac{\tau}{2}}{1 + \cos \frac{\tau}{2}}, \quad (6)$$

или $\tau \leq 4 \arctg f'$.

$$\tau = \arccos(1 - \varepsilon).$$

В результате анализа данных теоретических исследований установлено, что оптимальный угол погружения, найденный из условий получения оптимально допустимой величины сгруживания почвы перед катком, для торфяных почв находится в пределах $35\text{--}42^\circ$. Большие значения целесообразны для катков, имеющих малые диаметры, и для более рыхлых почв.

Назначение водоналивных катков, как правило, заключается в уплотнении почвы по всей глубине пахотного слоя, поэтому для их разработки важно изучение деформаций почвы, возникающих при качении.

На величину усадки пахотного слоя большое влияние оказывает диаметр катка и удельное давление на почву последнего. Чем выше эти параметры, тем больше усадка почвы и глубина распространения деформаций.

В результате проведенных исследований, по данным которых построены графики на рисунке 47, установлено, что при укатывании торфяных почв деформации распространяются на глубину до 45 см. Такой деформации подвергается почва при укатывании ее катком, имеющим диаметр 1,25 м и давление на почву 1,64 т/м. В зависимости от глубины пахотного слоя толщина его при укатывании сокращается на величину, достигающую 110 мм.

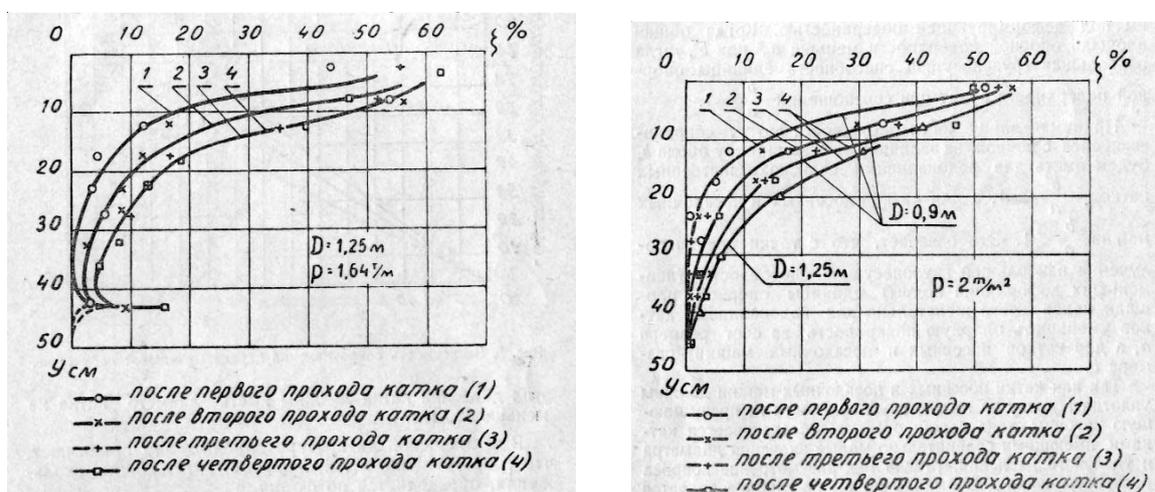


Рисунок 47 – Изменение коэффициента усадки ξ по глубине y

Наибольшей усадке подвергаются верхние слои почвы. Нижние слои сильнее и равномернее уплотняются катками с большими диаметрами. При укатывании катком, имеющим диаметр 0,9 м и давление 0,9 т/м, деформации почвы распространяются только до глубины 35 см.

С увеличением числа проходов до трех усадка торфяной почвы растет. Усадка почвы в результате четвертого прохода и последующих почти не обнаруживается.

Исследованиями, проведенными с катками, имеющими различные диаметры и ширину 200 мм, было установлено, что с увеличением нагрузки на каток (рисунок 47) сопротивление перекатыванию растет тем интенсивнее, чем меньше диаметр катка. Для рыхлых почв сопротивление перекатыванию находится в степенной зависимости от нагрузки, приходящейся на каток. Показатель степени для катков с диаметрами более 300 мм – меньше единицы, а с диаметрами не более 300 мм – больше единицы. Рост сопротивления перекатыванию происходит особенно интенсивно при давлении больше 4–5 кг/см. Поэтому для этих давлений катки должны иметь диаметр не менее 300 мм.

Обоснование параметров водоналивных катков из условия получения оптимальных сопротивлений является предварительным.

Так как назначение водоналивных катков в основном заключается в уплотнении почвы, для них окончательным обоснованием для выбора параметров должно служить удовлетворение агротехническим требованиям, предъявляемым к уплотнению. Для торфяных почв, подготовленных к посеву, плотность, выраженная через объемный коэффициент смятия, колеблется в пределах 0,07–0,09 кг/см³.

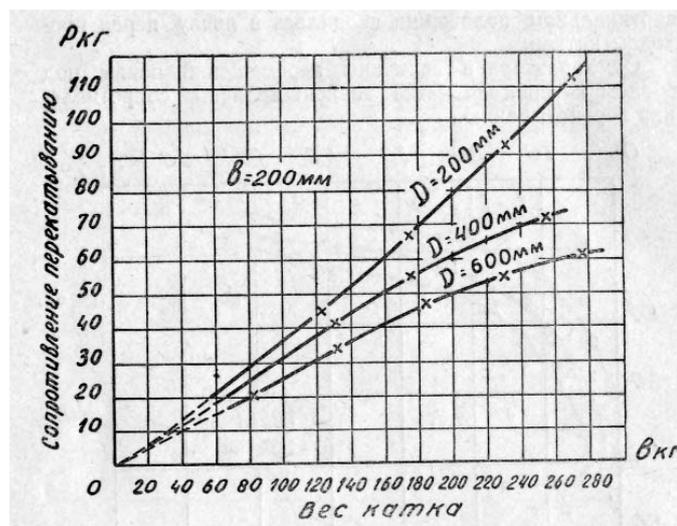


Рисунок 48 – Зависимость сопротивления перекатыванию от веса катка

Экспериментальными исследованиями установлено, что третий и особенно последующие проходы катка по одному следу уплотняют почву незначительно. Наибольшее уплотнение происходит при втором проходе катка. Отсюда вытекает необходимость в двукратном укатывании.

В целях универсализации катки должны иметь такие параметры, которые бы обеспечили получение максимальной плотности торфяных почв. Снижение степени уплотнения всегда может быть достигнуто уменьшением количества воды, содержащейся в катке.

Агрономически максимальную плотность торфяных почв можно получить в два прохода катка или путем увеличения всех параметров существующих болотных катков, или же путем увеличения только их веса, оставляя неизменными геометрические размеры.

Сопротивление перекатыванию наполненного водоналивного катка определяется по формуле:

$$D = \varepsilon^{\frac{1}{3}} G_1 \sqrt[3]{\frac{\pi(1+a)^4}{4}}. \quad (7)$$

Удельное давление наполненного водоналивного катка находится от его диаметра в следующей зависимости:

$$D = \frac{1+a}{4c} D, \quad (8)$$

где величина c показывает, какая часть длины окружности находится в соприкосновении с почвой. Отсюда видно, что с увеличением диаметра удельное давление наполненного водоналивного катка растет.

Увеличение удельного давления существующих болотных катков приводит к их неудовлетворительной работе. Особенно это сказывается на первом проходе катка по рыхлой почве. Поэтому первый проход должен производиться катками с параметрами, не превышающими: $D = 1,2-1,3$ м и $q = 1,6-1,7$ т/м.

Для получения агрономически максимальной плотности двукратным укатыванием необходимо при втором проходе увеличивать давление катка на почву до $2,4$ т/м. Чтобы можно было получить при втором проходе давление больше того, которое создается при первом проходе заполнением катка водой, необходимо создавать водоналивные навесные катки с дополнительным давлением силовых цилиндров гидромеханизма трактора.

Заключение

Выбор типа катка зависит от характера работы и почвенных условий. Для прикатывания торфяно-болотных почв после вспашки или дискования применяют каток гладкий водоналивной. Большой диаметр барабанов обеспечивает надежное перекачивание этого катка по сильно вспушенным глыбистым торфяным почвам. Для прикатывания пашни и посевов озимых и яровых культур, зеленого удобрения и навоза перед запашкой также используется гладкий водоналивной каток.

Воздействие катка на почву зависит от его массы, наружного диаметра и формы рабочей поверхности. Чем тяжелее каток, тем на большую глубину он уплотняет почву. Массу некоторых катков можно изменять, для чего делают рабочие органы полыми для заполнения их водой.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие основные выводы-предложения.

1. Катки при давлении больше $4-5$ кг/см должны иметь диаметр не менее 300 мм. Оптимально допустимый угол погружения катков этих машин составляет $35-42^\circ$. Меньшие значения угла соответствуют каткам большего диаметра.

2. Водоналивные катки для торфяных почв должны создаваться навесными. Целесообразнее всего производить навеску двух катков на один трактор. Диаметр катков должен составлять $1,2-1,3$ м, а вес катка на один метр ширины захвата – $1,6-1,7$ т. Каток, навешенный сзади трактора, должен при помощи дополнительного давления силовых цилиндров гидромеханизма создавать давление до $2,4$ т/м.

13.08.10.

УДК 631.331.022

**Н.Д. Лепешкин, Ю.Л. Салапура,
А.Л. Медведев, Н.Н. Дягель**
*(РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ЭЖЕКТОРНЫХ ПИТАТЕЛЕЙ

Введение

В последние годы все большее применение для посева зерновых и зернобобовых культур как у нас в стране, так и за рубежом находят широкозахватные сеялки и почвообрабатывающе-посевные агрегаты. Применение воздушного потока для транспортирования посевного материала к сошникам позволяет создавать их с шириной захвата 6 м и более.

Применяемую пневматическую систему высева можно разделить на два типа: герметичную и негерметичную.

В системе первого типа за счет герметизации давление в бункере и зоне ввода материала в пневмоматериалопровод имеет одинаковое значение. В таких системах поступающий от дозатора поток семян беспрепятственно поступает в пневмоматериалопровод и далее транспортируется к распределителям. Для поддержания стабильности давления в системе воздушный поток, создаваемый вентилятором, подается в бункер и дозатор. Герметичные системы хотя и упрощают введение посевного материала и не требуют больших затрат мощности на привод вентилятора, но пока не нашли широкого применения из-за технологических трудностей при изготовлении.

В системе второго типа бункер свободно сообщается с атмосферой. Здесь при вводе семян в пневмоматериалопровод для исключения выброса их обратно в дозирующее устройство устанавливаются специальные устройства в виде эжектора или шлюзового затвора. Наибольшее распространение получили питатели эжекторного типа, состоящие из соосно сочлененных сужающейся (конфузора) и расширяющейся (диффузора) частей. От характера течения в них воздушного потока зависят и служебные свойства всей системы высева – производительность и стабильность подачи посевного материала к распределителям. В связи с этим обоснование оптимальных параметров проточной части питателей эжекторного типа является актуальной инженерной задачей.

Основная часть

Имеющиеся теоретические закономерности течения воздушного потока в питателях эжекторного типа показывают, что их пропускная способность зависит от аэродинамического сопротивления конфузора и диффузора. Поэтому необходимо рассмотреть протекающие в них процессы более подробно, с тем чтобы определить оптимальные параметры эжекторного питателя.

Конфузор предназначен для преобразования статического давления в динамическое, создания однородного поля скоростей и давлений, а также для увеличения скорости воздушного потока на выходе из него. От этих факторов зависит стабильность ввода транспортируемого материала в воздушный поток и дальнейшее его перемещение.

Он представляет собой канал с плавно уменьшающимся под определенным углом в направлении потока поперечным сечением до определенного размера. Форма этого сечения может быть разнообразной: круглой, квадратной, эллиптической и т.д., одинаковой или различной на входе и выходе.

Необходимым требованием к конфузoram, предназначенным для аэродинамических систем, является совпадение направления скоростей потока на входе и выходе с осью конфузора, то есть отсутствие завихрений и турбулентности [1].

В действительности же течение в конфузоре сопровождается потерями вследствие неравномерности распределения параметров воздушного потока по сечению, несоосности вектора скорости с осью выходного сечения, трения его о стенки и теплообмена с ними. Все это создает сопротивление, увеличивает потери давления и, следовательно, снижает пропускную способность питателя в целом.

Основными параметрами, от которых зависит работа конфузора, являются степень поджатия, угол сужения и форма обвода (форма кривой, образующей канал). Поэтому проектирование конфузора заключается в аэродинамическом расчете и профилировании обвода.

Основной характеристикой является величина степени поджатия [2]:

$$n = \frac{F_1}{F_2}, \quad (1)$$

где F_1 – площадь входного сечения конфузора, m^2 ;

F_2 – площадь выходного сечения конфузора, m^2 .

Однако при одинаковом n , но разной длине, зависящей от угла сужения α , большие потери будут у короткого конфузора. Эти потери для конического конфузора оцениваются коэффициентом сопротивления, определяемым по формуле, предложенной Эйфелем в 1919 году:

$$\xi_1 = \frac{\lambda}{\sin \frac{\alpha}{2}} \left(\frac{n^2 - 1}{n^2} \right), \quad (2)$$

где λ – коэффициент сопротивления трения.

Зависимость сопротивления конфузора от угла сужения установлена немецким исследователем О. Баком (рисунок 49) [3].

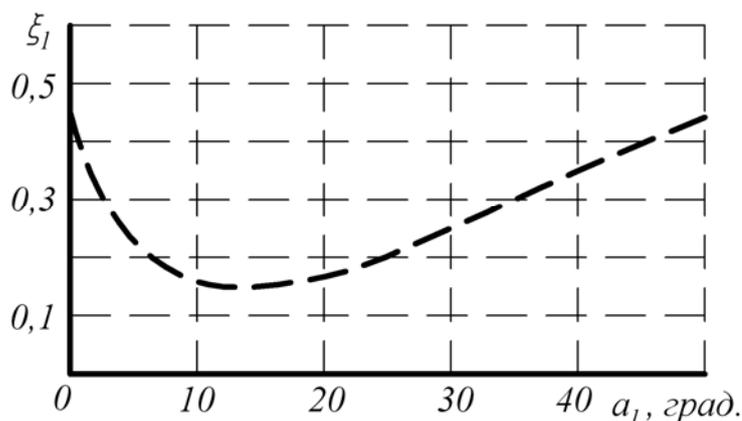


Рисунок 49 – Зависимость сопротивления конфузора от угла сужения

Очевидно, что меньшим значениям угла при одинаковой степени поджатия соответствует большая длина конфузора. Это вызывает увеличение габаритных размеров всего питателя, с которыми применение его в пневматической системе высева затруднительно по причине плотной компоновки посевной машины.

Поэтому необходимо конструктивно усовершенствовать конфузор, но сохранить в нем близкий к классическому характер течения воздушного потока.

Решение этой задачи возможно, если определить оптимальную форму обвода. В работе Н.Е. Жуковского [1] отмечается, что необходимо придавать «форму поверхностей тока такого завихренного течения, при котором на близком расстоянии от конца трубы траектории частиц делаются почти прямолинейными».

Витошинским [2] предложено уравнение кривой обвода конфузора в следующем виде:

$$r = \frac{r_1}{\sqrt{1 - \left[1 - \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \right] \frac{\left(1 - \frac{3z^2}{a^2} \right)}{\left(1 + \frac{3z^2}{a^2} \right)^2}}}, \quad (3)$$

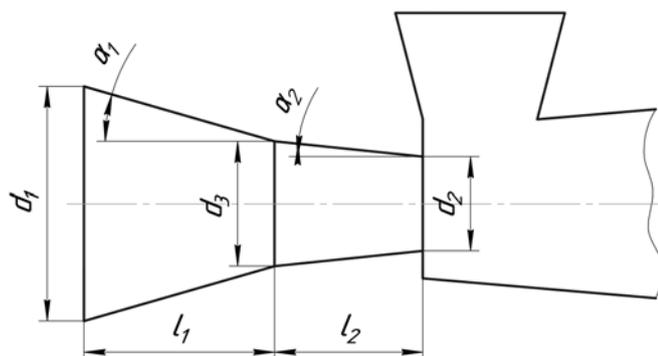
где r – текущий радиус конфузора на расстоянии от начала координат, м;

r_1 и r_2 – радиусы входного и выходного сечений, м;

$l_k = a/\sqrt{3}$ – длина конфузора, м;

z – текущая длина конфузора, м.

Форма обвода имеет переменные значения угла сужения: большее – у входного сечения и меньшее – у выходного. Изготовление конфузора с такими формами обвода технически затруднительно. Поэтому, с учетом зависимости (3), исследована возможность получения ступенчатой формы обвода с фиксированными углами сужения на участках определенной длины конфузора, обеспечивающей функциональные свойства, максимально приближенные к классическим (рисунок 50).



l_1 – длина первой ступени конфузора; l_2 – длина второй ступени конфузора; α_1 – угол сужения первой ступени конфузора; α_2 – угол сужения второй ступени конфузора; d_1 – диаметр входного сечения первой ступени конфузора; d_2 – диаметр выходного сечения второй ступени конфузора; d_3 – диаметр входного сечения второй ступени конфузора

Рисунок 50 – Схема ступенчатого конфузора

В этом случае общий коэффициент сопротивления конфузора принимает вид:

$$\xi_1 = \xi_{1K} + \xi_{2K}, \quad (4)$$

где ξ_{1K} – коэффициент сопротивления первой ступени конфузора;

ξ_{2K} – коэффициент сопротивления второй ступени конфузора.

Значения α_1 , α_2 , l_1 и l_2 при заданных d_1 и d_2 определяются экспериментальным путем [4].

Вторым важным элементом эжекторного питателя является диффузор. В работах И.Е. Идельчика, М.Е. Дейча, И.Л. Повха, А.Ш. Дорфмана и других авторов отмечается, что он оказывает наибольшее влияние на потери давления транспортирующей среды в данном устройстве. Эти потери зависят от сопротивления диффузора, оцениваемого коэффициентом потерь ξ_A , используемого при расчете питателя. Поэтому важно рассмотреть характер течения созданного в нем потока и определить факторы, оперируя которыми можно улучшить его функциональные свойства.

Диффузор представляет собой расширяющийся канал, в котором поток в различных зонах его поперечного сечения имеет специфический характер течения (рисунок 51) [5, с. 28].

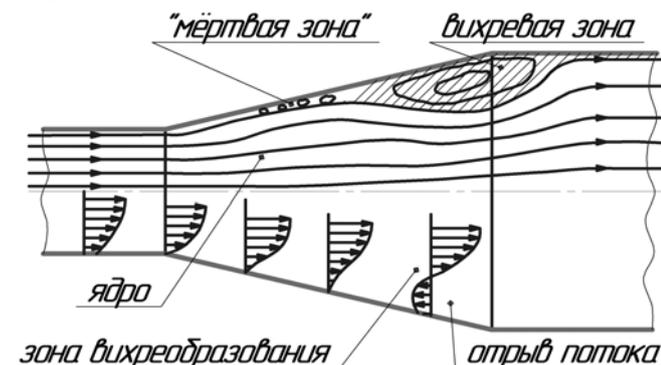


Рисунок 51 – Характер течения потока в диффузоре

На рисунке 51 показаны зоны ламинарного течения (ядро), турбулентного и вихревого образований, «мертвая зона». Все они вызывают сопротивление.

Но наибольшее сопротивление оказывает вихреобразование вследствие того, что градиент давления в расширяющихся каналах положителен, а градиент скорости отрицателен – то есть движение осуществляется против нарастающего давления. Поэтому потоки вблизи стенки под действием градиента давления начинают двигаться в направлении, противоположном направлению течения в ядре потока. Причем интенсивность отрыва потока от стенок зависит от угла расширения.

Исследованиями [6, с. 21-32] установлено, что при достаточно малых углах расширения на некотором удалении от входа наблюдается безотрывное течение. Причем длина этого участка может достигать значительной величины. Однако в пневматической системе высева применение в питателях диффузоров с малыми углами расширения затруднительно по конструктивным причинам.

Суммарные потери давления в диффузоре ($\Delta P_{\dot{A}}$) состоят из потерь на преодоление трения ($\Delta P_{\dot{O}D}$) и потерь при расширении ($\Delta P_{D\dot{A}}$):

$$\Delta P_{\dot{A}} = \Delta P_{\dot{O}D} + \Delta P_{D\dot{A}}. \quad (5)$$

Тогда суммарный коэффициент потерь в диффузоре $\xi_{\dot{A}}$ можно записать как сумму коэффициентов [7]:

$$\xi_{\dot{A}} = \xi_{\dot{O}D} + \xi_{D\dot{A}}, \quad (6)$$

где $\xi_{\dot{O}D}$ – коэффициент потерь на трение;

$\xi_{D\dot{A}}$ – коэффициент потерь на расширение.

Для определения этих коэффициентов проведем аналитический расчет.

Работа сил трения за 1 секунду описывается выражением [2, с. 108-113]:

$$\Delta E_{\dot{O}D} = R w, \quad (7)$$

где R – сила трения, H ;

w – скорость воздушного потока в указанной точке, m/c .

Сила трения определяется по формуле:

$$R = \int_{\sigma} \frac{\lambda}{4} \frac{\rho_B w^2}{2} d\sigma, \quad (8)$$

где σ – площадь стенок диффузора, m^2 ;

λ – коэффициент сопротивления трения;

ρ_B – массовая плотность воздуха, kg/m^3 .

Тогда работа сил трения равна

$$\Delta E_{\dot{O}D} = \int_{\sigma} \frac{\lambda}{4} \frac{\rho_B w^3}{2} d\sigma. \quad (9)$$

Коэффициент потерь давления на трение в диффузоре определяется как отношение энергии $\Delta E_{\dot{O}D}$, потерянной на трение, к динамическому давлению на входе в диффузор $\frac{m w_1^2}{2}$:

$$\xi_{\dot{O}D} = \frac{\Delta E_{TP}}{m w_1^2} = \frac{1}{F_1} \int_{\sigma} \frac{\lambda}{4} \left(\frac{w}{w_1} \right)^3 d\sigma, \quad (10)$$

где $m = \rho_B F_2 w_2$ – секундная масса, kg/c ;

w_1 – скорость во входном сечении диффузора, m/c ;

F_1 – площадь входного сечения диффузора, m^2 .

Из условия неразрывности потока следует, что $w = \frac{F_1 w_1}{F}$. Тогда коэффициент потерь на трение для диффузора любой формы поперечного сечения определится как

$$\xi_{\dot{O}D} = F_1^2 \frac{\lambda}{4} \int_{\sigma} \left(\frac{d\sigma}{F^3} \right), \quad (11)$$

где F – переменная площадь сечения диффузора.

Для диффузора круглого поперечного сечения $dF = \sin \frac{\beta}{2} d\sigma$.

Тогда

$$\xi_{\dot{O}D} = \frac{F_1^2 \lambda}{4 \sin \frac{\beta}{2}} \int \left(\frac{d\sigma}{F^3} \right). \quad (12)$$

Проинтегрировав окончательно, получим:

$$\xi_{\dot{O}D} = \frac{F_1^2 \lambda}{8 \sin \frac{\beta}{2}} \left[\frac{1}{F_1^2} - \frac{1}{F_2^2} \right] = \frac{\lambda}{8 \sin \frac{\beta}{2}} \left[1 - \left(\frac{F_1}{F_2} \right)^2 \right], \quad (13)$$

где $f = \frac{F_2}{F_1}$.

Тогда коэффициент потерь давления от трения определится как

$$\xi_{\dot{O}D} = \frac{F_1^2 \lambda}{8 \sin \frac{\beta}{2}} \left[\frac{1}{F_1^2} - \frac{1}{F_2^2} \right] = \frac{\lambda}{8 \sin \frac{\beta}{2}} \frac{f^2 - 1}{f^2}. \quad (14)$$

Потери от расширения можно определить по теории Гибсона [7], по которой для углов расширения диффузора $\beta = 0..40^\circ$ коэффициент полноты удара практически не зависит от степени расширения диффузора. Он описывается выражением:

$$\xi_{DA} = 3,2 \left(\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \right)^{1,25} = 3,2 \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \sqrt{\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}. \quad (15)$$

Тогда коэффициент суммарных потерь диффузора определится как

$$\xi_A = \frac{F_1^2 \lambda}{8 \sin \frac{\beta}{2}} \left[\frac{1}{F_1^2} - \frac{1}{F_2^2} \right] = \frac{\lambda}{8 \sin \frac{\beta}{2}} \frac{f^2 - 1}{f^2} + 3,2 \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \sqrt{\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}. \quad (16)$$

Заключение

Таким образом, по выражениям (2) и (4) можно определить рациональные значения геометрических параметров проточной части конфузора, а по выражениям (14), (15) и (16) – проточной части диффузора, обеспечивающих минимальные потери в питателе эжекторного типа и, как результат, повышение его пропускной способности (производительности).

Результаты исследований использованы при разработке конструкции эжекторного питателя для почвообрабатывающе-посевных агрегатов семейства АППА, удовлетворяющего агротехническим требованиям по норме высева различных сельскохозяйственных культур. Полученные результаты также могут быть использованы при проектировании систем пневмотранспорта.

14.05.10.

Литература

1. Жуковский, Н.Е. Полное собрание сочинений: в 6 т. / Н.Е. Жуковский. – М., Л.: ОНТИ НКТП СССР, 1937. – Т. 6. – 382 с.
2. Повх, И.Л. Аэродинамический эксперимент в машиностроении / И.Л. Повх. – 3-е изд., перераб. и испр. – Л.: Машиностроение, 1974. – 480 с.
3. Бак, О. Проектирование и расчет вентиляторов / О. Бак; под. ред. А.Р. Бушеля. – М.: Гос. науч.-техн. изд. по горному делу, 1961. – 364 с.
4. Лепешкин, Н.Д. Исследование конфузоров питателей эжекторного типа / Н.Д. Лепешкин, А.Л. Медведев, Ю.Л. Салапура // Научное обеспечение агропромышленного производства:

материалы междунар. науч.-практ. конф., Курск, 20–22 января 2010 г.: в 3 ч. / КГСХА; редкол.: В.А. Семькин [и др.]. – Курск, 2010. – Ч. 3 – С. 282-286.

5. Идельчик, И.Е. Аэродинамика технологических аппаратов (подвод, отвод и распределение потока по сечению аппаратов) / И.Е. Идельчик. – М.: Машиностроение, 1983.

6. Дорфман, А.Ш. Аэродинамика диффузоров и выхлопных патрубков турбомашин / А.Ш. Дорфман [и др.]. – Киев: АН УССР, 1960.

7. Идельчик, И.Е. Аэродинамика потока и потери напора в диффузорах / И.Е. Идельчик // Промышленная аэродинамика: сб. / ЦАГИ им. проф. Н.Е. Жуковского; под ред. К.А. Ушакова. – М.: Бюро новой техники, 1947. – №3. – С. 132-209.

УДК 631.331

Н.Д. Лепешкин, Ю.Л. Салапура
*(РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ ПАТЕНТОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ВЫСЕВА ЗЕРНОВЫХ СЕЯЛОК

Введение

В технологии производства зерновых культур посев занимает важное место, так как от качества и своевременности его проведения в значительной мере зависит судьба будущего урожая.

Важным аспектом при посеве являются сроки сева. Так, недобор урожая при несоблюдении сроков сева зерновых культур может достигать 18–30% [1, с. 34]. Для обеспечения своевременного выполнения данной технологической операции необходима высокопроизводительная посевная техника, которая чаще всего комплектуется пневматическими системами высева, отличительной особенностью которых является наличие специальных устройств для ввода посевного материала в зону с избыточным давлением и распределения его по сошникам (питателей и распределителей), а также то, что транспортирование материала к сошникам осуществляется воздушным потоком [2].

Совершенствовать же существующие рабочие органы системы высева с целью повышения качества их работы можно, только изучив существующие. Качественно решить данную задачу и выявить тенденцию развития можно с помощью изучения патентной информации.

Цель работы – исследовать уровень патентования элементов пневматической системы высева зерновых сеялок и выявить тенденции их развития.

Основная часть

Исследования технического уровня и тенденций развития техники проводятся с целью установления номенклатуры технико-экономических показателей и их достигнутых значений, выявления аналогов, производимых ведущими организациями и зарубежными фирмами, с целью выбора базового образца и изучения тенденции развития данного вида техники.

Для исследования уровня патентования элементов пневматической системы высева был проведен отбор патентов и авторских свидетельств по этому направлению.

Чтобы проанализировать тенденции развития элементов пневматических систем высева и, как результат, пневматических сеялок и почвообрабатывающе-посевных агрегатов, отбор документов был произведен по фондам таких стран, как Россия, Германия, Франция, США, Беларусь, Украина, Канада, Австралия. Патентные документы проанализированы за 20 лет – с 1990 по 2009 год.

Результат отбора документов по годам патентования представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Патентование рабочих органов элементов пневматической системы высева

Объект техники и его составные части	Страна подачи заявки	Количество патентов, опубликованных заявок по годам подачи заявки																			Итого		
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008		2009	
Рабочие органы пневматической системы высева	Россия	–	1	1	1	1	3	–	–	2	–	–	–	2	1	4	–	2	2	1	2	23	
	Германия	–	2	1	3	2	4	1	5	3	2	–	–	1	1	5	6	–	3	1	–	40	
	США	1	1	–	1	–	1	–	1	1	2	1	–	–	1	–	–	–	1	–	–	11	
	Франция	–	–	–	1	–	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3	
	Великобритания	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	
	Канада	–	–	–	–	–	–	–	1	–	1	1	1	–	1	–	–	–	–	–	–	5	
	Украина	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	1	–	–	2	
	Беларусь	–	–	–	–	–	2	1	1	–	–	1	1	–	1	–	1	1	1	2	–	3	14
	Австралия	–	–	–	–	–	–	–	–	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	
	Итого патентов		1	4	2	7	3	11	3	8	8	5	2	2	4	4	11	7	3	9	2	5	101

Для определения темпа роста патентования по странам и тенденций развития технического направления на основе патентной информации используют, в основном, два метода: количественный и качественный. Первый метод имеет преимущество. Поэтому для выявления изобретательской активности можно построить зависимость [3, с. 18]:

$$N = f(T),$$

где N – число отобранных патентных документов за период с 1989 по 2009 годы;

T – время публикации, в годах.

Для большей наглядности представленных данных объединяем патенты западных стран и стран СНГ. Тогда получаем кривые уровня патентования в странах СНГ и западных странах (рисунок 52).

Для выравнивания динамического ряда потока патентных документов, исходя из внутренней логики, специфики и взаимосвязи процесса патентования, проводим аппроксимацию, то есть приближенное, более простое выражение динамического ряда с помощью полиномиального тренда.

Для выявления тенденций изобретательской активности вследствие нестабильности поступления патентных документов по годам публикации (кривая

потока патентных документов зигзагообразная) проводим их регрессионный анализ по эмпирической зависимости параболического вида [4, с. 92-98]:

$$y = a + b \cdot t + c \cdot t^2,$$

где y – зависимая переменная, показывающая аппроксимированное поступление патентных документов по годам;

a, b, c – параметры системы уравнений;

t – порядковый номер года публикации патентного документа при исследуемой глубине поиска.

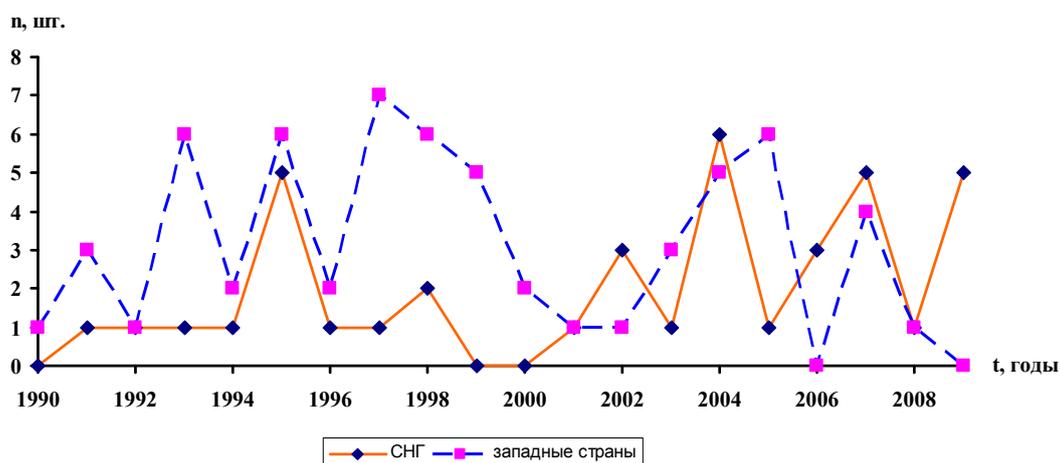


Рисунок 52 – Уровень патентования

Численное значение параметров a, b, c определяем методом наименьших квадратов по формулам [5, с. 109-120]:

$$a = \frac{\sum \alpha_t y_t}{M}; \quad b = \frac{\sum \beta_t y_t}{M}; \quad c = \frac{\sum \gamma_t y_t}{M},$$

где $\alpha_t, \beta_t, \gamma_t, M$ – табличные значения, зависящие от глубины поиска патентных документов;

y_t – количество патентных документов по годам.

При глубине поиска $T = 20$ лет по таблице [5, с. 194] находим значение $\alpha_t, \beta_t, \gamma_t, M$. На основании чего находим $\sum \alpha_t y_t, \sum \beta_t y_t$ и $\sum \gamma_t y_t$ отдельно для стран СНГ и западных стран. После этого определяем параметры a, b, c уравнений тренда.

Тогда уравнение тренда с оценочными параметрами для стран СНГ имеет вид:

$$y = 1,03 - 0,03 \cdot t + 0,01 \cdot t^2. \quad (1)$$

А уравнение тренда с оценочными показателями для западных стран принимает вид:

$$y = 1,40 + 0,59 \cdot t - 0,03 \cdot t^2. \quad (2)$$

Тренды, представленные уравнениями (1) и (2) и характеризующие изобретательскую активность стран СНГ и западных стран, показаны на рисунке 53.

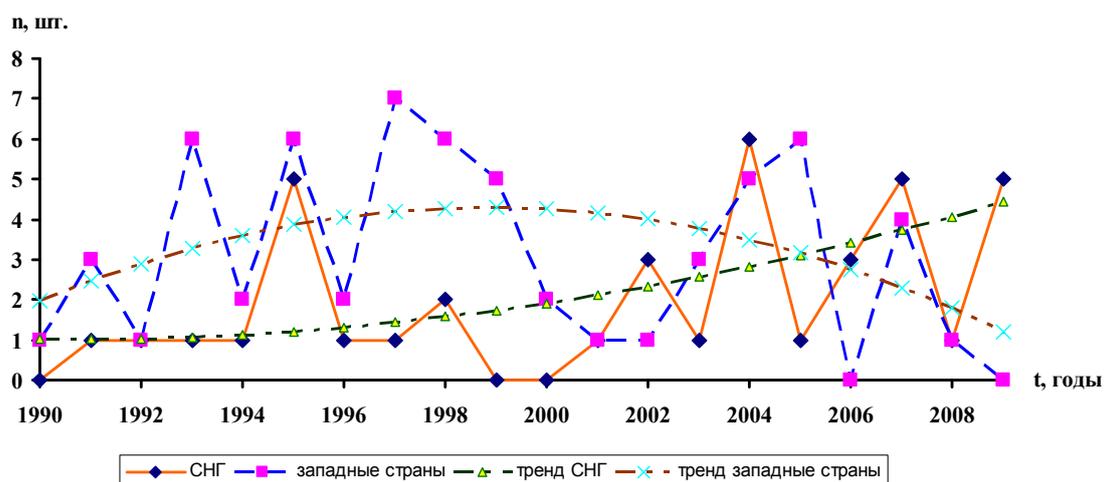


Рисунок 53 – Кривые потока патентных документов и тренды изобретательской активности

Из анализа линий тренда видно, что в западных странах происходит снижение патентования по элементам пневматической системы высева, а в странах СНГ отмечается обратная тенденция.

Заключение

Анализ полученных эмпирических уравнений линий тренда и построенных по ним графических зависимостей показывает, что уровень патентования элементов системы высева в западных странах снижается, что говорит о том, что рынок насыщен данной продукцией и ведется поиск новых, более совершенных высевающих систем.

Уровень патентования в странах СНГ в сравнении с западными странами носит противоположный характер, что указывает на повышенный спрос на данную продукцию. Наблюдается отставание отечественных разработок в данном направлении от разработок западных производителей на несколько лет.

На основании анализа можно сделать вывод о возобновлении интереса к механическим высевающим системам зерновых сеялок, к совершенствованию компоновочных и технологических схем имеющихся посевных машин.

07.07.10.

Литература

1. Кадыров, М.А. О земледелии, селекции и рациональном хозяйствовании / М.А. Кадыров. – Минск: «Несси», 2001. – 163 с.
2. Лепешкин, Н.Д. Обоснование рациональной системы высева зерновых пневматических сеялок / Н.Д. Лепешкин, А.Н. Юрин, Ю.Л. Салапура // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»; под общ. ред. П.П. Казакевича. – Минск, 2009. – Вып. 43. – Т. 1. – С.110-117.
3. Почвообрабатывающие машины для почвозащитного земледелия: обзорная информация / Т.Г. Гурова [и др.]. – М.: ВНИИПИ, 1991. – 100 с. – (Сельское хозяйство).
4. Румшицкий, Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента / Л.З. Румшицкий. – М.: Наука, 1971. – 192 с.
5. Четыркин, Е.М. Статистические методы прогнозирования / Е.М. Четыркин. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Статистика, 1977. – 200 с.

УДК 635.1/8:631.347

Д.В. Дегтеров, Н.Ф. Капустин
(РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)

**В.Н. Дашков, И.И. Радюк,
Н.М. Абрамчик**
(УО «БГАТУ»,
г. Минск, Республика Беларусь)

КАПЕЛЬНЫЙ ПОЛИВ СА- ДА – ОСНОВА ПОВЫШЕ- НИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ

Введение

Производство плодовой продукции в целом по стране еще не удовлетворяет потребности населения – фактически производится 300–350 тысяч тонн (основной валовой сбор обеспечивается за счет плодов яблони) при потребности в 800 тысяч тонн фруктов в год.

Имеющаяся в настоящее время площадь плодовых насаждений составляет около 105 тысяч га. Однако из 58 тысяч га, находящихся у населения, только 7 тысяч не требует обновления. Подобная ситуация сложилась и в общественном секторе: из 47 тысяч 27 тысяч га представляют собой рассадники болезней. Фактически в республике насчитывается всего 20 тысяч га садов среднего и высокого бонитета, которые и приносят соответствующий урожай.

В повышении урожайности садов особое значение имеет их орошение. В перспективе плодоводство в республике должно быть только орошаемым.

Потребность в орошении садов в условиях Беларуси определяется, прежде всего, неустойчивым режимом естественного увлажнения и теплообеспеченности минеральных почв [1]. Следует отметить, что плодовые культуры отличаются повышенной требовательностью к водному режиму, расходуют большое количество воды на транспирацию и испарение с поверхности почвы [2]. Это приводит к тому, что естественный водный режим почв в большинстве случаев отклоняется от оптимального для плодовых культур.

Целесообразность и эффективность орошения садов обосновываются положительным производственным опытом его применения не только за рубежом (Израиль, Италия, Голландия и др.), но и в странах СНГ (Украина, Россия).

Нормы, сроки и количество поливов

Количество, сроки и нормы поливов плодовых растений устанавливают в зависимости от влажности почвы, выпадения осадков, породно-сортового состава, возраста и состояния насаждений. Для обеспечения хорошего развития и плодоношения плодовых растений необходимо в течение всего вегетационного периода поддерживать влажность почвы в саду в пределах 70–80% полной полевой влагоемкости.

Потребность в воде отдельных плодовых пород на различных почвах неодинакова. Яблоня более требовательна к воде, чем груша. Слива и черешня нуждаются во влаге больше, чем вишня и абрикос. Ранние сорта яблони и груши требуют меньше поливов, чем поздние. Деревьям с обильным урожаем не-

обходимо дать больше влаги, чем с меньшим. В садах, где междурядья содержатся под черным паром, воды для полива нужно меньше, чем в садах, где междурядья заняты сидератами.

При установлении нормы полива (количества воды в кубических метрах на 1 га за один полив) учитывают необходимость увлажнения почвы на глубину распространения основной массы активных корней растений (по данным проф. В.А. Колесникова, до 70–100 см). Вегетационные поливы с учетом влажности почвы рекомендуются проводить в следующие сроки:

– в плодоносящих садах семечковых пород первый вегетационный полив – в июне, после опадения избыточной завязи, второй – за 2–3 недели до созревания летних сортов (15–20 июля); третий полив – в августе;

– в плодоносящих садах косточковых пород первый полив проводят весной в фазе усиленного роста побегов, второй – за две недели до созревания плодов, третий – после съема урожая.

Количество поливов и поливные нормы зависят также от физических свойств почвы. На легких, хорошо фильтрующих почвах, поливные нормы уменьшают, а количество поливов увеличивают. На тяжелых почвах нормы полива увеличивают, а количество поливов можно сократить. Нормы воды (при поливе дождеванием) для вегетационных поливов плодоносящих садов в зависимости от конкретных условий колеблются от 300 м³ на 1 га до 1500 м³.

В плодоносящих садах, наряду с вегетационными поливами, при засушливом летне-осеннем периоде большое значение имеют влагозарядковые поливы, проводимые осенью, после опадения листьев (за несколько дней до наступления устойчивых морозов). Они способствуют повышению зимостойкости деревьев и лучшему развитию насаждений в первые фазы вегетации весной.

Особенно необходим подзимний влагозарядковый полив для обильно плодоносивших деревьев.

Осенний влагозарядковый полив должен быть умеренным, норма полива для плодоносящих садов не должна превышать в районах недостаточного увлажнения 1000–1500 м³ на 1 га.

Качество и температура поливной воды

Качество и температура воды являются важными факторами, определяющими рост растений, поглощающую способность корней, скорость транспортировки питательных веществ в растительных тканях, а также жизнедеятельность различных микроорганизмов в окружающей почвенной среде. Качество поливной воды зависит от наличия и количества в ней взвешенных частиц и водорастворимых солей. Химический анализ воды, используемой для полива, как и почвы, производится в химической лаборатории.

Допустимое качество воды, используемой для полива, индивидуально для каждого района, так как различные климатические условия определяют именно свои химико-физические свойства почвы и грунтовых вод. Учитывается также глубина залегания последних. Помимо указанного, для правильного определе-

ния норм полива необходимо учитывать сортовой состав выращиваемых культур. Для полива лучше подходит вода из различных открытых водоемов (рек, озер и т.п.), так как в ней почти не содержится водорастворимых солей, хотя и велико количество взвешенных частиц. Нежелательно употреблять для полива воду из колодцев и артезианских скважин, поскольку ее низкая температура (даже в жару не выше 8–10°C) способна вызвать у поливаемых растений температурный шок, увядание растения, вызванное тем, что корни перестают поглощать влагу, вследствие чего невозможно поступление питательных веществ и воды для процесса синтеза.

Оптимальная температура воды для полива подавляющего большинства плодово-ягодных растений – 15–25°C. Для естественного подогрева воды используются резервуары (емкостью до 50 м³): цистерны, бочки и др.

Агротехника полива

Полив – важная составляющая агротехнического процесса, так как без воды невозможно представить рост и развитие растения. Обезвоживание способно вызвать необратимые изменения в биохимии и физиологии растительной клетки. У взрослых растений недостаток влаги создает дефицит питательных веществ и способствует образованию более мелких по сравнению с нормой цветков и плодов, происходит задержка роста корней, побегов и листьев. Такие растения очень часто вымерзают зимой, так как из-за общего ослабления защитных функций они практически незащищены от воздействия низких температур. При планировании поливных работ помимо сроков, норм полива, требующихся для конкретных видов культур, необходимо также принять во внимание состав почвы, характеристику местного климата, а также выбрать наиболее рациональный способ полива. Только неукоснительное соблюдение этих правил может гарантировать здоровье и урожайность сада.

В условиях Республики Беларусь для стабильного ежегодного получения высоких урожаев, несомненно, надо использовать системы искусственного увлажнения почв, вопрос только в том, какой способ орошения применить в каждом конкретном случае: дождевание, поверхностное, внутрипочвенное (капельное), аэрозольное (мелкодисперсное) орошение и др. Все способы имеют свои достоинства и недостатки, поэтому ни один из них нельзя рекомендовать как единственно возможный.

В настоящее время для надкронного полива плодовых культур используется разработанная РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» дождевальная установка УД-2500 (рисунок 54).



Рисунок 54 – Дождевальная установка УД-2500 на поливе яблоневого сада

Для проведения подкормочного полива разработано оборудование поливочное ОП-600 (рисунок 55). Ввиду ряда конструктивных особенностей (низкого расположения распылительных устройств оросительной тележки (до 0,3 м) и создания при поливе факела дождя, не превышающего по высоте 1 м) полив с помощью ОП-600 более эффективен, так как при нем остаются сухими листья и другие надземные вегетативные органы. Это создает благоприятные фитосанитарные условия и уменьшает вероятность распространения болезней, при этом не смываются препараты защиты растений.



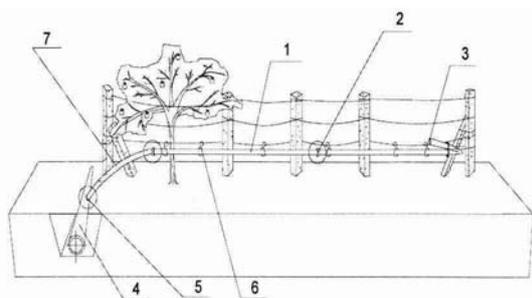
Рисунок 55 – Оборудование поливочное ОП-600

Однако зарубежный опыт свидетельствует о преимуществах системы капельного полива. По многолетним наблюдениям, прибавка урожая при капельном орошении по сравнению с дождеванием достигает у плодовых пород 20–40%. Это стало возможным,

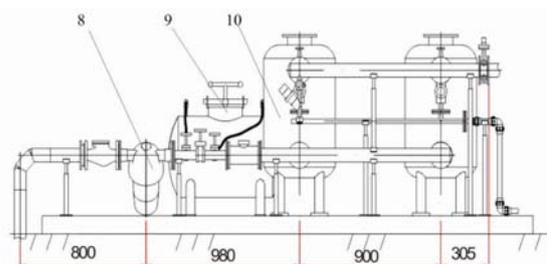
благодаря ряду следующих преимуществ данной системы орошения:

- подача воды производится непосредственно в корнеобитаемый слой культурных растений (при этом усваивается до 95% поступающей воды);
- полив можно производить 24 часа в сутки, независимо от внешних условий, таких как сильный ветер и испарение, что дает возможность обеспечить растение влагой в нужное время и в нужном количестве, не допуская стрессовых ситуаций;
- возможность подачи удобрений вместе с поливной водой непосредственно к корневой системе растений позволяет сократить расход удобрений до 50%, возможность внесения препаратов системного действия позволяет эффективно бороться с почвенными, листогрызущими и сосущими вредителями и многими болезнями;
- экономия поливной воды по сравнению с другими способами орошения – до 5 раз, в зависимости от схем посадки и фазы развития растений, а следовательно, уменьшаются затраты энергии на подачу поливной воды;
- значительное сокращение затрат труда на полив.

В РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» создан комплект автоматизированного капельного полива сада модульного типа КАП-1 (рисунок 56).



а)



б)

а) модуль капельного полива; б) фильтростанция

1 – трубка капельного орошения; 2 – соединительный штуцер ремонтный; 3 – заглушка; 4 – распределительный (коллекторный) трубопровод; 5 – штуцер врезной садовый; 6 – стяжка для подвязки растений; 7 – труба ПНД 16 Т; 8 – фильтр тонкой очистки; 9 – удобрительная емкость; 10 – фильтр грубой очистки (песчано-гравийный)

Рисунок 56 – Общий вид комплекта автоматизированного поливочного КАП-1

С помощью системы трубопроводов и трубок капельного полива 1 отфильтрованная вода подается через капельные водовыпуски небольшими порциями непосредственно в корневую систему. Распределительный (коллекторный) трубопровод 4 изготавливают из полиэтиленовой трубы, в которую врезаются штуцеры 5 для присоединения трубок капельного полива. Трубка капельного полива (рисунок 57) представляет собой гибкую полиэтиленовую трубку диаметром 16 мм с равномерно расположенными на расстоянии 100 мм капельными эмиттерами.



Рисунок 57 – Трубка капельного полива

Каждый из них может обеспечивать расход воды порядка 2 л/ч. Диапазон технических характеристик трубок капельного полива позволяет эффективно решать вопросы орошения при любой схеме посадки сада.

Очистка поливной воды производится фильтростанцией (рисунок 58), управляемой контроллером, установленным в шкафу управления (рисунок 59). Фильтрация поливной воды от крупных механических частиц и биофлоры осуществляется в песчано-гравийных фильтрах 10 (см. рисунок 56), представляющих собой металлические емкости, заполненные фильтрующим элементом (гравием фракций 0,65–1,75 мм) и соединенные коллекторными трубопроводами, через которые осуществляется подвод воды из водоисточника и отвод от-

фильтрованной воды в поливные модули. На входе в песчано-гравийные фильтры установлены трехходовые клапаны, управляемые соленоидами. С их помощью каждый из фильтров переводится из режима фильтрации в режим автоматической промывки по команде дифференциальных манометров и обратно.



Рисунок 58 – Фильтростанция



Рисунок 59 – Шкаф управления

Для внесения жидких удобрений предназначен удобрительный узел с емкостью 9 (см. рисунок 56). Чтобы избежать проблем засорения каплеобразующих отверстий в трубках капельного полива, осуществляется тонкая очистка поливной воды с помощью дискового фильтра тонкой очистки 8. Для снижения давления воды в трубках капельного полива до заданного уровня предусмотрена установка регуляторов давления, а для обеспечения стравливания воздуха при запуске системы, а также восстановления внутри системы нулевого давления при вы-



Рисунок 60 – Выходной патрубок с регуляторами давления и воздушно-вакуумным клапаном

ключении в магистральном трубопроводе установлен кинетический воздушно-вакуумный клапан (рисунок 60).

Работа комплекта автоматизированного поливочного КАП-1 осуществляется по разработанной для конкретных условий программе. По команде «пуск» производится запуск водяного насоса и открытие электромагнитного клапана первого поливного модуля капельного полива. Осуществляется полив первого модуля. По завершении полива первого

модуля (внесения заданной нормы полива) производится переключение клапанов на полив следующего модуля. Далее работа ведется в циклическом режиме. Весь процесс работы комплекта КАП-1 происходит без участия оператора и обеспечивает постоянное поддержание заданной (оптимальной для роста растений) влажности. Оперативная корректировка программы полива (изменение поливной нормы) производится при помощи контроллера.

Основные технологические параметры системы капельного полива КАП-1 при норме полива 10 л/м^2 представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Основные технологические параметры системы капельного полива КАП-1 при норме полива 10 л/м^2

Схема посадки сада, м	4×1,5	4×2	4,5×1,2	5×3
Кол-во рядов на 1 га, шт. / длина ряда, м	25/100	25/100	17/132	20/100
Количество яблонь на 1 га, шт.	1667	1250	1870	667
Количество капельниц на 1 га фактически орошаемой площади сада, шт.	2500	2500	2244	2000
Поливная норма в сутки, $\text{м}^3/\text{га}$	16,7	12,5	18,7	6,7
Расход воды капельницами на 1 га фактически орошаемой площади сада, $\text{м}^3/\text{ч}$	5	5	4,5	4
Фактическая орошаемая площадь сада, м^2	2500	2500	2244	2000
Время работы системы в сутки, ч	3,4	2,5	4,2	1,7

При увеличении нормы полива (на 20 л/м^2 , 30 л/м^2 , 40 л/м^2 , 50 л/м^2) суточная поливная норма и время работы системы умножаются на 2, 3, 4, 5 соответственно.

Максимальный часовой расход Q определяется по формуле:

$$Q = q \times n_k,$$

где q – расход одной капельницы, л/мин ;

n_k – количество капельниц на 1 га, шт.

Заключение

Преимущества систем капельного полива, заключающиеся в эффективном и экономном использовании воды за счет точного и равномерного дозирования, низких потерь воды на испарение, сухом состоянии надземной части растений, делают ее одной из самых энергоресурсосберегающих и рентабельных систем орошения.

Разработка и внедрение отечественной автоматизированной системы капельного полива садов КАП-1, соответствующей современному уровню и не уступающей лучшим мировым аналогам по комплексу технологических и эргономических показателей, и в то же время адаптированной к природно-климатическим условиям Республики Беларусь, позволит увеличить количество сельскохозяйственной продукции, в частности плодовой, получаемой с единицы площади, снизить ее себестоимость и повысить качество.

15.10.10.

Литература

1. Голченко, М.Г. Влагообеспеченность и орошение земель в Белоруссии / М.Г. Голченко. – Минск: Урожай, 1976. – 192 с.
2. Девятов, А.С. Повышение качества плодовых деревьев и урожайность садов / А.С. Девятов. – Минск: Урожай, 1977. – С. 93.
3. Голченко, М.Г. Рекомендации по орошению садов в Беларуси / М.Г. Голченко, Т.Д. Лагун; под ред. В.В. Остащенко. – Горки, 1979. – С. 47.

УДК 635.1/8:631.347
Д.В. Дегтеров, Н.Ф. Капустин,
Э.К. Снежко
(РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)

СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛИВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ОТКРЫТОГО ГРУНТА

Введение

Анализ изменения природно-климатических и почвенных условий Республики Беларусь показывает, что развитие сельскохозяйственного производства практически невозможно без мелиоративного улучшения сельскохозяйственных угодий. Повторяющиеся в последнее время засухи, а также неравномерное выпадение осадков на территории в разные годы не позволяют получать стабильные урожаи сельскохозяйственных культур без орошения. Недостаток влаги сводит к минимуму влияние на урожай всех остальных факторов (удобрений, защиты растений, качества семян, обеспеченности техникой и т.д.) [1].

В орошении прежде всего нуждаются овощи, ряд технических культур, картофель, сахарная свекла, травы и культурные пастбища. За счет орошения можно получать прибавку урожая капусты 200–250 ц/га даже на суглинистых и супесчаных почвах, картофеля – 80–100 ц/га, свеклы столовой – до 160 ц/га. Урожай трав может быть повышен более чем в 2 раза на орошаемых землях по сравнению с неорошаемыми.

Часто территорию Беларуси относят к зоне избыточного увлажнения. Однако правильнее относить ее к зоне с неустойчивым режимом естественного увлажнения и теплообеспеченности. Такая неустойчивость приводит к значительным колебаниям по годам урожайности сельскохозяйственных культур, выращиваемых в открытом грунте. Повторяющиеся в последнее время засухи, а также неравномерное выпадение осадков на территории республики в разные годы не позволяют получать стабильные урожаи сельскохозяйственных культур без искусственного орошения.

В среднем по Республике Беларусь дефицит влаги во время вегетации картофеля составляет 30...75%, или 60...150 мм (таблица 13), при этом потери урожая картофеля достигают 20...50%.

Таблица 13 – Дефицит влаги в период вегетации картофеля, мм

Погодные условия	Влагоемкость почвы		
	низкая	средняя	высокая
Среднеестественная влагообеспеченность	100	80	60
Среднезасушливый период	150	140	120

Для обеспечения гарантированного урожая картофеля на уровне 350–400 ц/га в период его активного роста требуется около 4 мм влаги в день.

На рисунке 61 на примере хозяйств Германии показано влияние орошения на урожайность картофеля по годам, характеризовавшимся различной естественной влагообеспеченностью.

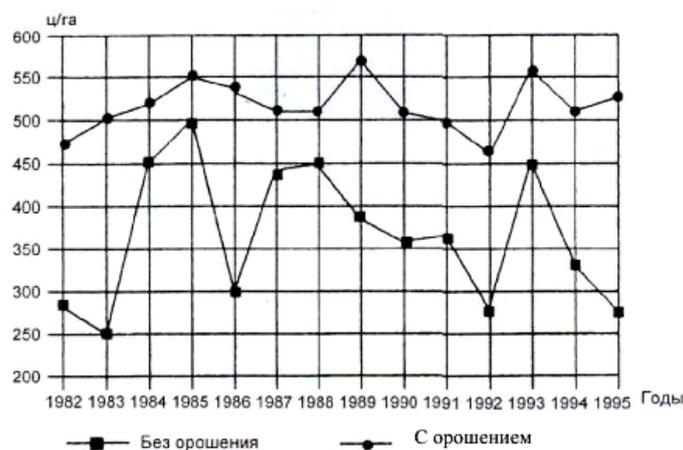


Рисунок 61 – Повышение и стабилизация урожая картофеля с помощью орошения

Своевременное орошение отражается не только на урожайности картофеля, но и положительно влияет на качество клубней, например:

- товарность столового картофеля повышается на 6–20%;
- увеличивается содержание крахмала на 3–5%;
- улучшается форма клубней и т.д.

Кроме этого, орошение положительно сказывается на усвоении картофелем азота (таблица 14)

Таблица 14 – Влияние орошения на урожайность картофеля

Погодные условия	Урожайность, ц/га		
	Без орошения и без внесения азотного удобрения	Без орошения при внесении 150 кг/га азотного удобрения	При орошении с внесением 150 кг/га азотного удобрения
Среднеестественная влагообеспеченность	348	382	500
Среднезасушливый период	157	267	348

Для обеспечения благоприятных условий выхода продукции овощеводства на внешний рынок необходимо при уровне рентабельности 45–50% поддерживать стабильный уровень ее урожайности. Капусты должно выращиваться не менее 400 ц/га, моркови – 450, столовой свеклы – 350, лука репчатого – 200 и т.д., что нереально без использования орошения (таблица 15).

Таблица 15 – Влияние полива на урожайность овощных культур

Вид культуры	Легкая почва				Тяжелая почва			
	Плановая урожайность, ц/га		Дополнительная урожайность		Плановая урожайность, ц/га		Дополнительная урожайность	
	без полива	с поливом	ц/га	%	без полива	с поливом	ц/га	%
Белая капуста	300	600	300	100	550	850	300	55
Огурцы	300	500	200	67	400	800	400	100
Лук	–	–	–	–	430	550	120	28
Морковь поздняя	500	900	400	80	600	900	300	50

Анализ способов и технических средств для полива овощей

В зависимости от целого ряда факторов определенные требования предъявляются и к оросительной технике [3]. Например, ранее применявшиеся широкозахватные установки («Фрегат», «Днепр», «Воложанка» и т.д.) осуществляли сплошной, не всегда целесообразный полив всей площади, без учета ее рельефных особенностей. В то же время отдельные (пониженные) участки на этой площади могли содержать достаточное количество влаги, и дополнительное увлажнение их оказывалось даже вредным. Технологически более правильно и экономичнее осуществить локальный полив возвышенных участков, где отмечается дефицит влагозапасов. Такой технологический подход очень важен при мелиоративном орошении на мелкозалежных торфяниках, где в результате осадки и сработки торфа песчаные возвышенности чередуются с большими понижениями, на которых сохранился торфяник мощностью от 35 до 150 см. Благодаря высокой влагоемкости торфа и близкому расположению уровня грунтовых вод, эти пониженные участки практически никогда не требуют увлажнения сверху, в то время как повышенные участки с низкой влагоемкостью почвенного слоя и отсутствием подпитки от грунтовых вод быстро пересыхают в засушливый период.

Для эффективного орошения таких участков требуются не широкозахватные дождевальные машины, а мобильные, экономичные установки, позволяющие забирать воду из открытых водоисточников или водозаборных колодцев на закрытых коллекторах дренажной сети и подавать ее только на участки, требующие увлажнения [4].

В РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработана мобильная барабанно-шланговая дождевальная установка УД-2500 (рисунок 62), состоящая из барабан-машины и оросительной тележки с дальнеструйным распылителем.



Рисунок 62 – Установка дождевальная УД-2500 на полове капусты

Принцип работы УД-2500 следующий. От гидранта закрытой оросительной сети или водяного насоса, установленного возле водоема и приводимого в действие через карданный вал с помощью ВОМ трактора, вода подается на гидропривод установки с давлением не ниже $0,3 \text{ МПа}$. От напора нагнетаемой воды турбина гидропривода приводится во вращение и через редуктор передает вращение барабану посредством цепной передачи. На барабан может наматываться до 400 м полиэтиленовой трубы диаметром 90 мм, по которой вода подается непосредственно к дальнеструйному аппарату (распылителю).

Кроме того, полиэтиленовая труба является тяговым элементом, обеспечивающим перемещение оросительной тележки с распылителем. Скорость наматывания полиэтиленовой трубы на барабан, а значит и скорость перемещения распылителя по полю может изменяться от 10 до 150 м/ч за счет направления части потока воды от нагнетающего насоса мимо турбины через обводную дросселирующую магистраль.

Для автономной подачи оросительной воды к поливной технике разработана передвижная дизельнасосная станция СДН 100/80 (рисунок 63), состоящая из рамы-бака на колесном ходу с установленными на ней двигателем Д-245 мощностью 65 кВт и водяным насосом Caprari, оборудованным входным патрубком $\varnothing 100 \text{ мм}$ и выходным патрубком $\varnothing 80 \text{ мм}$. Станция обеспечивает производительность до $120 \text{ м}^3/\text{ч}$, рабочее давление до 12 атм. с высотой всасывания не менее 3 м.

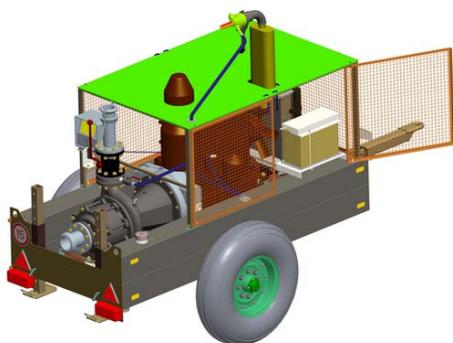


Рисунок 63 – Станция дизельнасосная СДН-100/80

Для транспортирования оросительной воды от насосной станции к дождевальной установке разработан трубопровод разборный полевой ТРП-1200 (рисунок 64) с наружным диаметром 110 мм, длиной 1200 м, состоящий из 12-метровых отрезков пластмассовых труб в количестве 100 штук и соединяющих их армленовых муфт. Трубопровод при давлении воды на входе до 1,0 МПа обеспечивает на выходе расход до 50 м³/ч при давлении не менее 0,3 МПа (при максимальной его длине). Для подключения к насосному оборудованию трубопровод снабжен входным патрубком с «V»-частью быстродействующего соединения «Perrot», а для подключения к оросительному оборудованию – выходным патрубком с «M»-частью того же соединения.

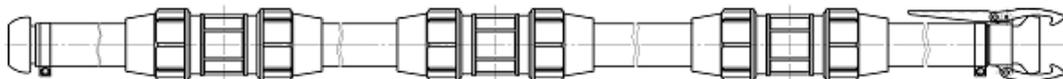


Рисунок 64 – Трубопровод разборный полевой ТРП-1200

В качестве альтернативы мобильной шланговой установке создано оборудование капельного полива для овощей открытого грунта. С помощью развитой системы трубопроводов и лент капельного полива отфильтрованная вода подается через капельные водовыпуски небольшими порциями непосредственно в корневую систему. Распределительный трубопровод изготавливают из полиэтиленовой трубы диаметром не менее 63 мм или эластичной трубы «Lauflat 4», в которую врезаются штуцеры для присоединения лент капельного полива. Лента капельного полива представляет собой гибкую полиэтиленовую трубчатую оболочку диаметром 16 мм с равномерно расположенными по длине до 300 м капельными водовыпусками, выполненными методом лазерной «просечки». Ленты изготавливаются с расстоянием между капельницами от 0,1 до 0,4 м. Каждая из них может обеспечивать расход воды от 0,57 до 1,14 л/ч.



Рисунок 65 – Песчано-гравийный фильтр

Диапазон технических характеристик лент капельного полива позволяет эффективно решать вопросы орошения при любой схеме посадки. Фильтрация поливной воды от крупных механических частиц и биофлоры осуществляется в песчано-гравийном фильтре (рисунок 65). Он состоит из металлической емкости, заполненной гравием, и соединительного трубопровода, через который осуществляется подвод и отвод воды.

Для внесения жидких удобрений предназначен удобрительный узел, оснащенный инжектором. Для избегания засорения лент капельного полива осуществляется «тонкая» очистка поливной воды с помощью дискового фильтра. Для снижения давления воды в лентах капельного полива предусматривается установка регулятора давления.

Преимущества систем капельного полива, заключающиеся в эффективном и экономном использовании воды за счет точного и равномерного дозирования, в низких потерях воды на испарение, сухом состоянии надземной части растений, делают ее одной из самых рентабельных. Преимущества при таком внесе-

нии имеют жидкие удобрения и удобрения, которые полностью растворяются в воде без образования осадка. К ним можно отнести удобрения серии «Террафлекс» (марки Т, С, S, F), «Растворин» (марки А, А₁, Б, Б₁), «Акварин» (№ 1.16), «Кристалон» (ярлыки красный, белый, голубой, оранжевый) и удобрения, приведенные в таблице 16. Доза магния в растворе должна быть в пределах 0,2–0,4 г/л [2].

Таблица 16 – Состав и кислотность растворимых удобрений

Удобрение	N, %	K ₂ O, %	P ₂ O ₅ , %	Эквивалентная кислотность*
Нитрат аммония (аммиачная селитра)	33,5			62
Сульфат аммония	21			110
Аммиачная вода	20			36
Нитрат кальция	15,5			20
Мочевина	45–46			71
Калия хлорид		60–62		нейтральная
Калия нитрат	13	44–46		23
Калия сульфат		50–53		нейтральная
Диаммоний фосфат	16–18		46–48	70
Моноаммоний фосфат	11		48	58
Фосфорная кислота			52–54	110

* кг СаСО₃ на 100 кг добавки для нейтрализации кислотности.

При проведении удобрительных поливов необходимо также учитывать биологические особенности культур, их потребность в питательных веществах, содержание минеральных элементов в грунте и в листьях.

Выводы

Таким образом, складывается система машин в технологии полива овощей в открытом грунте, включающая дождевальную барабанно-шланговую установку УД-2500 и комплект капельного полива ККП-1, насосное оборудование (тракторный насосный агрегат и дизельнасосную станцию СДН), полиэтиленовый трубопровод с соединительными пластиковыми муфтами, позволяющими в кратчайшее время проложить полевой трубопровод длиной 1200 м от водосточника к поливным участкам.

Вышеуказанные машины и оборудование, предназначенные для работы в открытом грунте, отвечают всем современным требованиям, предъявляемым к машинам данного класса, и имеют хорошие перспективы использования в сельском хозяйстве РБ и стран СНГ для полива большинства овощных культур.

03.08.10.

Литература

1. Лихацевич, А.П. Дождевание сельскохозяйственных культур. Основы режима при устойчивой естественной влагообеспеченности / А.П. Лихацевич. – Минск: Бел. наука, 2005. – С. 278.
2. Современные технологии производства овощей в Беларуси / А.А. Аутко [и др.]. – Молодечно: РУП Типография «Победа», 2005. – С. 271.

3. Проблемы и перспективы механизации орошения с/х культур в Республике Беларусь / В.Н. Дашков [и др.] // Ресурсосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве: сб. Междунар. науч.-практ. конф.: в 2 т. / РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси»; под общ. редакцией В.Н. Дашкова. – Минск, 2004. – Т.1. – С. 243-245.

4. Дашков, В.Н. Современные средства механизации орошения сельскохозяйственных культур / В.Н. Дашков, Н.Ф. Капустин, Д.В. Дегтерев // Экологическое сельское хозяйство – сегодняшнее состояние и перспективы развития: матер. Междунар. науч. конф., Познань, 10–12 окт. 2006 г. – Познань: PIMR, 2006. – С. 32-34.

УДК 635.1/8:631.347

**Д.В. Дегтерев, Н.Ф. Капустин,
Э.К. Снежко,**
(РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)

Н.М. Абрамчик
(УО «БГАТУ», г. Минск, Республика Беларусь)

МЕТОДИКА РАСЧЕТА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМЫ КАПЕЛЬНОГО ПОЛИВА ДЛЯ ОРОШЕНИЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР ОТКРЫТОГО ГРУНТА

Введение

Капельное орошение начало применяться в овощеводстве в промышленных масштабах в последние 3–5 лет. Зарубежный опыт и положительные результаты при выращивании всех сельскохозяйственных культур и на всех типах почв способствуют динамичному развитию этого способа орошения в условиях Беларуси. Как любая система, капельное орошение имеет свою терминологию:

- источник водоснабжения – канал или скважина, откуда производится водозабор;

- насосная станция – предназначена для забора воды из источника;

- фильтростанция – предназначена для очистки поливной воды. В зависимости от наличия в воде примесей и величины орошаемой площади может включать сетчатые, дисковые, гравийные, гидроциклонные фильтры или их комбинации;

- узел внесения удобрений – предназначен для дозированного внесения с поливной водой удобрений и средств защиты растений. Состоит из удобрительной головки с инжектором или дозатора, емкости для приготовления раствора;

- блок управления или контроллер – устройства для автоматического контроля и управления работой системы капельного орошения;

- регулятор давления – устройство, поддерживающее постоянное давление;

- оросительные трубки – капельные линии, укладываемые, согласно технологии, параллельно друг другу и соединенные с поперечной магистралью трубопровода;

- эмиттеры – капельницы, соединенные с трубопроводом или составляющие с ним единое целое, предназначены для дозированного выпуска воды из трубопровода в небольших количествах.

-

Классификация и типы поливных трубопроводов

Поливные трубопроводы классифицируются:

- по типу – лента или трубка;
- по типу капельницы – с жесткой или мягкой капельницей;
- компенсированные и некомпенсированные. Некомпенсированные – при изменении давления меняется расход воды. Компенсированные – при изменении давления внутри трубки расход воды остается неизменным.

Комплектация систем капельного орошения

Базовая комплектация системы капельного орошения состоит из:

- водяного насоса, узла подготовки и внесения удобрений, фильтростанции, магистральных трубопроводов, регуляторов давления, разводящих трубопроводов, соединительной запорной фурнитуры. Дополнительно система может содержать узлы автоматического контроля и управления системой, а также учета воды.

Фильтростанция, в зависимости от наличия в поливной воде определенных примесей и величины орошаемой площади, может включать сетчатые, дисковые, гравийные и гидроциклонные фильтры.

- Сетчатые фильтры (рисунок 66) устанавливаются после гравийного. Состоят из корпуса и фильтрующего элемента в виде мелкоячеистой сетки. Применяют для фильтрования воды при невысоком содержании неорганических частиц. При засорении фильтрующий элемент промывается обратным потоком воды.

- Дисковые фильтры разработаны для более глубокого фильтрования. Состоят из корпуса и фильтрующего элемента в виде набора плотно сжатых тонких дисков с радиальными канавками. Используются для удаления неорганических и органических частиц. Обычно используются при заборе воды из скважин. При засорении промываются обратным потоком воды.

- Гравийные фильтры (рисунок 67) используются для удаления органических и неорганических частиц. В качестве фильтрующего элемента используется песок, за счет своей высокой удельной фильтрационной поверхности позволяющий удерживать большое количество взвешенных частиц. Используются при заборе воды из открытых водоемов. Удобрительный узел (рисунок 68) предназначен для ежедневного дозированного внесения удобрений и средств защиты растений от почвенных вредителей. Обычно используются удобрительные узлы двух видов:

- инжекторного типа – используют поток воды для всасывания удобрений за счет искусственного разрежения. Отличаются простотой и надежностью. Недостаток – сложность регулирования подачи раствора;

- дозаторны – используют поток воды для механического дозирования раствора. Отличаются высокой точностью дозирования.

Регулятор давления (рисунок 69) служит для поддержания постоянного давления в оросительных трубках. Состоит из корпуса и крышки, между которыми расположена диафрагма. Корпус имеет две камеры, разделенные пере-

мычкой таким образом, что прижатая к перемычке диафрагма перекрывает движение воды из одной камеры в другую. Входная камера соединена с полостью над диафрагмой и с выходной камерой. При закрытом дросселе давление воды во входной камере и полости над диафрагмой выравнивается, пружина прижимает диафрагму к перемычке, перекрывая поступление воды в систему. Регулирование дросселем сброса воды с полости над диафрагмой позволяет регулировать давление в системе. Если в системе повышается давление, то оно автоматически повышается и над диафрагмой, тогда диафрагма под действием пружины опускается, уменьшая подачу воды. И наоборот.



Рисунок 66 – Сетчатый фильтр



Рисунок 67 – Песчано-гравийный фильтр

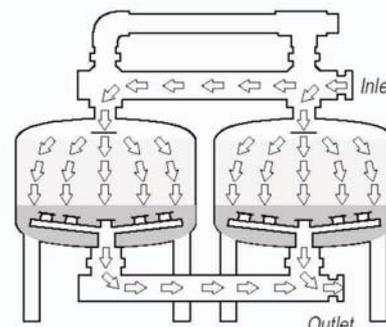


Рисунок 68 – Инжектор Вентури



Рисунок 69 – Регулятор давления

Методика расчета систем капельного орошения

Выбрав на основе почвенных, водных, маркетинговых исследований набор культур, площади, которые они будут занимать, переходят непосредственно к расчету самой системы.

Порядок проектирования системы капельного орошения

- Предварительный расчет водопотребления.
- Расчет общей длины оросительной трубки на участок согласно схеме посадки.
- Деление участка на поливные блоки (учитывая длину рядов, мощность насоса, дебет скважины).
- Подбор фильтростанции (учитывая расход воды по блокам, желаемое время полива участка).
- Подбор магистральных и разводящих трубопроводов. Для начала определяют максимальную ежедневную потребность в воде с целью проверки возможностей водоисточника, выбора фильтростанции и остальной фурнитуры. Исходя из этого производят предварительный расчет пропускной возможности фильтростанции по формуле:

$$Q = \frac{n_{\text{уд}} \cdot S}{T},$$

где Q – пропускная способность фильтростанции, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$n_{\text{уд}}$ – удельная норма полива, $\text{м}^3/\text{га}$;

S – планируемая площадь орошения, га ;

T – планируемое время работы системы в сутки, 16–20 ч.

При обеспечении расчетного расхода воды переходим к следующему этапу.

Расчет общей длины оросительной трубки ведется с учетом всех возделываемых культур, их площади и схемы посадки.

$$L_{\text{T}} = \frac{S_{\text{к}} \cdot 10000}{L},$$

где L_{T} – потребность в оросительной трубке, м ;

$S_{\text{к}}$ – площадь возделываемой культуры, га ;

L – расстояние между оросительными трубками (схема посадки), м .

При разбивке участка на поливочные блоки необходимо знать максимальную пропускную способность разводного рукава. Водопотребление одного поливочного блока не должно превышать возможности разводного трубопровода. За контрольные показатели максимальной пропускной способности трубопроводов принимаются значения из таблицы 17.

Таблица 17 – Максимальная пропускная способность разводных трубопроводов

Диаметр трубопровода, мм	25	32	63	75	110	125	140
Пропускная способность, $\text{м}^3/\text{ч}$	4	6	23	40	80	88	110

Исходя из диаметров разводящих трубопроводов и схемы посадки выбирается площадь поливочных блоков.

$$S = \frac{Q_{\text{т}} \cdot L \cdot x}{10 \cdot q},$$

где S – площадь поливочного блока, га ;

$Q_{\text{т}}$ – пропускная способность разводного трубопровода, $\text{м}^3/\text{ч}$;

L – расстояние между оросительными трубками (схема посадки), м ;

x – расстояние между эмиттерами оросительной трубки, м ;

q – норма вылива одного эмиттера, $\text{л}/\text{ч}$.

Определяется предварительное количество поливочных блоков. Для этого общую площадь возделываемой культуры делят на расчетную площадь блока и округляют в сторону увеличения. При невозможности размещения или экономической нецелесообразности расчетного количества поливочных блоков идут на увеличение их количества.

Для определения расхода воды на гектар используется зависимость:

$$W = \frac{10 \cdot q}{L \cdot x}, \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Следующий этап – определение геометрических размеров поливочных блоков. Более выгодно разводной трубопровод располагать посередине орошаемого блока с двусторонней разводкой оросительных трубок. Вторым фактором,

влияющий на геометрические размеры поливных блоков – это техническая характеристика оросительной трубки. Разбивая поле на поливочные блоки, экономически целесообразно использовать поливочные гоны, составляющие 0,7–1,0 от максимальной длины. Определив длину поливочных блоков, рассчитывают длины разводных трубопроводов. Для этого делят площадь поливочных блоков на размах поливочных блоков. Следует не допускать выращивания в одном блоке разных культур, особенно с разными нормами полива и нормами внесения удобрений. Также нельзя использовать различные схемы посадки с разных сторон одного разводного трубопровода.

После определения количества и размеров поливочных блоков уточняют расход воды на каждый поливочный блок.

$$W_i = W \cdot S_b,$$

где W_i – расход воды конкретного поливочного блока, $m^3/ч$;

W – расход воды на гектар используемой схемы посадки, $m^3/га$;

S_b – площадь конкретного поливочного блока, $га$.

Для составления схемы полива максимальная поливная норма делится на гектарный расход воды ($m^3/га \cdot ч$) в рамках используемой схемы посадки и определяется максимальное время полива конкретного блока.

При выборе фильтростанции необходимо учитывать источник водоснабжения (открытый водоем или скважина), степень загрязненности воды, часовую потребность в воде, а также производительность насосной станции. При использовании поливной воды из открытых водоемов, имеющей большое количество биологических загрязнителей, необходимо включать в состав фильтростанции песчано-гравийный фильтр, а при большом количестве взвешенных частиц целесообразно использование гидроциклонов. Помимо песчано-гравийного фильтра в состав фильтростанции должен входить сетчатый или дисковый фильтр.

Если используется вода со скважины, то обычно достаточно одного дискового или сетчатого фильтра. Определившись с типом фильтростанции на основании анализа источника водоснабжения, переходят к выбору типа фильтров и расчету их количества. Перед выбором пропускной способности фильтростанции необходимо уточнить производительность насосной станции и наличие других потребителей воды.

Определившись с необходимой пропускной способностью фильтростанции и ее типом, начинают комплектацию. По пропускной способности подбирают марку фильтра и их количество. Также выбирается удобрительный узел.

Гидравлический расчет водопроводной сети заключается в определении диаметров трубопроводов по известному расходу воды и потерь напора на всех ее участках, а также в определении минимального давления на входе системы.

Диаметр трубопроводов D определяется по формуле:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{W_i}{3600 \cdot V}}, m,$$

где 1,13 – коэффициент, получаемый при переходе от живого сечения потока к диаметру трубопровода;

W_i – расчетный поток воды, протекающий по данному трубопроводу, $м^3/ч$;

V – скорость движения воды в трубопроводе – $0,9 \dots 1,9 м/с$.

Полученные значения округляют до ближайшего большего значения.

Определяем фактическую скорость движения воды в трубопроводах $V_f, м/с$:

$$V_f = \frac{W_i}{w},$$

где w – площадь живого сечения трубопровода, $м^2$.

$$w = \frac{\pi \cdot D_f^2}{4},$$

где D_f – принятый диаметр трубопровода, $м$.

Потери напора $h_n, м$, определяются по формуле:

$$h_n = A \cdot L_t \cdot \beta \cdot W_i^2,$$

где A – удельное сопротивление труб, $(с/м^3)$, принимается по таблице 18.

L_t – расчетная длина трубопровода, $м$;

β – поправочный коэффициент (таблица 19).

Таблица 18 – Удельные сопротивления A при $V = 1,0 м/с$

<i>мм</i>	80	100	125	150	200	250	300	350	400
<i>с/м³</i>	909,6	300,0	92,8	35,8	7,9	2,4	0,94	0,42	0,21

Таблица 19 – Поправочный коэффициент β к значениям скорости

<i>м/с</i>	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,1	0,2	1,3
<i>β</i>	1,46	1,32	1,23	1,19	1,12	1,08	1,05	1,02	1,0	0,99	0,97	0,95

В общем виде методика расчета трубопроводов включает этапы:

- определяют диаметры трубопроводов по расходу воды и скорости потока для каждого участка;
- определяют потери напора по участкам;
- определяют максимальную потерю напора;
- определяют минимальное входное давление;
- сравнивают возможности источника водоснабжения с потребностями системы. **Особенности эксплуатации системы капельного полива**

Для обеспечения рационального использования средств, затраченных на внедрение системы капельного орошения, важно правильно спланировать ее эксплуатацию. Неверное планирование повлечет неправильную эксплуатацию системы, затраты не окупятся. Выращивание овощей на капельном орошении предполагает применение передовых технологий, поэтому получение высоких урожаев возможно только при обязательном выполнении всех агротехнических мероприятий по защите растений, внесению удобрений и т.д.

Так как используется два типа поливных трубопроводов (трубка и лента), качество каждого из них зависит от толщины стенки. Трубка или лента с высокой плотностью может использоваться несколько лет. Срок использования тонкой ленты составляет один год. Лента с наименьшей плотностью закладывается

в почву на глубину 5 см. Более плотная трубка или лента может использоваться на поверхности почвы. При эксплуатации тонкой ленты важно проследить, чтобы она была уложена в почву точно на глубину 5 см. К сожалению, еще нет техники для точной укладки ленты в почву, различия в глубине составляют ± 5 см. Если лента расположена слишком глубоко, есть риск изменения давления и объема воды в ленте, так как после сильных дождей почва существенно уплотняется. Также трудно убрать ленту из почвы после окончания сезона, если она находится слишком глубоко в почве.

Если лента с наименьшей плотностью расположена слишком мелко, могут возникнуть проблемы с почвенными вредителями. Очень важно сразу же после укладки ленты внести в почву с поливной водой инсектициды в следующей пропорции: децис форте – 0,1 л/га, базудин – 1,5 л/га, золон – 1,5 л/га.

По завершении поливного сезона проводится демонтаж и закладка всех элементов на хранение. Важным экологическим фактором является зачистка поля от остатков капельной ленты и других полимерных отходов. Пластик в почве не разлагается, поэтому часто поля, где применялось капельное орошение, загрязнены. Для нормальной эксплуатации таких почв в будущем крайне важно очищать поля от пластика любого вида.

Если использовалась многолетняя трубка, ее необходимо промыть, чтобы удалить все микро- и макрочастицы, накопившиеся за период эксплуатации. Для этого на концах трубки открываются заглушки, и потоком воды промывается система до тех пор, пока не пойдет чистая вода. Если для полива использовалась вода из открытых водоемов, возникает угроза распространения водорослей и бактерий, которые образуют слизь, забивающую капельницы. Поэтому на таких системах необходимо ввести в поливную воду хлор в концентрации 20 мг/л. Такая промывка производится через инжектор в течение 30–60 минут. Так как в течение сезона для подкормки растений применяются удобрения, содержащие соли кальция и магния, может произойти блокировка капельниц этими солевыми остатками. Для удаления солей в конце сезона применяют техническую азотную, ортофосфорную или хлорную кислоту в концентрации 0,6% действующего вещества. Продолжительность кислотной ирригации – около одного часа.

Выводы

При проектировании систем капельного полива необходимо учитывать потребность растений в воде, для того чтобы правильно выбрать фильтростанцию с учетом источника водоснабжения, степени загрязненности воды, а также производительности насосной станции, рассчитать общую длину оросительной трубки, определить количество и размер поливочных блоков.

При гидравлическом расчете водопроводной сети, который заключается в определении диаметров трубопроводов при известном расходе воды, необходимо учитывать потери напора на всех ее участках, а также минимальное давление на входе системы.

03.08.10.

УДК 631.354.6

В.П. Чеботарев, А.Н. Перепечаев
*(РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*
И.Н. Шило, А.В. Новиков
*(УО «БГАТУ», г. Минск, Республика Бела-
русь)*

АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗДЕЛЬНОЙ И ДВУХФАЗНОЙ УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ

Введение

В нашей стране более половины площадей зерновых культур убирают в условиях повышенного увлажнения. Уборка в таких районах сопряжена с большими трудностями из-за высокой влажности зерна, комбайны и другие машины значительное время простаивают, уборка растягивается по срокам, потери зерна увеличиваются. Чтобы уменьшить потери, приходится начинать убирать урожай при повышенной влажности зерна. В результате существенно снижается производительность комбайнов, повышаются потери зерна за молотильно-сепарирующим аппаратом.

Основная часть

В республике уборку зерновых проводят двумя способами: прямым и раздельным комбайнированием, при этом для стелющихся зернобобовых, гречихи и ряда видов семенных посевов трав наиболее целесообразной является раздельная уборка. Раздельная уборка осуществляется с помощью включения в уборочный технологический процесс валковых жаток. При этом объемы и районирование раздельного способа уборки, а также его разновидности (классическую раздельную уборку или двухфазную уборку), связанные со сроками подсыхания валков, определяют агроклиматические условия [1].

Ввиду большого многообразия возделываемых в республике культур, сроки созревания которых растянуты от конца июня (рожь, пшеница, ячмень) до конца сентября (гречиха, семенные посевы клевера со второго укоса), раздельная уборка их проводится при различных погодных условиях, например уборка позднеспелых культур (гречихи, семенных посевов клевера) не всегда проводится при благоприятных условиях. Поэтому одной из основных задач является обеспечение достаточной технологической надежности раздельного способа с учетом неустойчивости погодных условий [2].

Раздельная уборка раннеспелых и высокорослых хлебов может стать весомым резервом повышения производительности комбайнов и сокращения продолжительности уборки. Однако ее применение осложняется рядом причин, прежде всего неустойчивой погодой. Объем раздельной уборки выбирают на основе данных таблицы 20 с учетом коэффициента увлажнения, который отражает отношение количества атмосферных осадков, выпадающих за определенный период, к величине испаряемости за тот же период [3], а также с учетом полеглости по данным таблицы 21.

Таблица 20 – Оптимальные соотношения отдельного и прямого комбайнирования раннеспелых зерновых культур

Способ уборки	Доля способа (%) при коэффициенте увлажнения (по Н.Н. Иванову) в уборочный период							
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
Раздельный	50	61	72	81	89	94	97	99
Прямое комбайнирование	50	39	28	19	11	6	3	1

При коэффициенте увлажнения 0,8 и более отдельную уборку нужно проводить по типу двухфазной, то есть когда скошенная хлебная масса в тот же или следующий день подбирается. Это особенно важно при уборке полеглых посевов. Поэтому скашивать нужно столько, сколько валков смогут обмолотить за день подготовленные для этого комбайны. В противном случае риск попадания скошенного хлеба под дождь сильно увеличивается. Уложенная в валки хлебная масса способна не только отдавать влагу, но и в больших количествах впитывать ее при выпадении осадков. При этом процесс влагоотдачи из валков протекает медленнее, чем на корню. Климат в республике умеренно континентальный, среднее количество осадков за год составляет 500–700 мм, вероятность ненастной погоды в период уборки достаточно велика, поэтому валки должны быть непрерывными, без разрыва, и уложены на стерне так, чтобы не касаться поверхности почвы [4].

Таблица 21 – Выбор способа уборки в зависимости от полеглости

Полеглость, %	Масштаб полеглости, %		
	очаговая, до 20	обширная, 21...50	сплошная, более 50
Слабая, до 15	У	У	У
Умеренная, 16...60	У	Р	Р
Сильная, более 60	Р	П	П

Обозначения и рекомендации: У – уборку ведут в режиме уборки прямостоящих хлебов; Р – машины регулируют на уборку полеглых хлебов; П – применяют приспособления или двухфазный способ. Сильно полегшие хлеба, поросшие травой на больших площадях (более 60% поля), убирают двухфазным способом или скашивают на корм [5].

Как показывает экспертная оценка эксплуатации зерноуборочных комбайнов, при благоприятных погодных условиях на полях со значительной засоренностью до 25...30% рабочего времени уходит на очистку сепарирующих органов комбайна. В таких условиях более предпочтительна отдельная, а при менее устойчивой погоде – двухфазная уборка зерновых. Это подтверждают результаты хозяйственной оценки технологий уборки сильно засоренных и полеглых хлебов в Мстиславском районе Могилевской области (таблица 22), при которой выявлены следующие преимущества двухфазной уборки:

– повышение суточной производительности зерноуборочных комбайнов парка в 1,5–2 раза;

– сокращение сроков уборки до допустимых агротехническими условиями;

– сокращение потерь зерна при обмолоте на 3...4% за счет снижения влажности массы в валке;

– повышение производительности сушильного оборудования до 20% за счет снижения влажности зерна в валке на 3...4%;

– снижение расхода топлива на 1 га уборочной площади.

Таблица 22 – Сравнительная характеристика технологий уборки зерновых культур (ячмень – 30 ц/га, засоренность посевов 30...35%, влажность зерна 20...23%)

№	Наименование операции	Марка машины	Ширина захвата, м	Производительность, га		Расход топлива, кг/га
				час	сутки	
Прямое комбайнирование						
1	Скашивание с обмолотом	Дон-1500Б	6,0	1,2...1,3	10...13	19,0
2	Сушка	М-819	–	–	66,7 (180 м)	58,3
						Итого 77,3
Двухфазная уборка						
1	Скашивание с укладкой в валок	СК-5 + ЖСК-4В	4,2	1,7...2,1	17...21	12,3
2	Подбор валков	Дон-1500Б	–	1,6...2,0	16...20	17,8
3	Сушка	М-819	–	–	81,5 (220 м)	45,9
						Итого 76,0

Анализ результатов исследований, испытаний и передового опыта по проведению уборочных работ, с учетом последующей сушки вороха на току, позволил определить потенциальные достоинства раздельной уборки: снижение суммарных затрат жидкого топлива на уборку и послеуборочную обработку зерна на 30...35%; более раннее начало и сокращение сроков уборки на 5–10 дней; сокращение потерь за молотилкой комбайна в 5...6 раз и повышение производительности комбайнов в 1,5...2 раза при подборе валков по сравнению с прямым комбайнированием на уборке полеглых, влажных и засоренных хлебов [6].

Опыт производственной эксплуатации высокопроизводительных зерноуборочных комбайнов, которыми оснащаются в последнее время сельскохозяйственные предприятия республики (Дон-1500Б, КЗР-10, КЗС-7, КЗС-10К, КЗС-14, КЗС-1218, Лида-1300, Лида-1600 и другие) позволил установить, что производительность таких комбайнов возрастает далеко не пропорционально росту их пропускной способности. Технические возможности их зачастую остаются нереализованными при уборке полеглых, засоренных посевов и неравномерно созревающих культур, имеющих, как правило, повышенную влажность хлебной массы, в результате чего сроки уборки и себестоимость уборки зерна не снижаются.

В уборочный сезон 2008 года при наличии 12914 комбайнов для зернового клина 2493 млн. га средняя нагрузка на один комбайн составляла 190 га. Исходя из структуры парка комбайнов в республике и средних многолетних данных по производительности, рассчитанных с учетом соблюдения требуемых агросроков уборки, нормативная нагрузка на один комбайн должна составлять 140 га.

Применение раздельной и двухфазной уборки позволит во многом уменьшить негативные последствия недостаточной обеспеченности комбайнового парка и его изношенности.

Раздельным и двухфазным способами в республике целесообразно убирать до 20% посевных площадей.

Выводы

При уборке засоренных, неравномерно созревающих, влажных и полеглых хлебов прямое комбайнирование которых сопряжено с резким падением темпов уборки, с высокими затратами энергоресурсов и большими потерями зерна, раздельной и двухфазной уборке практически нет альтернативы.

Наиболее полный сбор зерна получают при уборке раздельным и двухфазным способами в конце восковой спелости.

Применение раздельного способа уборки при благоприятных погодных условиях в уборочный период позволяет обходиться без досушивания с использованием жидкого топлива и перейти на технологию уборки с засыпкой зерна на постоянное место складирования и обработкой его в период засыпки и хранения методом активного вентилирования.

15.10.10.

Литература

1. Корнев, Г.В. Прогрессивные способы уборки и борьба с потерями урожая / Г.В. Корнев, А.П. Тарасенко. – М.: Россельхозиздат, 1975. – 159 с.
2. Комплексная механизация уборки и послеуборочной обработки колосовых, кукурузы и зернобобовых культур: сб. ст. / М-во сельского хозяйства СССР; сост. и отв. ред. Н.Н. Левыкин. – М.: Сельхозиздат, 1963. – 280 с.
3. Шкель, М.П. Справочник по зерновым культурам / М.П. Шкель, Н.Д. Мухин, Н.А. Жилинский. – Минск: Ураджай, 1986. – 304 с.
4. Особенности технологии и организации уборки зерновых культур в условиях БССР / Н.Е. Андриков [и др.]. – Минск: Ураджай, 1976. – 160 с.
5. Рекомендации по подготовке и рациональному использованию техники при уборке урожая 2006 года: сб. ст. / М-во сельского хозяйства и продовольствия республики Беларусь. – Минск: РУП «Институт энергетике АПК НАН Беларуси», 2006. – 22 с.
6. Макаренкова, З.И. Агротехническое обоснование способов и сроков уборки озимой ржи в условиях БССР: автореф. дис... канд. техн. наук: 06.05.1970. / З.И. Макаренкова; Белорус. науч. исследовательский инст. земледелия. – Минск, 1970. – 28 с.

УДК 631.365.22

**В.П. Чеботарев, И.В. Барановский,
В.И. Жданович, Е.И. Михайловский**
(РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)

И.Н. Шило
(УО «БГАТУ», г. Минск, Республика Беларусь)

Л.А. Маринич
(Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, г. Минск, Республика Беларусь)

ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ И КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТОПКИ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА ТТ-360М, РАБОТАЮЩЕЙ НА МЕСТНЫХ ВИДАХ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

Введение

Использование местных видов топлива предприятиями агропромышленного комплекса республики является наиболее эффективным методом снижения затрат на энергоносители и позволяет сэкономить топливно-энергетические ресурсы (далее – ТЭР) на базе нефти и газа. В связи с этим создание современных топочных устройств с высоким тепловым КПД для сжигания твердых видов местного топлива (дров, торфа) является весьма актуальной задачей.

Экономное расходование ТЭР может быть достигнуто за счет повсеместного применения теплогенераторов, то есть теплоэнергетических устройств, использующих в качестве теплоносителя нагретый воздух. Теплогенераторы могут устанавливаться непосредственно на объектах. При этом сокращаются затраты на строительство и эксплуатацию теплотрасс, а требования к транспортным системам для доставки тепла к потребителям за счет нагретого воздуха значительно ниже, чем к традиционно применяемым теплотрассам для горячей воды и пара. Преимущество теплогенераторов как вида теплоэнергетического оборудования еще и в том, что они могут работать циклично в любые времена года, в том числе и зимой при отрицательной температуре.

В настоящее время в Республике Беларусь освоено производство тепло-технического оборудования на местных видах твердого топлива для нагрева воздуха, используемого в качестве теплоносителя. В конструкциях оборудования предусмотрены сварные топки, изготовленные из листовой стали. Стенки топки подвергаются циклическому перегреву и охлаждению вследствие резкого перепада уровня достигаемых в топке температур – в начале горения, в середине и при догорании топлива. Компенсировать эту нестабильность забрасыванием новых порций топлива не всегда удается, и изменение температур в топке колеблется в пределах $\pm 30\%$. Циклический перегрев и охлаждение стенок топки приводят к появлению внутренних напряжений в сварных швах, что вызывает образование трещин и нарушение герметичности топки.

Проведенные исследования по разработке теплогенераторов тепловой мощностью до 360 кВт и результаты их эксплуатации показали, что применение топочного устройства для двухступенчатого сжигания твердого топлива и вихревой камеры дожигания отходящих газов позволило повысить тепловой КПД до 82%, что на 12–15% выше по сравнению с отечественными и зарубеж-

ными аналогами. Это достигается благодаря комбинированной многоступенчатой схеме сжигания топлива, которая позволяет более равномерно сжигать твердое топливо за счет дожигания горючих веществ в отходящих газах. Опытный образец воздухонагревателя изготовлен в ОАО «Березинский райагросервис» и прошел успешно государственные приемочные испытания в 2008 г.

Первая ступень горения предусматривает пламенное сжигание при избытке воздуха меньше 1. При этом происходит частичное коксование и газогенерация топлива с восстановительной реакцией образования СО из СО₂ с образованием горючих газообразных продуктов (парогазовой смеси). Кроме того, конструкция топочного пространства этой серии теплогенераторов обеспечивает направление потока горючих газов вдоль оси топки, а потока вторичного воздуха тангенциально потоку горючих газов. При такой схеме сгорания происходит энергичное перемешивание горючих газов и их горение на периферии теплового потока, что обеспечивает высокий КПД топочного устройства.

На второй ступени горения тепловой поток направляется в камеру дожигания отходящих газов, где за счет особой конструкции завихрителей происходит дальнейшее энергичное перемешивание потока отходящих газов и сгорание компонентов на его периферии (то есть возле теплообменных поверхностей), что также способствует повышению теплового КПД теплогенератора. Подобная схема сжигания топлива позволяет регулировать температуру нагрева теплоносителя на выходе из теплогенератора за счет изменения количества вторичного воздуха, подаваемого в топочное пространство, и за счет изменения режима работы дымососа.

Подобная схема сжигания топлива (дров, торфа и их отходов) использована для разработки теплогенераторов серии ТТ-360М тепловой мощностью 360 кВт.

Основная часть

Исследования по разработке и освоению производства теплогенераторов, работающих на местных видах твердого топлива, включают определение основных теплотехнических и аэродинамических характеристик топки и теплообменников. В процессе расчетно-экспериментальных исследований были определены конструктивные параметры топки, системы газоходов и камеры дожигания отходящих топочных газов.

Расчет теплового баланса и определение КПД теплогенератора

По конструкции топка разрабатываемого теплогенератора относится к виду жаровой фартучной топки [1]. Уравнение теплового баланса применительно к данной топке записывается следующим образом:

$$B_T \cdot Q_H^P = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5,$$

где B_T – расход топлива, кг/ч;

Q_i^0 – низшая теплота сгорания топлива, ккал/кг;

$Q_1 = 360$ кВт – теплопроизводительность теплогенератора;

Q_2 – потери тепла с уходящими газами, кВт;

Q_3 – потери тепла с химическим недожогом топлива, кВт;

Q_4 – потери тепла с механическим недожогом топлива, $кВт$;

Q_5 – потери тепла от наружного охлаждения теплогенератора.

Для оценки эффективности работы топки обычно [1, 3, 4] уравнение теплового баланса выражают в относительных величинах (процентах):

$$100\% = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5,$$

где q_1 – тепловой КПД воздухонагревателя, %,

$$q_1 = \frac{Q_1}{B_T \cdot Q_H^P};$$

q_2 – потери тепла с уходящими газами, %,

$$q_2 = \frac{Q_2}{B_T \cdot Q_H^P}.$$

По упрощенной методике теплотехнических расчетов [3] потери тепла с уходящими газами q_2 определим по формуле М.Б. Равича, которая более всего подходит для данного типа топки (без подсосов воздуха по длине газового тракта).

$$q_2 = \frac{t_{\infty}}{t_0} \cdot 100, \%,$$

где t_{yx} – принимаем равным 200°C (согласно требованиям ГОСТ 10617–93 и рекомендациям [3, 4, 7]);

$t_m = 1860^\circ\text{C}$ – теоретическая температура горения древесного топлива [4].

Тогда

$$q_2 = \frac{200}{1860} \cdot 100\% = 10,7\%.$$

По рекомендациям, изложенным в [1, 4], для топки с ручной колосниковой решеткой потери тепла, связанные с химическим и механическим недожогом топлива, составляют:

$q_3 = 0,5\%$ – химический недожог;

$q_4 = 2,0\%$ – механический недожог.

Потери тепла в окружающую среду по рекомендациям [3, 4, 7] принимаем равными (для газового тракта без подсоса воздуха по длине): $q_5 = 4,5\%$.

В результате тепловой КПД топки теплогенератора рассчитывается следующим образом:

$$q_1 = \frac{Q_2}{B_T \cdot Q_H^P} = 100\% - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5) = 100 - (10,7 + 0,5 + 2,0 + 4,5) = 82,3\%.$$

Определение основных параметров топки

Определение расхода твердого топлива. Часовой расход топлива определяется из выражения [2]:

$$B_T = \frac{Q_1}{Q_H^P \cdot q_1} \cdot 3600,$$

где $q_1 = 0,823$ – тепловой КПД топки.

Для дров [1] $Q_H^P = 14000$ $ккал/кг$. Часовой расход определится:

$$B_{\bar{a}} = \frac{360 \cdot 3600}{0,823 \cdot 14000} = 112,4 \text{ кг/ч.}$$

Для торфа [1] $Q_H^P = 17580 \text{ ккал/кг}$. Часовой расход определится:

$$B_T = \frac{360 \cdot 3600}{0,823 \cdot 17580} = 89,6 \text{ кг/ч.}$$

Определение объема топочного пространства. Объем топочного пространства для топки с ручной колосниковой решеткой, согласно [1], рассчитывается по формуле:

$$V_T = \frac{B_T \cdot Q_H^P}{Q_V},$$

где $Q_V = 250000 \text{ ккал/м}^3 \cdot \text{ч}$ – расчетная величина теплового напряжения топочного объема [1].

Топочный объем для сжигания дров как менее калорийного топлива определится:

$$V_0 = \frac{112,4 \cdot 14000}{250000 \cdot 4,2} = 1,49 \text{ м}^3,$$

где 4,2 – коэффициент пересчета численного значения теплового напряжения топочного объема (ккал) в кДж.

Определение площади зеркала горения. Площадь зеркала горения S_R рассчитывается по формуле [1]:

$$S_R = \frac{B_T \cdot Q_H^P}{Q_R},$$

где $Q_R = 500000 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}$ – величина (расчетная) теплонагрузки зеркала горения [1].

Тогда

$$S_R = \frac{112,4 \cdot 14000}{500000 \cdot 4,2} = 0,74 \text{ м}^2.$$

Определение конструктивных параметров топки. Расчетная длина топки L_T составит:

$$L_T = \frac{V_T}{S_R} = \frac{1,49}{0,74} = 2,01 \text{ м.}$$

Длину колосниковой решетки L_D по рекомендациям [1, 4] принимаем в пределах 60–70% от расчетной длины топки:

$$L_D = 0,65 \cdot 2,01 = 1,3 \text{ м.}$$

Расчетная ширина топки $Ш_p$ составит:

$$Ш_p = \frac{S_R}{L_D} = \frac{0,74}{1,3} = 0,56 \text{ м.}$$

Расчетная высота H_T топки:

$$H_T = \frac{V_T}{Ш_p \cdot L_T} = \frac{1,49}{0,56 \cdot 2,01} = 1,3 \text{ м.}$$

Расчетные параметры топки из конструктивных соображений могут быть скорректированы в сторону их увеличения.

Определение параметров газоходов. Для определения конструктивных параметров газоходов рассчитаем объем отходящих топочных газов.

Объем дымовых газов, образующихся при работе теплогенератора, определяется по формуле [6]:

$$V_G = B_T \cdot V_0 \cdot \alpha_T,$$

где $V_0 = 3,5 \text{ м}^3/\text{кг}$ – теоретический объем воздуха, необходимого для сжигания 1 кг дров [6];

$\alpha_T = 1,4$ – коэффициент избытка воздуха, принятый для данного вида топки [7].

$$V_G = 112,4 \cdot 3,5 \cdot 1,4 = 550,7 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Допустимая скорость газов по условиям работы и гидродинамическому сопротивлению дымососа составляет [7]: $\omega_a = 5\text{--}6 \text{ м/с}$.

Необходимая площадь поперечного сечения газоходов из топки в камеру дожигания отходящих газов F_G определится:

$$F_G = \frac{V_G}{\omega_a \cdot 3600} = \frac{550,7}{5 \cdot 3600} = 0,03 \text{ м}^2.$$

Суммарная площадь поперечного сечения газоходов должна быть не менее $0,03 \text{ м}^2$.

С учетом технологии изготовления газоходов принимаем их размеры равными:

– 200x150 (мм) – один верхний газоход;

– 150x200 (мм) – два боковых газохода.

Действительная суммарная площадь поперечного сечения газоходов составит:

$$F_G = 0,15 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,15 \cdot 0,15 = 0,07 \text{ м}^2.$$

Расчетная скорость газов в зоне газоходов:

$$\omega_p = \frac{V_G}{F_G \cdot 3600} = \frac{550,7}{0,07 \cdot 3600} = 2,18 \text{ м/с},$$

что допустимо, так как $\omega_a = 5\text{--}6$ [7]. Камера дожигания воздухонагревателя должна обеспечить проход дымовых газов без изменения аэродинамического сопротивления теплового тракта. В связи с этим расчетное поперечное сечение камеры дожигания должно быть увеличено на 50–100% по сравнению с сечением газоходов.

Определение параметров дымовой трубы. Необходимый расчетный диаметр на выходе дымовой трубы определяется по формуле [8]:

$$d = \sqrt{\frac{V_G}{3600 \cdot 0,785 \cdot \omega}},$$

где 0,785 – нормативный коэффициент, определяемый по стандартным томограммам [8];

ω – скорость газов на выходе из трубы, м/с.

Согласно [1], величина скорости ω принимается в пределах 10–20 м/с. Принимаем $\omega = 15 \text{ м/с}$.

Тогда

$$d = \sqrt{\frac{550,7}{3600 \cdot 0,785 \cdot 15}} = 0,113 \text{ м.}$$

Следовательно, минимальный расчетный диаметр трубы на выходе должен быть не менее 113 мм.

Определение параметров теплообменника. Систему нагрева воздуха при прохождении его по теплообменнику воздухонагревателя можно изобразить в виде следующей расчетно-графической схемы (рисунок 70).

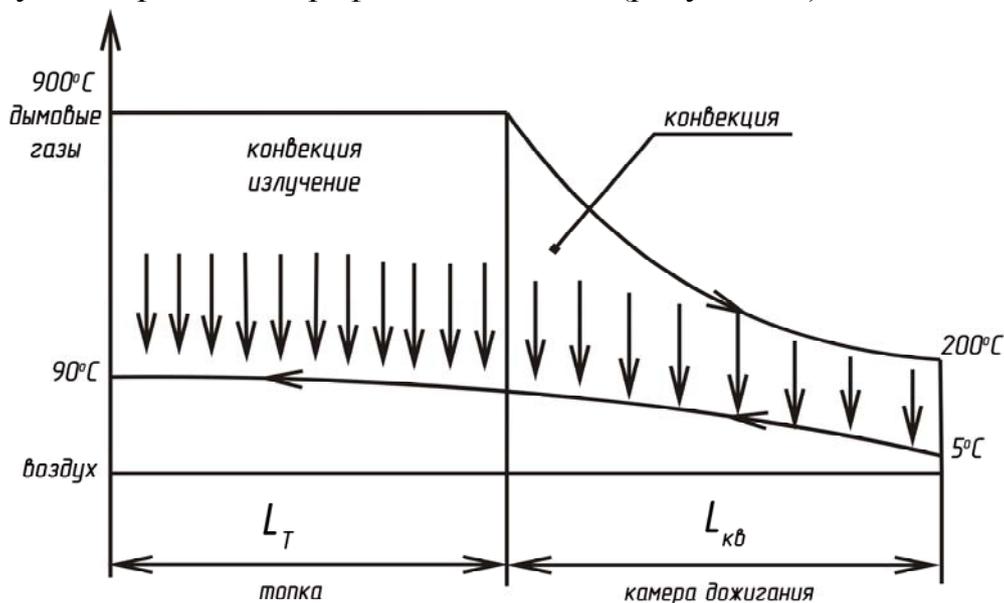


Рисунок 70 – Расчетно-графическая схема нагрева воздуха

Особенность и эффективность данной схемы нагрева заключается в том, что на последнем участке воздухопроводов, который граничит непосредственно с топкой, нагрев воздуха производится за счет конвекции и прямого излучения топки.

Поверхности нагрева теплогенератора (наружная поверхность стенок топки и камеры дожигания) располагаются по периметру топки и камеры дожигания (рисунок 71).

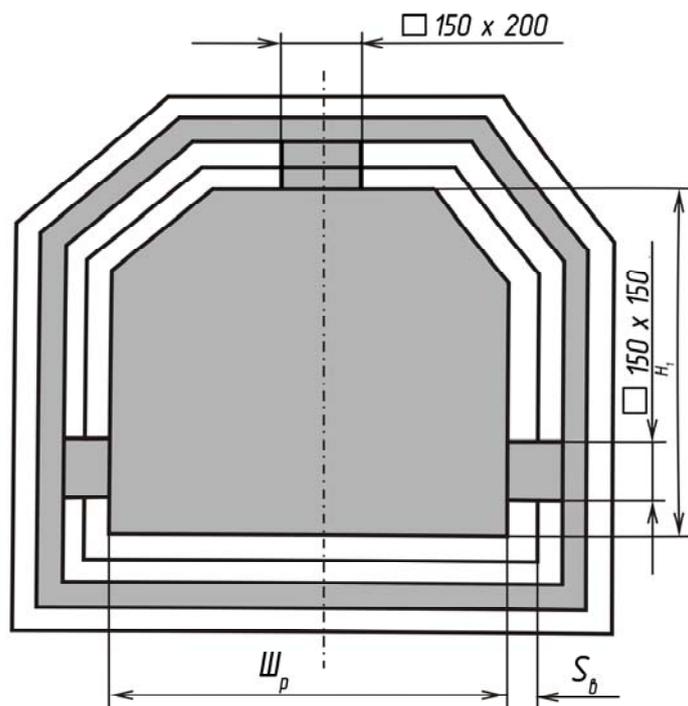


Рисунок 71 – Схема размещения топки, газоходов и воздуховодов в теплогенераторе

Расчет параметров (S_B – ширина проходного сечения) воздуховода производим для граничного с топкой сечения. При этом численное значение скорости движения воздуха принимаем согласно паспортным данным (по условиям работы и гидравлическому сопротивлению) вентилятора ВЦ-14-46-5 равным 10–15 м/с.

При заданных объеме нагреваемого воздуха $V_B=10000 \text{ м}^3/\text{ч}$ и скорости движения воздуха $\omega_6=15 \text{ м/с}$ площадь проходного сечения воздуховода рассчитывается следующим образом:

$$F_B = \frac{V_B}{\omega_6 \cdot 3600} = \frac{10000}{15 \cdot 3600} = 0,18 \text{ м}^2.$$

Тогда ширина воздуховода S_B равна:

$$S_B = \frac{F_B}{P_T} = \frac{0,18}{3,7} = 0,048 \text{ м},$$

где $P_T = 3,7 \text{ м}$ – периметр поперечного сечения топки.

Ширину воздуховода конструктивно принимаем равной 50 мм.

Заключение

1. Проведенные исследования эксплуатационной надежности теплогенераторов серии ТТ-360 у потребителей позволили оценить достоинства и выявить недостатки как конструкции теплогенераторов, так и технологии их изготовления:

– основным недостатком конструкции теплогенератора является перегрев передней стенки топки и загрузочных дверей;

– основным недостатком технологии изготовления теплогенераторов ТТ-360 в ОАО «Березинский райагросервис» является некачественная сварка поддона топки с боковыми стенками топки.

2. Результаты проведенных расчетов топки для двухступенчатого сжигания топлива использованы при разработке конструкции теплогенератора ТТ-360М, работающего на местных видах твердого топлива. Опытный образец теплогенератора изготовлен в ОАО «Березинский райагросервис» и успешно прошел государственные приемочные испытания.

3. Новые технические решения при разработке теплогенератора ТТ-360М (камера дожигания топочных газов, топка с регулируемым режимом горения и пластинчатым теплообменником) позволяют обеспечить равномерное сжигание топлива, уменьшить перепад температур в топке и сделать его конкурентоспособным в Республике Беларусь и странах ближнего зарубежья.

4. Для уменьшения нагрева грузочной дверки топки доработана конструкторская документация с целью усиления теплоизоляции дверки и изменена конструкция защелки дверки. Для исключения разрыва сварного шва в месте стыковки боковой стенки топки с поддоном топки предусмотрено заменить стыковое сварное соединение сварным соединением внахлест. Заводу-изготовителю ОАО «Березинский райагросервис» предложено заменить ручную дуговую сварку на дуговую сварку в среде углекислого газа, что позволит уменьшить вероятность возникновения дефектов сварного шва и исключит нарушение герметичности топки.

5. Расчетный годовой экономический эффект при эксплуатации одного модернизированного теплогенератора ТТ-360М составит 2660 у.е.

19.02.10.

Литература

1. Щеголев, М.М. Топливо, топки и котельные установки / М.М. Щеголев // Тепловые электрические станции [Электронный ресурс]. – 2006. – Режим доступа: [http:// 03-ts.ru/index.php?nma=downloads&fla=stat&idd=127](http://03-ts.ru/index.php?nma=downloads&fla=stat&idd=127). – Дата доступа: 29.04.2009.
2. Хзмалян, Д.М. Теория горения и топочные устройства / Д.М. Хзмалян, Я.А. Каган. – М.: Энергия, 1976. – 487 с.
3. Равич, М.Б. Упрощенная методика теплотехнических расчетов / М.Б. Равич. – М.: Наука, 1989. – 298 с.
4. Сабуров, Э.Н. Аэродинамика и конвективный теплообмен в циклонных нагревательных устройствах / Э.Н. Сабуров. – Л.: Изд. ЛГУ, 1992. – 240 с.
5. Насенчук, А.П. Тепловые расчеты пламенных печей / А.П. Насенчук, Н.П. Шмакин. – Минск: Вышэйшая школа, 1974.
6. Кнорре, Г.Ф. Топочные процессы / Г.Ф. Кнорре. – М.: Госэнергоиздат, 1989. – 396 с.
7. Аэродинамический расчет котельных установок: нормативный метод. – М.–Л.: Госэнергоиздат, 1986. – 135 с.
8. Татищев, С.В. Топочные устройства промышленных котельных: атлас. Ч.1 / С.В. Татищев. – М.–Л.: Госэнергоиздат, 1986. – 352 с.

Введение

Сушка зерна – сложный термодинамический процесс, обусловленный взаимосвязанными изменениями, происходящими как в зерне, так и в окружающей его среде – агенте сушки (теплоносителе). В этом процессе можно выделить два отдельных процесса теплообмена – внутри зерна, а также на его поверхности и в слое агента сушки. Таким образом, процесс сушки зерна можно условно разделить на две составляющие части: внутренний и внешний теплообмен. Внешний теплообмен – это процесс перемещения тепла и влаги между наружными поверхностями зерновок и движущимся слоем агента сушки (теплоносителя). В свою очередь, внутренний теплообмен – это соответствующий процесс движения тепла и влаги между наружной поверхностью и внутренними слоями зерновки. Он зависит от физических свойств зернового материала – плотности, коэффициентов теплопроводности и температуропроводности, соотношения площади поверхности и массы зерновки, скорости или продолжительности температурного воздействия (нагревания или охлаждения). Вследствие большого количества факторов, оказывающих влияние на внутренний и внешний теплообмен, а также их взаимосвязи и взаимного влияния теоретический расчет процессов сушки существенно затруднен и часто основывается на большом количестве экспериментальных данных. В зависимости от способа сушки этот процесс может лимитироваться внутренним или внешним теплообменом. В большинстве случаев сушка зерна лимитируется внутренним теплообменом. Однако оба процесса происходят одновременно и взаимосвязанно. Поэтому изучение процесса нагрева и сушки зерновки может быть выполнено только путем одновременного рассмотрения обоих процессов.

Основная часть

Теплота, воспринимаемая поверхностью зерновки, постепенно передается во внутренние слои вследствие имеющегося градиента температуры. Распространение теплоты в твердых телах представляет собой нестационарный процесс и описывается уравнением Фурье:

$$\frac{\partial \dot{Q}}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 \dot{Q}_i}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \dot{Q}_i}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \dot{Q}_i}{\partial z^2} \right).$$

Наиболее простой для анализа вид это уравнение принимает в случае рассмотрения, например, нагревания бесконечного стержня, когда температурное поле определяется одной координатой x :

$$\frac{\partial T_m}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 T_m}{\partial x^2},$$

где T_m – температура материала стержня в точке x в момент времени τ ;
 a – коэффициент температуропроводности, m^2/c .

Тепловой поток для стержня определяется согласно основному закону теплопроводности:

$$q = -\lambda \frac{\partial \dot{Q}}{\partial x} = -\lambda \frac{T_1 - T_2}{l},$$

где λ – теплопроводность материала стержня, $Вт/(м \cdot К)$;

T_1 и T_2 – температура в начале и конце стержня, $К$;

l – длина стержня, $м$.

Коэффициент температуропроводности характеризует теплоинерционные свойства рассматриваемого тела: более высокая его теплоемкость обеспечивает замедленное повышение температуры, и наоборот, более высокая теплопроводность значительно быстрее позволяет повысить температуру при нагревании. Поэтому в теплотехнике по осуществляемому процессу нагрева тела условно разделяются на тонкие и толстые. У тонких тел градиент температуры по сечению от наружных слоев до внутренних незначительный, поэтому его влияние на процесс можно не учитывать. С другой стороны, при нагревании массивных тел перепад температур может достигать больших значений, и его необходимо учитывать в практических расчетах. При этом такое разделение тел определяется не только размерами, но и их теплофизическими свойствами, скоростью нагревания. Нагреваемое тело, обладающее большими размерами, при медленном нагревании имеет незначительный перепад температуры и может рассматриваться как тонкое, при быстром нагреве и большом перепаде температуры – как толстое. Для оценки в условиях конкретного теплового процесса, теплотехнической толщины нагреваемого тела используется теплообменный критерий Био:

$$Bi = \frac{\alpha r}{\lambda},$$

где α – коэффициент теплообмена, $Вт/(м^2 \cdot К)$.

Теплообменный критерий Био характеризует соотношение между количеством теплоты, которое подводится к поверхности тела, и количеством теплоты, которое отводится во внутренние слои. Если значение теплообменного критерия Био большое, то процесс нагревания происходит с большим градиентом температуры между поверхностью и центром тела, и, соответственно, лимитировать нагрев тела будет внутренний теплообмен. В противном случае при малых значениях критерия Био и малой разнице температур центра и поверхности тела внутренний теплообмен не лимитирует процесс его нагрева. Значение теплообменного критерия $Bi \geq 0,4 \dots 0,5$ показывает, что процесс нагревания тела начинает лимитироваться внутренним теплообменом. С другой стороны, процесс массообмена аналогично может характеризоваться массообменным критерием Био. Так, по данным В.Ф. Сорочинского [1], значение массообменного критерия Био с началом процесса сушки зерновки медленно увеличивается и сам процесс лимитируется интенсивностью массоотдачи с поверхности зерновки. В то же время основной процесс сушки протекает при значительно более высоком значении массообменного критерия $Bi = 7,4$, а процесс начина-

ет лимитироваться внутренним массообменом. Это свидетельствует о движении зоны испарения влаги вглубь зерновки и об увеличении внутридиффузионного сопротивления ее перемещению к поверхности.

Тепломассоперенос на поверхности зерна характеризуется испарением влаги и подводом тепла от движущегося вокруг него агента сушки. В свою очередь, вызванные внешним тепло- и массообменом, внутри зерна происходят внутренние процессы тепло- и массопереноса. Движение влаги внутри зерна в процессе сушки происходит из-за возникающих в нем градиентов температуры, давления и влагосодержания. В данном случае имеющим место градиентом давления из-за невысоких температур процесса можно пренебречь. Следовательно, если внутри влажного материала существуют градиенты температуры ∇T , влагосодержания ∇u , давления ∇P , то влага, согласно формуле А.В. Лыкова [2], будет перемещаться в силу взаимодействия градиентов:

$$j_{\text{sum}} = j_u + j_T + j_P = a_m \cdot \rho_{\text{ac}} \nabla u - a_m^T \cdot \rho_{\text{ac}} \nabla T - k_P \nabla P, \quad (1)$$

где a_m , a_m^T – коэффициент диффузии влаги, коэффициент термодиффузии влаги, $\text{м}^2/\text{с}$;

j_{sum} , j_u , j_T , j_P – удельная общая плотность потока влаги, удельная плотность потока влаги, вызванная градиентом влагосодержания, температуры и давления соответственно, $\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$;

ρ_{ac} – плотность агента сушки, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Последний член правой части уравнения (1), характеризующий молярный перенос влаги под действием градиента давления, может быть исключен из-за невысоких температур нагрева зерна.

В начале процесса сушки температура на поверхности зерна выше, чем внутри, и тепловой поток направлен внутрь, а температурный градиент затормаживает перемещение влаги. После достижения на поверхности зерна температуры испарения влага начинает испаряться, создается градиент влажности. Так как в первую очередь испаряется влага, слабо связанная с сухим веществом зерна, то она успевает поступать из внутренних слоев зерна к его поверхности и обеспечивает постоянную скорость сушки. Влага перемещается в жидком состоянии и испаряется только с поверхности. По мере высыхания зерна связь влаги с ним увеличивается, а ее поток из внутренних слоев уменьшается. Вследствие этого возникает дефицит влаги на поверхности зерна, и оно начинает нагреваться, а тепловой поток перемещается во внутренние слои зерна. Это вызывает перемещение зоны испарения вглубь зерна, увеличивает термический градиент, и, как следствие, снижает скорость сушки. А.В. Лыков сформулировал дифференциальные уравнения тепло- и массопереноса внутри коллоидных капиллярно-пористых тел [2], которые могут применяться для описания процессов сушки зерна:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial \tau} &= a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\varepsilon_{\phi} r_0}{c_{c3}} \cdot \frac{\partial u}{\partial \tau} \\ \frac{\partial u}{\partial \tau} &= a_m \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + a_m \delta_T \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \end{aligned} \right\} . \quad (2)$$

Сложность получения решения системы уравнений (2) заключается в том, что градиенты влагосодержания и термодиффузии зависят от температуры и влагосодержания зерна. С другой стороны, процесс внутреннего теплопереноса можно определить, связав его с процессом теплопереноса на поверхности зерна. Интенсивность внешней влагоотдачи с поверхности зерна можно оценить зависимостью А.В. Лыкова [2]:

$$j_H = \frac{\alpha}{r_0} (T_{ac} - T_3) .$$

Так как в процессе сушки количество влаги, поступающей из внутренних слоев зерна, равно количеству влаги, испаряемой с его поверхности, $j_{sum} = j_H$, то

$$a_m \rho_0 (\nabla u + \delta_T \nabla T) = \frac{\alpha}{r_0} (T_{ac} - T_3) , \quad (3)$$

где T_{ac} , T_3 – температура агента сушки и зерна соответственно, K ;

u – влагосодержание, $кг/кг$;

r_0 – удельная теплота испарения (парообразования), $Дж/кг$;

δ_T – относительный коэффициент термодиффузии влаги, $\%/^{\circ}C$.

Как видно из выражения (3), скорость процесса сушки единичного зерна можно повысить двумя способами. Первым – увеличив разность между температурами агента сушки T_{ac} и зерном T_3 . Однако этот способ ограничен величиной термической стойкости зерна. Второй способ – повышение коэффициента теплообмена a – является более эффективным, но значительно сложнее. Он зависит от большого количества факторов: параметров зерносушилки, вида и состояния зерна, физических свойств агента сушки. С другой стороны, затруднен теоретический расчет коэффициента теплообмена для конкретных условий, так как реальный процесс сушки сопровождается целым рядом явлений, имеющих случайную природу: неоднородностью физических свойств высушиваемых зерен и всего слоя в целом; неоднородностью величины и состояния потока агента сушки. Влияние этих факторов теоретически учесть невозможно, поэтому коэффициент теплообмена можно определить экспериментальным путем на основе методов теории подобия [3].

Кроме того, в зерновке при перемещении зоны испарения с поверхности внутрь и повышении ее температуры возникает нерелаксируемый градиент избыточного давления пара, который интенсифицирует процесс внутреннего теплопереноса. При этом он происходит не путем диффузии, а посредством увеличения интенсивности молекулярного движения типа фильтрации газа через пористые среды. Для этого случая выражение потока влаги при нагреве зерна (1)

дополнится составляющей молекулярного переноса пара и будет определяться следующим уравнением:

$$j_{\text{sum}} = -\beta\rho_c\nabla u - \beta\delta_\delta\rho_c\nabla T - \delta_D^T\nabla D,$$

где β – коэффициент массообмена, $\text{кг}/(\text{м}^2\cdot\text{с})$;

δ_D^T – коэффициент молекулярного переноса пара, $\text{кг}/\text{м}\cdot\text{с}\cdot\text{Па}$;

ρ_3 – плотность зерна, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Таким образом, повышение поступления теплоты во внутренние слои зерновки создает поля влагосодержания, температуры и давления, интенсифицирующие внутренний массоперенос. При этом повышение поступления теплоты и нагрева внутренних слоев зерновок увеличивает долю молекулярного влагопереноса и уменьшает диффузный перенос влаги внутри тела под действием градиентов влагосодержания. Общий поток влаги внутри зерновок при нагреве будет равен:

$$j_{\text{sum}} = j_W + j_D.$$

Поток влаги в виде пара будет определяться по следующей зависимости:

$$j_D = \rho_D \cdot v_D.$$

Поток влаги в виде жидкости определится по следующему выражению:

$$j_W = \rho_W \cdot v_W.$$

При этом средняя скорость истечения пара по капиллярам зерна определяется из уравнения:

$$v_D = \frac{\delta_D^T}{\rho_D} \nabla P,$$

а средняя скорость движения влаги в жидком состоянии по капиллярам будет равна:

$$v_W = a_m \frac{\rho_0}{\rho_D} \nabla u + a_m \delta_T \frac{\rho_0}{\rho_D} \nabla T.$$

Градиент давления ∇P создает молекулярный поток пара в капиллярах, и результирующим направлением его движения является перемещение к поверхности зерновок. При этом он увлекает при своем движении пузырьки газа, капельки влаги и слои жидкости в виде пробок в капиллярах, проталкивая их к поверхности зерновки. Таким образом, выражение (3) должно быть дополнено в левой части составляющей переноса влаги в виде пара, вызванной ∇P :

$$a_m \rho_0 (\nabla u + \delta_T \nabla T) + \delta_D^T \nabla P = \frac{\alpha}{r_0} (T_{ac} - T_3).$$

Для системы микрокапилляров молекулярный поток влаги будет равен:

$$j_M = -1,064 \sqrt{\frac{\mu_D}{R \cdot T_0}} \cdot K_D \nabla P.$$

Исходя из предположения сферически симметричной частицы капиллярно-пористого тела, П.В. Акулич [4] определил скорость углубления границы испарения согласно следующему выражению:

$$\frac{dR_u}{d\tau} = - \frac{\lambda a (T_{Ru} - T_{i\hat{a}})}{R_u [\alpha \rho r_0 + \lambda (T_{i\hat{a}} - T_{Ru})]}, \quad (4)$$

где T_{Ru} – температура частицы в зоне испарения;
 $T_{нов}$ – температура на поверхности частицы.

На основании зависимости (4) им предложено рассчитывать время сушки частицы по следующей формуле:

$$\tau_n = \frac{R_u}{2a} \left(\frac{a \rho r_0}{\lambda (T_{нов} - T_{Ru})} + 1 \right).$$

С другой стороны, рассматривая процесс удаления влаги с частицы в целом, его можно выразить следующей зависимостью:

$$4\pi i_b R_3^2 d\tau = - \frac{dm_w}{m_w}. \quad (5)$$

Интегрирование выражения (5) позволяет определить зависимость изменения количества влаги в зерновке в процессе сушки:

$$m_w = m_{w_0} e^{-4\pi R_3^2 i_b \tau},$$

а также общее время ее сушки:

$$\tau_0 = \frac{1}{4\pi R_3^2 i_b} \ln \frac{m_{w_0}}{m_w}.$$

Исходя из известного времени сушки зерновки с перемещающейся зоной испарения и общего времени сушки, может определяться время сушки (6) до начала перемещения зоны испарения вглубь зерновки:

$$\tau_\partial = \tau_0 - \tau_n = \frac{1}{4\pi R_3^2 i_b} \ln \frac{m_{w_0}}{m_w} - \frac{R_u}{2a} \left(\frac{a \rho_3 r_0}{\lambda (T_{нов} - T_{Ru})} + 1 \right). \quad (6)$$

Избыточная безразмерная температура агента сушки в сравнении с температурой зерновки определится согласно выражению:

$$\Theta_{ac} = \frac{T_{ac} - T_{пов.з}}{T_{ac} - T_0}. \quad (7)$$

Уравнение теплового баланса для зерновки, исходя из выражения (7), будет следующим:

$$\rho_\varphi \tilde{n}_\varphi V_\varphi \frac{\partial \Theta}{\partial \tau} = \alpha \cdot F_\varphi \cdot \Theta. \quad (8)$$

После преобразования уравнения (8) получается дифференциальное уравнение с разделяющимися переменными следующего вида:

$$\frac{\partial \Theta}{\Theta} = \frac{\alpha \cdot F_3}{\rho_3 c_3 V_3} d\tau. \quad (9)$$

Интегрирование дифференциального уравнения (9) позволяет получить следующее уравнение:

$$\ln \Theta = \frac{\alpha \cdot F_3}{\rho_3 c_3 V_3} \tau + C. \quad (10)$$

Значение постоянной интегрирования C определяется путем подстановки в уравнение (10) следующих начальных условий: $\tau = 0, \Theta = \Theta_0$. Оно будет равно:

$$C = \ln \Theta_0.$$

После подстановки значения постоянной интегрирования в уравнение (10) и соответствующих преобразований решение дифференциального уравнения (9) будет представлено в виде:

$$\ln \frac{\Theta}{\Theta_0} = \frac{\alpha \cdot F_3}{\rho_3 c_3 V_3} \tau,$$

и после потенцирования оно будет следующим:

$$\frac{\Theta}{\Theta_0} = e^{\frac{\alpha \cdot F_3}{\rho_3 c_3 V_3} \tau}. \quad (11)$$

Графическое изображение уравнения (11) для расчета полей температур зерновки может быть представлено в координатах безразмерной избыточной температуры $\ln(\Theta/\Theta_0)$ в зависимости от времени τ в виде семейства прямых линий с параметром $\frac{\alpha \cdot F_3}{\rho_3 c_3 V_3}$. Однако для более точного и наглядного расчета, оценки таких полей температур А.В. Лыковым [5], П. Шнейдером [6], Р. Гребером и У. Григулем [7] было предложено использовать графики $\Theta/\Theta_0 = f(Fo, Bi)$. Поэтому, согласно Э.Р. Эккерт и Р.М. Дрейку [8], уравнение (11) может быть представлено в следующем виде:

$$\frac{\Theta}{\Theta_0} = e^{\left(\frac{\alpha \cdot L}{\lambda}\right) \left(\frac{a \cdot \tau}{L^2}\right)},$$

где $\frac{\alpha \cdot L}{\lambda} = Bi$ – критерий Био;

$\frac{a \cdot \tau}{L^2} = Fo$ – критерий Фурье;

и, таким образом, уравнение (11) будет иметь следующий вид:

$$\frac{\Theta}{\Theta_0} = e^{Bi \cdot Fo}. \quad (12)$$

График уравнения (12) будет представлять зависимость $\ln(\Theta/\Theta_0)$ от критерия Fo с критерием Bi в качестве параметра. Поскольку величина L в критериях Bi и Fo представляет характерный размер системы и определяется как отношение объема тела к площади его поверхности, для основных форм зерновок величина L будет равна:

для сфероидальных, шарообразных:

$$L = \frac{\frac{4}{3}\pi \cdot r_3^3}{4\pi \cdot r_3^2} = \frac{r_3}{3};$$

для эллипсоидальных:

$$L = \frac{\frac{4}{3}\pi a^2 b}{2\pi a \left(a + \frac{b^2}{\sqrt{b^2 - a^2}} \arcsin \left(\frac{\sqrt{b^2 - a^2}}{b} \right) \right)} = \frac{2a b}{a + \frac{b^2}{\sqrt{b^2 - a^2}} \arcsin \left(\frac{\sqrt{b^2 - a^2}}{b} \right)}.$$

При нагревании зерновки агентом сушки с постоянной температурой T_{ac} , когда тепловой поток на ее поверхность пропорционален разности температур между агентом сушки и нагреваемой поверхностью, плотность теплового потока равна:

$$q_{пов} = \alpha(T_{ac} - T_{пов.з}).$$

Тепловой поток, который движется от поверхности в середину зерновки, в свою очередь, будет равен:

$$q = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x}.$$

Граничные условия запишутся следующим образом:

$$\alpha(T_{ac} - T_{пов.з}) = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \text{ при } x = \pm r_3.$$

Процесс нагревания зерновки протекает так, как изображено на рисунке 72.

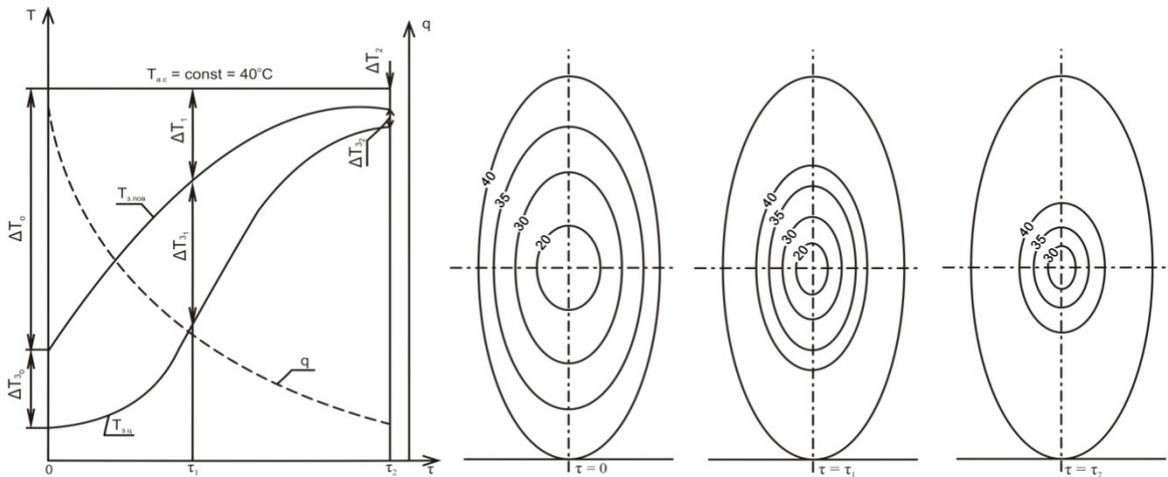


Рисунок 72 – Схематическое изображение нагревания зерновки при постоянной температуре агента сушки $T_{ac} = \text{const}$

В начале процесса температура на поверхности зерновки поднимается быстрее, чем в центре. По мере снижения разницы температур агента сушки и поверхности зерновки $\Delta T_0 > \Delta T_1 > \Delta T_2$ удельный тепловой поток уменьшается, нагрев зерновки замедляется. Одновременно уменьшается разница температуры зерна на поверхности и в центре $\Delta T_{30} > \Delta T_{31} > \Delta T_{32}$. В результате ко времени τ_2 нагревания зерновки температура на поверхности практически сравнивается с температурой в центре и становится незначительно ниже температуры агента

сушки. В таких условиях математическое описание процесса нагревания зерновки может быть выполнено путем решения дифференциального уравнения (9), представленного в общем виде следующими выражениями:

$$\Theta_{i\hat{a}} = \frac{T_{ac} - T_{i\hat{a},c}}{T_{ac} - T_0} = f\left(Bi, Fo, \frac{\delta}{r_3}\right); \quad (13)$$

$$\Theta_{\delta} = \frac{T_{ac} - T_{\delta}}{T_{ac} - T_0} = f\left(Bi, Fo, \frac{\delta}{r_3}\right). \quad (14)$$

Аналитические решения зависимостей (13) и (14) сложны, поэтому для расчета температурных полей зерновки используют графики зависимостей $\Theta/\Theta_0 = f(Fo, Bi)$, представленные на рисунках 73 и 74.

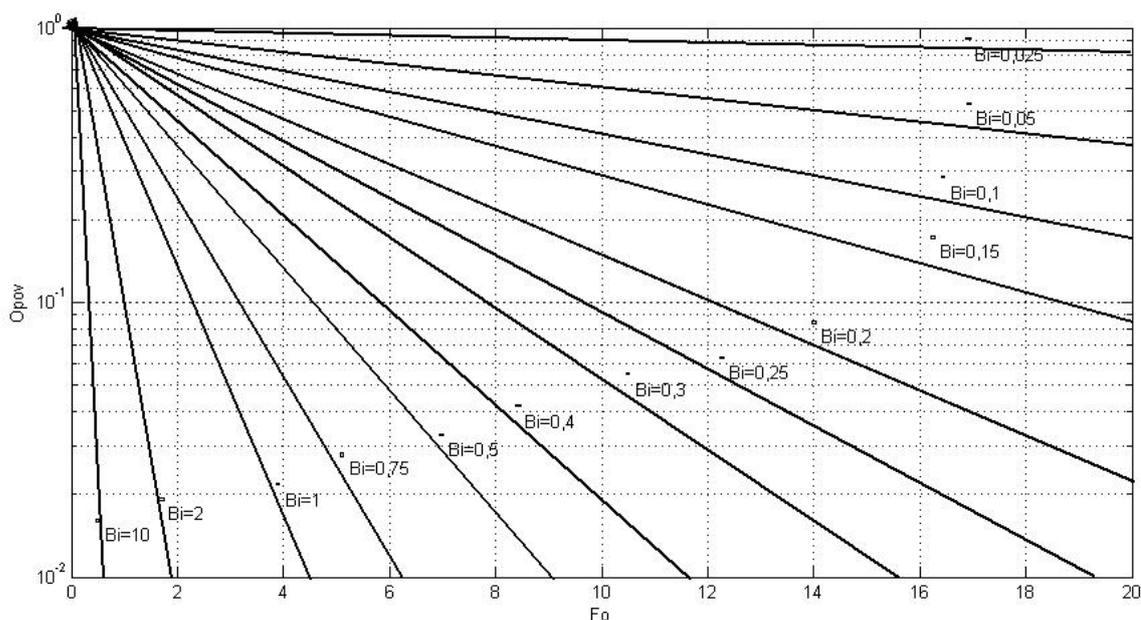


Рисунок 73 – Зависимость безразмерной температуры от критериев Bi и Fo при нагревании поверхности зерновки для граничных условий III рода

Порядок расчета времени нагревания зерновки до заданной температуры ее поверхности или центра следующий:

- задаются значения исходных параметров зерновки α , a_z , λ_z , ρ_z , c_z , r_z , F_z , V_z , L , T_{ac} , $T_{пов.з}$, $T_{цз}$;
- рассчитываются значения параметров Bi и Θ зерновки;
- с помощью графиков (рисунок 73, 74) при известных значениях параметров Bi и Θ определяется критерий Fo ;
- исходя из вычисленного значения критерия Fo определяется время нагрева зерновки по следующей зависимости:

$$\tau = Fo \frac{L^2}{a} .$$

В зерносушильной технике важное значение имеет то обстоятельство, что форма и поверхность зерновок, подвергающихся сушке, могут быть существенно различны в широком диапазоне. Это обстоятельство значительно усложняет расчеты процесса теплообмена при сушке зерна.

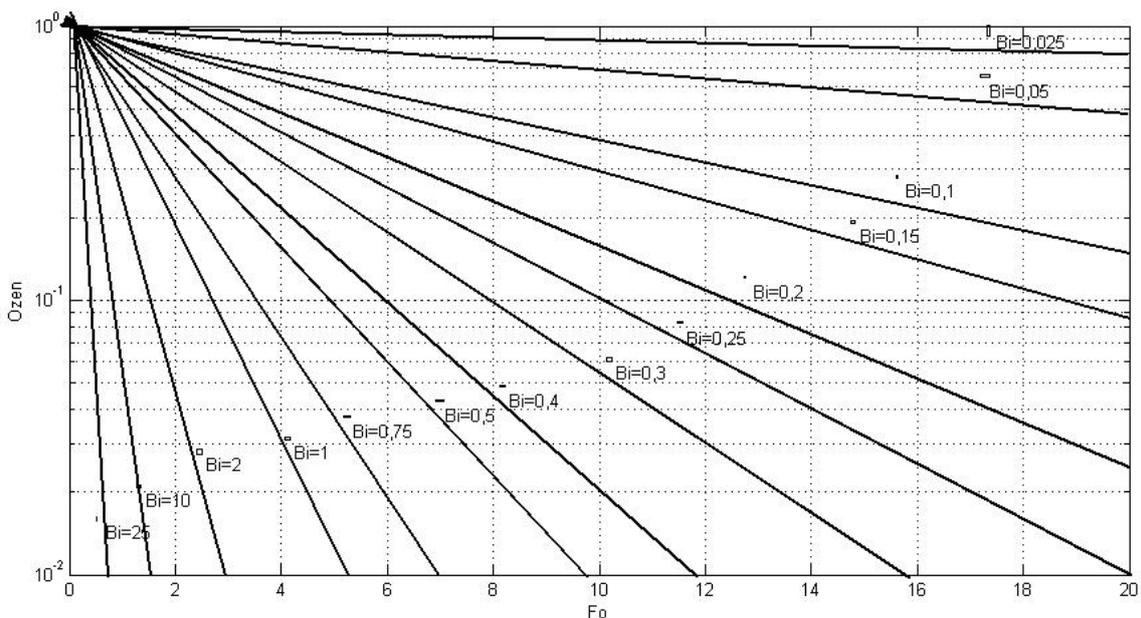
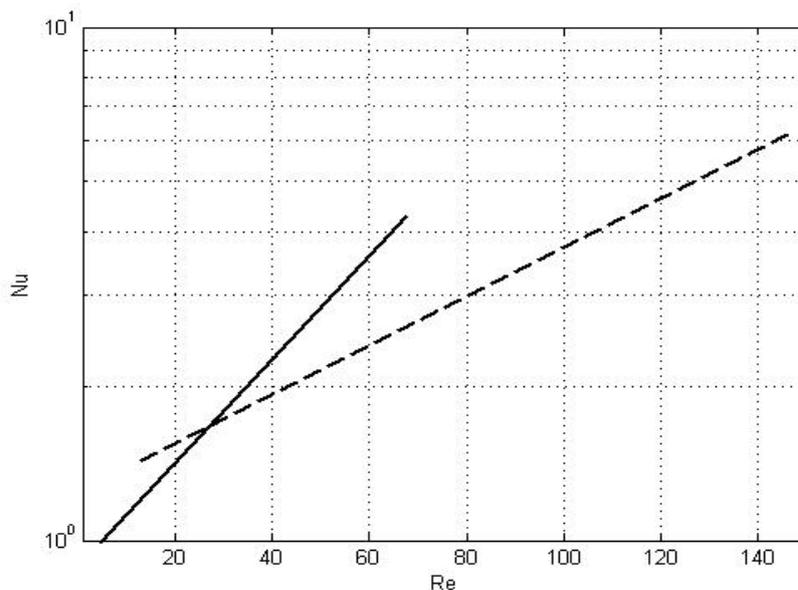


Рисунок 74 – Зависимость безразмерной температуры от критериев Bi и Fo при нагревании центра зерновки для граничных условий III рода

Конвективная передача тепла от агента сушки, омывающего поверхность зерновки, к самой поверхности зависит главным образом от потока тепла, направленного перпендикулярно направлению потока агента сушки. Кроме того, скорость агента сушки в различных точках одного и того же такого сечения потока оказывается существенно неоднородна. Это приводит к тому, что тепловой поток от агента сушки к поверхности зерновки в основном зависит от характера потока агента сушки. Поэтому при обтекании потоком агента сушки неподвижной зерновки возникает непосредственно вблизи ее поверхности тонкий слой агента сушки, скорость движения которого равна нулю. По мере удаления от поверхности зерновки в направлении, перпендикулярном направлению потока агента сушки, его скорость движения возрастает до некоторой величины и остается постоянной. В зависимости от формы и размеров поверхности обтекаемой зерновки, в пределах движения потока вокруг нее создаются различные поля скоростей и температур, оказывающие решающее влияние на теплообмен. Рассматривая большое число факторов, влияющих на теплообмен, а следовательно, большое количество различных локальных значений коэффициентов теплообмена, необходимо для расчетов принимать среднее значение такого коэффициента для всей поверхности зерновки. Поскольку уравнения теплопередачи обычно описываются в безразмерных координатах, в качестве безразмерного коэффициента теплообмена используется критерий Nu . Расчет теплообмена зерновки, подвергающейся в процессе сушки обтеканию агентом сушки, при любой ее форме можно провести на основании следующей зависимости: $Nu = f(Re, Pr^{2/3})$. Для воздуха, который является основным агентом сушки зерна, со значительной долей приближения можно принять $Pr^{2/3} = 0,8$ [9]. С другой стороны, безразмерный коэффициент массообмена может быть представлен значением массообменного критерия Nu_m согласно следующему выражению:

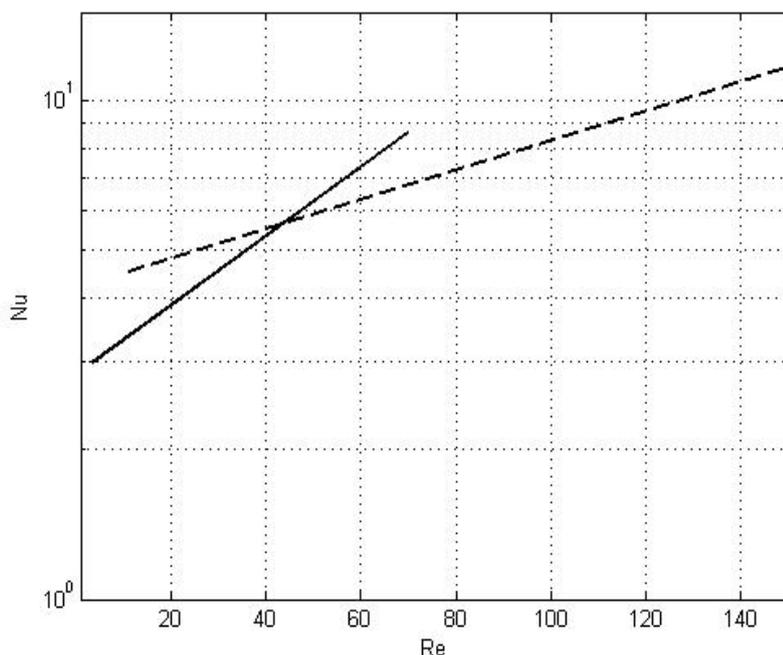
$$Nu_m = \frac{P}{P - P_D} f(Re, Pr^{2/3}).$$

Для двух характерных типов зерновок: пшеницы и кукурузы, рассчитаны теоретические зависимости тепло- и массообмена при обтекании их вынужденным потоком агента сушки. Они представлены на рисунках 75 и 76.



- - для пшеницы; --- для кукурузы

Рисунок 75 – Теплообмен при обтекании различных по форме зерновок вынужденным потоком агента сушки



- - для пшеницы; --- для кукурузы

Рисунок 76 – Массообмен при обтекании различных по форме зерновок вынужденным потоком агента сушки

Анализ зависимостей, представленных на рисунках 75 и 76, показывает, что протекание процессов тепло- и массообмена с агентом сушки зерен, имеющих значительные отличия физико-механических параметров, существенно отличаются. Теплообменный критерий для зерновки кукурузы в диапазоне изменения скоростей потока агента сушки 0,1...1,5 м/с по сравнению с аналогичным критерием для зерновки пшеницы имеет больший интервал и величину

значений: $Nu_{\text{кукурузы}} = 1,5 \dots 6,0$ и $Nu_{\text{пшеницы}} = 1,0 \dots 4,0$ соответственно, при более широком диапазоне изменения критерия $Re_{\text{кукурузы}} = 8,3 \dots 143,7$ и $Re_{\text{пшеницы}} = 4,0 \dots 66,0$. Интервал и величина диапазонов изменения массообменных критериев Nu_m для зерновки кукурузы (3,2 ... 12,3) значительно выше, чем у зерновки пшеницы (2,1 ... 8,2).

Выводы

1. Проведенные расчеты позволяют моделировать процессы переноса тепла и влаги в различных элементарных слоях, особенно в области малых значений критерия Re .

2. Приближенное подобие процессов массо- и теплообмена отдельных зерновок позволяет с достаточной точностью применять полученные коэффициенты для расчета процессов в зернистом слое.

01.07.10.

Литература

1. Сорочинский, В.Ф. Изменение полей влагосодержания, температуры и массообменных критериев в процессе охлаждения нагретой зерновки / В.Ф. Сорочинский // Управление свойствами зерна в технологии муки, крупы и комбикормов: матер. 2-й междунар. науч. конф., Москва, 24–25 апреля 2000 г. – М., 2000. – С. 14-16.

2. Лыков, А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. – М.: Энергия, 1968. – 471 с.

3. Мальтри, В. Сушильные установки сельскохозяйственного назначения / В. Мальтри, Э. Петке, Б. Шнайдер; сокр. пер. с нем.: В.М. Комиссаров, Ю.Л. Фрегер; под. ред. В.Г. Евдокимова. – М.: Машиностроение, 1979. – 525 с.

4. Акулич, П.В. Термогидродинамические процессы в технике сушки / П.В. Акулич. – Минск: Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАНБ, 2002. – 268 с.

5. Лыков, А.В. Теория теплопроводности / А.В. Лыков. – М.: ГИТТЛ, 1952. – 392 с.

6. Шнейдер, П. Инженерные проблемы теплопроводности / П. Шнейдер. – М.: ИЛ, 1960. – 478 с.

7. Гребер, Р. Основы учения о теплообмене / Р. Гребер, С. Эрк, У. Григуль. – М.: ИЛ, 1958. – 566 с.

8. Эккерт, Э.Р. Теория тепло- и массообмена / Э.Р. Эккерт, Р.М. Дрейк. – М.-Л., Госэнергоиздат, 1961. – 680 с.

9. Лыков, А.В. Тепло- и массообмен в процессах сушки / А.В. Лыков. – М.-Л., Госэнергоиздат, 1956. – 464 с.

УДК 631.365.22

В.Г. Самосюк

(РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь)

Е.И. Михайловский

(ИПК и ПК АПК БГАТУ,

г. Минск, Республика Беларусь)

РАЦИОНАЛЬНОЕ КОМПЛЕКТОВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ АПК РЕСПУБЛИКИ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКОЙ ДЛЯ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА – ОСНОВА СОХРАННОСТИ УБРАННОГО УРОЖАЯ

Введение

Рациональное комплектование современным оборудованием и машинами зернотоков сельскохозяйственных организаций является важной народнохозяйственной задачей в деле сохранения убранного урожая зерна в республике.

Правительство Республики Беларусь постоянно уделяет особое внимание этому вопросу.

Основная часть

В соответствии с Республиканской программой по разработке, освоению, производству современного зерноочистительно-сушильного оборудования и оснащению этим оборудованием сельскохозяйственных организаций на 2006–2010 годы, утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28 декабря 2005 г. № 1553, в сельскохозяйственных организациях планировалось построить 460 зерноочистительно-сушильных комплексов и поставить для замены на действующих комплексах 132 зерносушилки, в том числе производительностью 8–12 *пл.т/ч* – 46 единиц, 16–20 *пл.т/ч* – 56 и свыше 20 *пл.т/ч* – 30 единиц, 345 воздухонагревателей, работающих на местных видах топлива, 722 нории, 1753 машины для очистки зерна, 757 зернопогрузчиков и зернометателей.

Фактически поставлено зерноочистительно-сушильных комплексов 569 единиц (123,6% к плану), в том числе производительностью 15 *пл.т/ч* – 61, 20 *пл.т/ч* – 55, 30 *пл.т/ч* – 347 и 40 *пл.т/ч* – 106 единиц, для замены на действующих комплексах – 184 зерносушилки (137% к плану), 1341 воздухонагреватель (354% к плану), 485 норий (67% к плану), машин предварительной, первичной очистки и вторичной очистки зерна – 1425 (81% к плану) и 757 зернопогрузчиков и зернометателей (63% к плану).

Выполнение указанной республиканской программы в 2006–2010 годах позволило существенным образом обновить парк машин и оборудования для обработки и сушки зерна (таблицы 23 и 24). Количество зерносушилок, не выработавших амортизационный срок эксплуатации, увеличилось с 14,5 до 32,7%, воздухонагревателей – с 34,1 до 37,7%, машин для очистки зерна – с 19,0 до 31,6%, норий – с 7,5 до 30,6%, зернометателей и зернопогрузчиков – с 15,4 до 48,4%.

Важнейшим результатом выполнения программы за 2006–2010 годы является также отработка надлежащих форм организации поставок новой техники, ведения финансовых расчетов, совершенствование методов сушки зерна и конструкций оборудования, обучения операторов комплексов.

Потребность сельскохозяйственных организаций в зерноочистительно-сушильных мощностях определяют валовые сборы зерна и агротехнические сроки уборки (таблица 25). В настоящее время 290 сельскохозяйственных предприятий (19,8%) имеют валовой сбор зерна до 3000 тонн, 280 (19,2%) – от 3000 до 4500 тонн, 261 (17,9%) – от 4500 до 6000 тонн, 217 (14,9%) – от 6000 до 8000 тонн, 238 (16,3%) – от 8000 до 12000 тонн, 94 (6,4%) – от 12000 до 16000 тонн, 34 (2,3%) – от 16000 до 20000 тонн, 19 (1,3%) – от 20000 до 24000 тонн, 16 (1,1%) – от 24000 до 30000 тонн, 5 (0,3%) – от 30000 до 36000 тонн и 7 (0,5%) – свыше 36000 тонн (таблица 26).

Таблица 23 – Наличие и техническое состояние машин и оборудования для послеуборочной обработки зерна в сельскохозяйственных организациях*

Оборудование и машины	Наличие и техническое состояние машин и оборудования, ед.										
	Количество, всего	по сроку эксплуатации			по техническому состоянию				по виду используемого топлива		
		до 8 лет	8–15 лет	свыше 15 лет	в рабочем состоянии	подлежит восстановлению	требует замены	подлежит реконструкции	твердое	жидкое	газ
Зерносушилки в комплексах и отдельно стоящие **	3676	1202	122	2352	1874	332	599	871	764	2754	347
Воздухонагреватели зерносушилок	3921	1359	122	2440	2190	232	1499	–	764	2796	361
Машины предварительной очистки зерна	2864	903	188	1774	1761	–	1103	–	–	–	–
Машины первичной очистки зерна	2233	745	118	1370	1289	–	944	–	–	–	–
Машины вторичной очистки зерна	1537	448	55	1034	828	–	709	–	–	–	–
Универсальные машины очистки зерна	114	15	11	88	81	–	33	–	–	–	–
Нории	12113	3703	319	8091	7076	–	5037	–	–	–	–
Зернометатели, зернопогрузчики	907	140	105	802	249	–	658	–	–	–	–
Бункеры активного вентилирования	1169	235	65	869	920	78	171	–	–	–	–

* По данным комитетов по сельскому хозяйству и продовольствию облисполкомов по состоянию на 01.01.2010 г.

** Наличие отдельно стоящих стационарных зерносушилок без учета напольных и конвейерных.

Таблица 24 – Наличие зерносушилок* в комплексах и отдельно стоящих по производительности в сельскохозяйственных организациях (на 01.01.2010 г.)

Наименование областей	Наличие зерносушилок в комплексах и отдельно стоящих по производительности, ед.					
	Всего	в том числе:				
		до 10 пл.т/ч	15 пл.т/ч	20 пл.т/ч	30 пл.т/ч	40 и более пл.т/ч
Брестская	537	169	89	191	67	21
Витебская	618	138	210	212	53	5
Гродненская	430	137	96	172	19	6
Гомельская	609	154	38	268	114	35
Минская	1013	325	275	334	63	16
Могилевская	469	87	67	168	117	30
Итого	3676	1005	775	1345	450	101

* Кроме напольных.

Таблица 25 – Перспективная потребность в зерноочистительно-сушильных мощностях для послеуборочной обработки зерна (в расчете на 10,0 млн. т) по областям и в целом по республике

Наименование областей	Количество хозяйств*, ед.	Перспективная потребность в сушильных мощностях, пл.т/ч										
		15	20	30	40	60	80	100	120	160	180	200
		количество требуемых сушильных мощностей, ед.										
Брестская	257	55	53	55	40	33	12	2	4	1	1	1
Витебская	284	88	87	46	29	27	5	1	–	1	–	–
Гомельская	229	61	55	41	28	32	9	1	–	2	–	–
Гродненская	184	9	9	17	31	52	27	18	12	3	3	3
Минская	409	36	47	60	54	61	26	9	1	5	1	2
Могилевская	205	41	29	42	35	33	15	3	2	4	–	1
Итого	1461	290	280	261	217	238	94	34	19	16	5	7

* По данным годовых отчетов сельскохозяйственных организаций за 2008 г.

Научные исследования и практический опыт показывают, что сельскохозяйственные организации в зависимости от валового сбора зерна должны комплектоваться следующими зерноочистительно-сушильными комплексами (из расчета продолжительности уборки в каждом отдельно взятом хозяйстве не более 15–20 дней): до 3000 тонн – одним комплексом производительностью 15 пл.т/ч; от 3000 до 4500 тонн – 20 пл.т/ч; от 4500 до 6000 тонн – 30 пл.т/ч; от 6000 до 8000 тонн – 40 пл.т/ч; от 8000 до 12000 тонн – двумя комплексами 30 пл.т/ч; от 12000 до 16000 тонн – двумя комплексами 40 пл.т/ч, от 16000 до 20000 тонн – комплексами 60 и 40 пл.т/ч; от 20000 до 24000 тонн – двумя комплексами 60 пл.т/ч; от 24000 до 30000 тонн – двумя комплексами 80 пл.т/ч; от 30000 до 36000 тонн – тремя комплексами 60 пл.т/ч; свыше 36000 тонн – двумя комплексами 80 и одним 40 пл.т/ч (таблица 27).

Объемы строительства в 2011–2015 годах зерноочистительно-сушильных комплексов в организациях республики приведены в таблице 28.

В настоящее время зерноочистительно-сушильные комплексы производительностью 60 и 80 пл.т/ч и выше в республике не выпускаются. Необходимо разработать и освоить их производство.

Таблица 26 – Группировки* сельскохозяйственных организаций по валовому сбору зерна (исходя из прогнозируемого валового сбора 10 млн. т зерна)

Группировки по валу	По областям														По республике	
	Брестская		Витебская		Гомельская		Гродненская		Минская		Могилевская		ед.	%		
	ед.	%	ед.	%	ед.	%	ед.	%	ед.	%	ед.	%				
До 3000 т	55	21,4	88	31,0	61	26,6	9	4,9	104	25,4	41	20,0	290	19,8		
Свыше 3000 т до 4500 т	53	20,6	87	30,6	55	24,0	9	4,9	101	24,7	29	14,1	280	19,2		
Свыше 4500 т до 6000 т	55	21,4	46	16,2	41	17,9	17	9,2	67	16,4	42	20,5	261	17,9		
Свыше 6000 т до 8000 т	40	15,6	29	10,2	28	12,2	31	16,8	61	14,9	35	17,1	217	14,9		
Свыше 8000 т до 12000 т	33	12,8	27	9,5	32	14,0	52	28,3	50	12,3	33	16,1	238	16,3		
Свыше 12000 т до 16000 т	12	4,7	5	1,8	9	3,9	27	14,7	18	4,5	15	7,3	94	6,4		
Свыше 16000 т до 20000 т	2	0,8	1	0,4	1	0,4	18	9,8	3	0,7	3	1,5	34	2,3		
Свыше 20000 т до 24000 т	4	1,6	0	0	0	0	12	6,5	3	0,7	2	1,0	19	1,3		
Свыше 24000 т до 30000 т	1	0,4	1	0,4	2	0,9	3	1,6	1	0,2	4	2,0	16	1,1		
Свыше 30000 т до 36000 т	1	0,4	0	0	0	0	3	1,6	0	0,0	0	0,0	5	0,3		
Свыше 36000 т	1	0,4	0	0	0	0	3	1,6	1	0,2	1	0,5	7	0,5		
Итого	257	100,0	284	100,0	229	100,0	184	100,0	409	100,0	205	100,0	1461	100,0		

* По данным годовых отчетов сельскохозяйственных предприятий за 2008 г.

Таблица 27 – Потребность сельскохозяйственных организаций в зерноочистительно-сушильных комплексах в зависимости от валовых сборов зерна*

Валовой сбор зерна, <i>т</i>	Мощность зерноочистительно-сушильного хозяйства, <i>пл.т/ч</i>	Количество зерноочистительно-сушильных комплексов производительностью, <i>пл.т/ч</i>
До 3000	15	15
Свыше 3000 до 4500	20	20
Свыше 4500 до 6000	30	30
Свыше 6000 до 8000	40	40
Свыше 8000 до 12000	60	30×2
Свыше 12000 до 16000	80	40×2
Свыше 16000 до 20000	100	60+40 или 30×2+40
Свыше 20000 до 24000	120	60+60 или 40×3
Свыше 24000 до 30000	160	80+80 или 40×4
Свыше 30000 до 36000	180	60+60+60 или 40×3+30×2
Свыше 36000	200	80+80+40 или 40×5

* В бункерном весе.

Таблица 28 – Объемы строительства зерноочистительно-сушильных комплексов в 2011–2015 гг.

Наименование областей	Валовой сбор зерна, тыс. <i>т</i>	Потребность в комплексах, <i>ед.</i>	Количество комплексов по производительности (<i>пл.т/ч</i>), предполагаемых для строительства в сельскохозяйственных организациях, <i>ед.</i>			
			30	40	60	80
Брестская	1574,7	136	82	52	2	–
Витебская	1319,3	137	101	36	–	–
Гомельская	1230,9	103	68	30	1	4
Гродненская	2145,9	127	77	50	–	–
Минская	2342,8	162	35	127	–	–
Могилевская	1435,6	130	95	33	2	–
Итого	10049,2	795	458	328	5	4

Чтобы одновременно и без потерь сушить зерно разных культур и назначения (фуражное или семенное), хозяйства могут иметь два типа зерносушилок: высокой производительности – для сушки зерна валообразующих культур (ржи, ячменя, пшеницы и тритикале) и средней производительности – для сушки зерна меньших объемов других раннеспелых одновременно созревающих культур и семенного зерна. Валообразующие хозяйства и предприятия хлебопродуктов должны быть обеспечены зерноочистительно-сушильными комплексами и сушилками большой мощности.

Перспективный состав и структура парка зерноочистительно-сушильных комплексов в республике должны быть следующими: производительностью до 20 *пл.т/ч* – 860 *шт.* (до 20%); комплексы производительностью от 20 до 30 *пл.т/ч* – 1850 *шт.* (43%); производительностью 30 *пл.т/ч* и выше – 1590 *шт.* (37%). В целом по республике рациональный состав зерноочистительно-сушильных комплексов и зерносушилок для семенных целей должен состав-

лять 4300 единиц разных типов, а зерноочистительных машин: предварительной очистки – 6000 *шт.* (45%), первичной очистки – 3500 *шт.* (25%), вторичной очистки (семяочистительных) – 2000 *шт.* (15%) и универсальных – 2000 *шт.* (15%).

Для временного хранения поступающего с поля зерна следует при каждом комплексе оборудовать открытую асфальтированную площадку с навесами. Для работы в них следует продолжить поставки передвижных очистителей вороха, зернометателей, зернопогрузчиков. Существующие и вновь строящиеся мощные комплексы (производительностью 30–40 *т/ч* и выше) с целью снижения энергозатрат на сушку зерна должны оснащаться компенсирующими бункерами накопителями-охладителями общей емкостью до 600 тонн и хранилищами силосного типа.

Проблема хранения зерна стоит особенно остро. Сельскохозяйственные организации необходимо оснащать механизированными хранилищами силосного типа, потребность в которых для республики оценивается в объеме не менее 6 млн. тонн.

Наличие механизированных хранилищ зерна, увязанных технологически и соединенных транспортирующими механизмами с другими отделениями, является важным условием эффективной работы комплекса. Поставленные в 2006–2010 годах сельскохозяйственным организациям комплексы отделениями хранения сухого зерна, в основном, не оборудованы. Производительность и эффективная эксплуатация комплекса существенно снижаются из-за их отсутствия.

В Республике Беларусь имеются в наличии складские помещения для зерна и зернопродуктов вместимостью около 9,8 млн. тонн, из которых металлические бункера силосного типа составляют 366 тыс. тонн (3,7% от общего объема всех складов). Остальные являются, как правило, складами амбарного типа, где механизация погрузочно-разгрузочных работ осуществляется передвижными транспортерами и самоходными фронтальными погрузчиками. При этом на разгрузочно-погрузочных работах применяется большое количество ручного труда. В подобных складах полностью отсутствует возможность обеспечить автоматизированное режимное хранение зерна и зернопродуктов, что приводит к их повышенным потерям. Поэтому в перспективе требуется замена вышеупомянутых складских помещений современными металлическими механизированными хранилищами силосного типа, обеспечивающими автоматическое поддержание режимов хранения, минимальные трудовые затраты при обслуживании, минимальные потери зерна (в процессе погрузочно-разгрузочных работ), возможность обеззараживания.

На ближайшую перспективу, в 2011–2015 годах, необходимо в первую очередь устранить имеющийся дефицит емкостей хранения путем строительства 246 механизированных хранилищ общей емкостью более 1,8 млн. *т* (таблица 29).

В дальнейшем необходимо заменить имеющиеся в сельскохозяйственных организациях складские помещения амбарного типа общей емкостью около 6 млн. тонн хранения на новые – силосного типа.

Таблица 29 – Объемы строительства зернохранилищ силосного типа в 2011–2015 гг.

Наименование областей	Наличие*, тыс. <i>т</i>	Требуется построить зернохранилищ силосного типа, всего, тыс. <i>т</i>	Всего комплексов по хранению зерна, шт.	Количество комплексов (по вместимости – тыс. <i>т</i>), планируемых для строительства, шт.			
				2–5	6–8	9–12	свыше 14
Брестская	34,9	148	18	4	6	8	
Витебская	–	250	33	12	10	6	5
Гомельская	66,97	130	19	6	6	6	1
Гродненская	123,6	380	39	3	11	17	8
Минская	53,48	500	80	25	30	20	5
Могилевская	53,48	430	57	18	18	15	6
Итого	366,05	1838	246	68	81	72	25

* По данным комитетов по сельскому хозяйству и продовольствию областей на 01.01.2010 г.

Для послеуборочной обработки зерна в республике разработан и освоен в производстве ряд технических средств, использование которых практически решает проблему очистки и сушки зерна в хозяйствах с валовыми сборами до 16000 тонн. Однако интенсификация производства зерновых культур, а также изменение организационно-экономических условий хозяйствования путем укрупнения и объединения сельхозпредприятий требует существенной корректировки системы машин для послеуборочной обработки зерна. Для обеспечения своевременной очистки и сушки зерна в организациях с валовыми сборами более 16000 тонн необходимы зерноочистительно-сушильные комплексы производительностью 60–80 *пл.т/ч*, а также соответствующие зерноочистительные машины для их оснащения с производительностью 120–150 *т/ч* на предварительной и 40–60 *т/ч* на первичной очистке.

Ежегодно в Республике Беларусь зерновые, зернобобовые и крупяные культуры возделываются на площади 2,5–2,6 млн. *га*. Для посева таких площадей требуется 650 тыс. тонн высококачественных семян. А с учетом страхового фонда необходимо готовить не менее 800–850 тыс. тонн семенного материала.

В настоящее время норма высева семян зерновых и зернобобовых культур находится в пределах 250–280 *кг/га*, а при высеве элитных семян – 220–240 *кг/га*. За рубежом, в таких странах как Германия, Австрия, Франция, этот показатель варьирует в пределах 185–210 *кг/га*. Таким образом, потенциал экономии семян при использовании высоких классов и всхожести может составлять 55–70 *кг/га*, или в масштабах республики – 140–180 тыс. тонн семян в год. Сравнительно высокие расходы семенного материала в республике объясняются отсутствием должной техники для его приготовления.

Семяприготовительные линии и зерноочистительные агрегаты типа ЗАВ-10 и ЗАВ-20 эксплуатируются уже не первый десяток лет, физически изношены и морально устарели. А такими машинами, как пневмосортировальные столы, сельскохозяйственные организации не оснащены вовсе. Поэтому назрела острая необходимость технического переоснащения семеноводства путем раз-

работки и освоения производства специализированных семенных заводов и линий производительностью от 3000 тонн до 10000–12000 тонн семян в год.

В период с 2011 по 2015 годы необходимо построить 795 полностью оснащенных требуемым набором машин и оборудования новых зерноочистительно-сушильных комплексов, 246 зернохранилищ силосного типа мощностью 1,84 млн. тонн, отремонтировать и модернизировать 741 сушилку М-819, поставить 7643 единицы машин и оборудования. На предприятиях, производящих элитные семена, надо построить 18 семяочистительных линий (заводов).

В настоящее время не все сельскохозяйственные организации в состоянии самостоятельно, за счет собственных средств проводить в таких объемах обновление и реконструкцию материально-технической базы по послеуборочной обработке и хранению зерна. Осуществлять эти работы, а также совершенствовать машины и оборудование главным образом необходимо за счет средств республиканского бюджета и льготных кредитов банков. Машины и оборудование, входящие в состав зерноочистительно-сушильных комплексов, комплексов для хранения зерна, и другие технические средства для послеуборочной обработки зерна и семян, по нашему мнению, целесообразно передавать (реализовывать) сельскохозяйственным организациям на условиях лизинга через Республиканское объединение «Белагросервис» на срок до 7 лет с отсрочкой уплаты платежей на 2 года с момента их передачи.

Закупку зерноочистительно-сушильных комплексов в 2011–2015 годах необходимо производить у отечественных предприятий-изготовителей.

Потребность в оборудовании и машинах для замены на действующих в сельскохозяйственных организациях зерноочистительно-сушильных комплексах в 2011–2015 гг. приведена в таблице 30.

Таблица 30 – Потребность в оборудовании и машинах для замены на действующих в сельскохозяйственных организациях зерноочистительно-сушильных комплексах в 2011–2015 гг.

Наименование областей	Зерносушилки в комплексах и отдельно стоящие, ед.		Воздухонагреватели зерносушилок, ед.		Машины предварительной очистки, ед.		Машины первичной очистки, ед.		Машины вторичной очистки, ед.		Нории, ед.		Зернопогрузчики, зернотателы, ед.	
	наличие, всего	требуется замены	наличие, всего	требуется замены	наличие, всего	требуется замены	наличие, всего	требуется замены	наличие, всего	требуется замены	наличие, всего	требуется замены	наличие, всего	требуется замены
Брестская	537	30	562	36	270	131	275	170	133	91	2148	125	275	147
Витебская	618	95	626	161	314	181	265	179	141	108	2472	1400	60	31
Гродненская	609	50	718	60	598	100	249	25	86	75	1469	150	10	100
Гомельская	430	37	444	113	436	95	373	121	399	101	1321	300	246	210
Минская	1013	50	1069	262	848	162	582	77	582	38	3256	324	301	75
Могилевская	493	35	502	167	326	197	337	192	317	116	1447	470	412	130
Итого	3700	297	3921	799	2792	866	2081	764	1658	529	12113	2769	1304	693

В 2011–2015 годах необходимо произвести полное восстановление и модернизацию имеющихся в сельскохозяйственных предприятиях зерноочистительно-сушильных комплексов с сушилкой М-819 (таблица 31).

Выполнение ремонтно-строительных работ по восстановлению и развитию материальной базы действующих зерноочистительно-сушильных комплексов, благоустройство территории и ремонт складских помещений для хранения зерна следует осуществить за счет собственных средств сельскохозяйственных организаций, льготных кредитов банков и местных бюджетов.

Таблица 31 – Потребность в проведении ремонта с модернизацией* имеющихся в сельскохозяйственных организациях сушилок М-819 в 2011–2015 гг.

Наименование областей	Комплексы с зерносушилкой М-819, ед.				
	наличие		требуется провести полное восстановление:		
	с зерносушилкой М-819	с зерносушилкой М-840	всего	с переводом на МВТ	без перевода на МВТ
Брестская	35	1	36	18	18
Витебская	324	5	164	82	82
Гомельская	124	2	145	80	65
Гродненская	248	3	112	60	52
Минская	274	4	162	81	81
Могилевская	245	4	122	50	72
Итого	1252	19	741	371	370

* По данным обследования технического состояния машин и оборудования зерноочистительно-сушильных комплексов с сушилкой М-819 в Могилевской области ОАО «Агрокомплект» (г. Могилев), 60% имеющихся комплексов требуют полного восстановления (капитального ремонта), в том числе 30% – с переводом на местные виды топлива.

Строительство новых и реконструкция с модернизацией имеющихся зерноочистительно-сушильных комплексов в сельскохозяйственных организациях должны основываться на максимальном использовании имеющейся строительной базы, инфраструктуры и коммуникаций; переходе на двухэтапные технологии проведения работ, предусматривающие выполнение в уборочное время операций, обеспечивающих сохранность урожая (предварительная очистка, просушка), а в ночное время и в послеуборочный период – доведение зерна до требуемых кондиций. При этом должны реализовываться в применяемых технологических схемах по очистке и сушке зерна ресурсосберегающие технологии; производиться частичный переход на местные виды топлива; применяться воздухонагреватели с повышенным коэффициентом полезного действия; технологические процессы должны быть автоматизированы; должно максимально использоваться оборудование для сушки и очистки зерна; применяться устройства для его транспортирования и режимного хранения, воздухонагреватели к зерносушилкам, зернопогрузчики, зернометатели и другие технические средства для послеуборочной обработки зерна отечественного производства.

Экономическая эффективность мероприятий по комплектованию оборудованием и машинами в вышеуказанных объемах должна быть достигнута за счет снижения затрат топливно-энергетических ресурсов, сокращения трудозатрат и материалоемкости, повышения качества семенного материала. Основной эф-

фект должен быть получен за счет значительного снижения потерь зерна при уборке из-за сокращения недостатка мощностей зерноочистительно-сушильного оборудования и устранения его простоев по причине низкой технической надежности.

Заключение

Реализация вышеуказанных мероприятий позволит за 5 лет увеличить количество обновленного оборудования и машин: зерноочистительно-сушильных комплексов – с 32,7 до 54,4%, зерноочистительных машин – с 31,6 до 71,7%, воздухонагревателей – с 37,7 до 72,8%, норий – с 30,6 до 72,0%, зернометателей и зернопогрузчиков – с 48,4 до 84,7%; ежегодно экономить более 16,8 тыс. *t* топлива (в переводе на жидкое топливо); уменьшить потери зерна на 845 тыс. *t*; снизить затраты электроэнергии на 3,36 млн. *кВт·ч*, а трудозатраты до 85,6 тыс. *чел.-ч*; обрабатывать на новых комплексах более 5,6 млн. тонн зерна в бункерном весе; сэкономить значительное количество валютных средств; получить расчетный годовой экономический эффект в 297,1 млрд. рублей.

Для достижения этих целей необходимо будет осуществить комплекс проектных и научно-технических мероприятий.

Выполнение проектных мероприятий по созданию и реконструкции объектов по очистке и сушке зерна считаем целесообразным возложить на ОАО «Институт «Сельхозтехпроект» и ГУ «НИИПТИ хлебопродукт», а разработку проектно-сметной документации поручить областным проектным институтам.

Национальной академии наук Беларуси совместно с Минсельхозпродом и Министерством промышленности следует продолжить работы по разработке и освоению производства современных машин и оборудования для зерноочистительно-сушильного хозяйства и семенных линий.

04.08.10.

УДК 631.53.01

В.П. Чеботарев,

И.В. Барановский,

А.А. Князев, П.М. Немцев

(РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,

г. Минск, Республика Беларусь)

КЛАССИФИКАЦИЯ

ПНЕВМОСЕПАРИРУЮЩИХ

СИСТЕМ ОЧИСТКИ ЗЕРНА И

АНАЛИЗ ИХ УСТРОЙСТВ

Введение

Годовое производство зерна в Республике Беларусь за последние годы превысило 9 млн. тонн в бункерном весе. Перед сельхозпроизводителями стоит важная задача сохранения убранного урожая и доведения зерна до товарных кондиций. Поэтому во время уборки урожая на первое место выходит послеуборочная обработка зерна, включающая его предварительную очистку, сушку, основную очистку. Во время основной очистки зерно разделяется на кондиционное (семенное, продовольственное, фуражное) и отходы.

В настоящее время в мире разработано и применяется огромное количество самых разнообразных средств очистки зерна – от универсальных до специальных. Важным элементом большинства современных средств очистки зерна,

обеспечивающим качественное выделение из зернового вороха легких примесей и пыли, является пневмосепарирующая система. Ввиду многообразия и сложности пневмосистем современных средств для очистки зерна до настоящего времени нет их четкой классификации. Предпримем попытку классифицировать пневмосистемы, использующие равномерный воздушный поток, в которых разделение материала происходит по аэродинамическим свойствам. А также проведем анализ и рассмотрим основные достоинства и недостатки пневмосистем различных средств для очистки зерна.

Основная часть

Принцип работы пневмосистем, использующих равномерный воздушный поток, заключается в следующем. Зерновой ворох из питающего устройства вытекает в пневмосепарирующий канал, в котором зерно продувается воздушным потоком. При этом из вороха выделяются примеси, отличающиеся по аэродинамическим свойствам. Воздух вместе с примесями поступает в пылеуловитель, где происходит отделение примесей от воздуха. Очищенный воздух с помощью вентилятора направляется в атмосферу либо вновь на очистку зернового вороха.

Пневмосепарирующие системы современных технических средств для очистки зерна в целом можно классифицировать по способу использования воздушного потока. Также можно классифицировать пневмосепарирующие системы по типам и видам отдельных элементов. Классификация пневмосепарирующих систем средств для очистки зерна по способу использования воздушного потока представлена на рисунке 77.

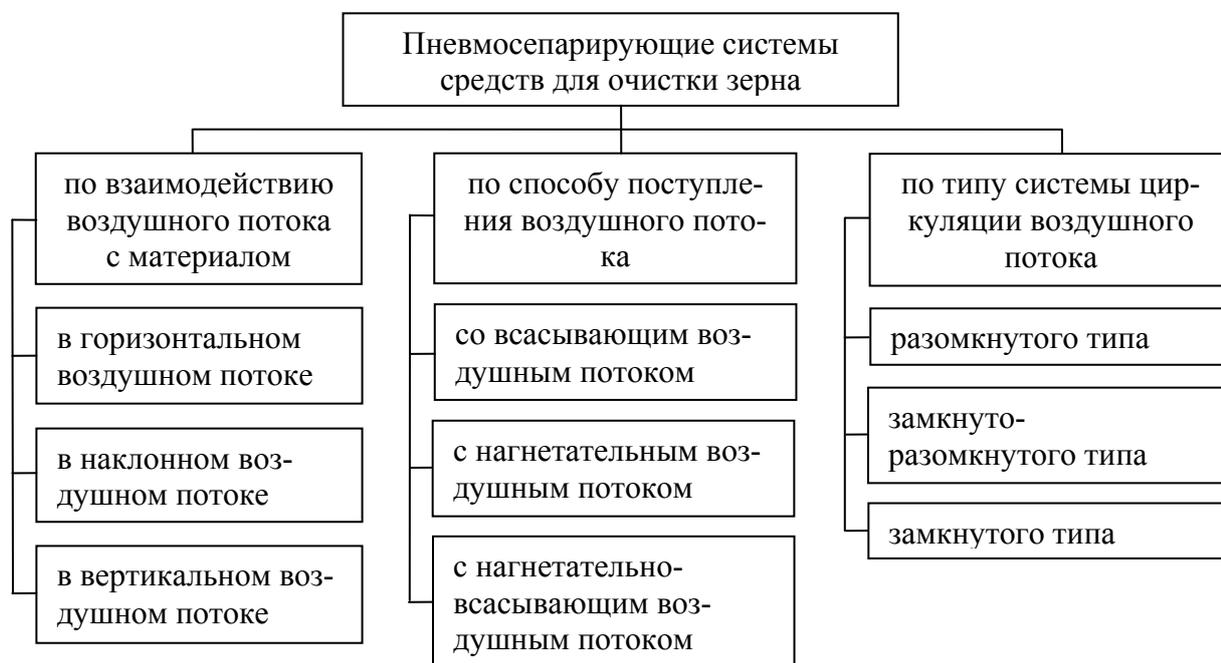


Рисунок 77 – Классификация пневмосепарирующих систем средств для очистки зерна по способу использования воздушного потока

В зависимости от взаимодействия воздушного потока и материала можно выделить три наиболее распространенные схемы сепарации: в горизонтальном, наклонном и вертикальном воздушном потоке.

Основное достоинство горизонтальных и наклонных воздушных потоков состоит в том, что направления силы тяжести и аэродинамической силы у них не совпадают, вследствие чего подача вороха может быть осуществлена с помощью простых устройств: скатных досок, поджатых клапанов и др. Сила тяжести обеспечивает свободное поступление материала в воздушный поток и выпадение деловой части из него. Каждая отдельная частица описывает в потоке воздуха путь, представляющий собой относительно простую кривую. Число взаимных столкновений незначительное. Поэтому в современных средствах для очистки зерна наклонный воздушный поток используется в высокопроизводительных машинах с высокими удельными нагрузками, преимущественно в машинах предварительной очистки, а также в каналах предварительной аспирации универсальных машин, машин первичной, вторичной очистки. К недостаткам сепараторов с горизонтальным и наклонным воздушными потоками относятся неравномерный воздушный поток, а также технические трудности при создании широкой струи воздуха.

В вертикальном воздушном потоке частицы многократно движутся вверх и вниз, вследствие чего возникает большое число столкновений, особенно при повышенных удельных нагрузках. Поэтому вертикальный воздушный поток обеспечивает высокое качество сепарации при малых удельных нагрузках. В то же время в вертикальных каналах воздушный поток оказывает более продолжительное воздействие на материал, частицы имеют возможность занимать различные положения, что нивелирует влияние одного случайного положения входа в поток, то есть сепарация меньше подвержена влиянию случая и результаты получаются более стабильными. В связи с этим вертикальный воздушный поток используется преимущественно в послерешетном канале основной очистки универсальных машин, машин первичной, вторичной очистки.

По способу поступления воздуха пневмосепарирующие системы делятся на три вида: пневмосистемы со всасывающим, с нагнетательным либо с нагнетательно-всасывающим воздушным потоком. Процесс очистки материала не зависит от того, работает ли пневмосистема под разрежением или при избыточном давлении, однако у каждого способа поступления воздуха в канал есть свои достоинства и недостатки.

Существенным недостатком применения в пневмосепарирующих системах нагнетательного воздушного потока является сложность обеспечения герметичности системы и, как следствие, повышенная запыленность рабочего помещения. Также недостатком в таких пневмосистемах является неравномерность воздушного потока в рабочей зоне, что ухудшает эффективность работы пневмосистемы.

Данных недостатков лишены пневмосепарирующие системы со всасывающим воздушным потоком. Однако следует отметить важность обеспечения герметичности рабочей зоны, а также устройства ввода в таких пневмосистемах, так как подсосывание воздуха через зазоры приводит к отклонению направления воздушного потока от заданного формой камеры, что снижает эффективность работы пневмосистемы.

По типу циркуляции воздушного потока пневмосепарирующие системы бывают разомкнутого, замкнуто-разомкнутого и замкнутого типов. С

точки зрения энергосбережения наиболее экономичной является пневмосепарирующая система замкнутого типа, так как отсутствуют затраты энергии на выхлоп. Но у таких пневмосистем эффективность очистки хуже, чем у разомкнутых, из-за не полностью очищенного воздуха, который в замкнутой пневмосистеме загрязняет очищаемое зерно.

В этом отношении компромиссным решением является замкнуто-разомкнутая пневмосистема, у которой часть отработанного воздуха удаляется наружу, а часть направляется на очистку зерна и имеется постоянный подсос чистого воздуха. В современных средствах для очистки зерна с замкнуто-разомкнутой системой подсос чистого воздуха составляет примерно 15–20% за цикл. Также достаточно широкое распространение замкнуто-разомкнутые пневмосистемы получили, благодаря устранению запыленности рабочего помещения, свойственной некоторым пневмосистемам замкнутого типа.

Классифицировать пневмосепарирующие системы по типам и видам отдельных элементов, ввиду разнообразия последних, достаточно сложно. Рассмотрим наиболее распространенные типы и виды основных элементов пневмосепарирующих систем средств для очистки зерна.

Одними из основных факторов, влияющих на эффективность пневмосепарации, являются условия ввода зерновой смеси. Зерновую смесь в пневмосепарирующие каналы вводят с помощью пассивных или активных устройств.

Пассивные устройства (скатные доски, сетки) проще по конструкции, не требуют дополнительного привода, имеют небольшие габаритные размеры. Однако в процессе работы сетка засоряется, следовательно, изменяется эпюра скоростей воздуха и ее среднее значение. Сетка создает дополнительное сопротивление проходу воздуха, что обуславливает повышенный расход энергии. Скатные доски недостаточно расслаивают и разрыхляют вводимый материал, а также не обеспечивают требуемой равномерности распределения зернового материала по ширине пневмосистемы и герметичности устройства ввода. К пассивным устройствам относятся также устройства, выполненные в виде поджатого клапана, который открывается при поступлении на него материала. Данное устройство ввода распространено преимущественно в пневмосистемах с горизонтальным и наклонным воздушными потоками, так как применение такого устройства ввода с вертикальным воздушным потоком не обеспечивает равномерности распределения по глубине канала.

С помощью активных устройств ввода (вибротокков, питающих рифленых валиков, разбрасывающих дисков) можно в требуемых пределах изменять скорость и угол ввода зерновой смеси, а также расслаивать смесь перед подачей в канал, что улучшает условия сепарации и повышает эффективность разделения.

В пневмосепарирующих системах современных средств для очистки зерна используются два типа вентиляторов: центробежные или диаметральные. Диаметральные вентиляторы нашли применение в пневмосистемах замкнутого и замкнуто-разомкнутого типов. Это обусловлено

тем, что диаметральный вентилятор создает плоскопараллельный поток воздуха по всей ширине пневмосепарирующего канала, хорошо komponуются с другими элементами пневмосистемы. Однако существенным недостатком, сдерживающим применение диаметральных вентиляторов в зерноочистительных машинах, является их низкий КПД. Центробежные вентиляторы применяются во всех типах пневмосепарирующих систем.

Обычно средства для очистки зерна оснащаются одним вентилятором, но некоторые снабжаются двумя вентиляторами, которые в схеме пневмосистемы работают либо параллельно, либо последовательно. Последовательная схема работы вентиляторов характерна для пневмосистем с нагнетательно-всасывающим воздушным потоком.

Скорость воздушного потока в пневмосепарирующем канале является важным параметром, влияющим на качество очистки зерна. Существует много способов регулирования скорости воздушного потока. Самый простой и распространенный – регулировка воздушной заслонкой, но он является и самым неэкономичным. Наиболее экономичный способ регулирования – изменение частоты вращения колеса вентилятора, поскольку потребляемая мощность снижается пропорционально третьей степени изменения частоты вращения. В этом случае экономичность регулирования зависит от способа изменения частоты вращения.

Пневмосистемы средств для очистки зерна оснащаются устройствами очистки отработанного воздуха, улавливающими пыль сухим способом. Наибольшее применение в современных средствах для очистки зерна нашли гравитационные, инерционные и фильтрационные пылеуловители.

К простейшим устройствам очистки отработанного воздуха, применяемым в средствах для очистки зерна, относятся осадочные камеры различных конструкций. Осадочные камеры имеют пневмосистемы большинства зерноочистительных машин. Это обусловлено простотой устройства и эксплуатации, надежностью и долговечностью, хорошей компоновемостью с другими элементами пневмосистем, незначительным гидравлическим сопротивлением (менее 200 Па). Но из-за невысокой эффективности пылеулавливания осадочных камер – 50–80%, пневмосистемы дополнительно оснащают преимущественно инерционными пылеуловителями.

Наиболее распространенными среди инерционных пылеуловителей являются, главным образом, камерные, жалюзийные и циклонные. В зависимости от типа пневмосистемы применяются различные по конструкции жалюзийные пылеуловители. По сравнению с другими устройствами для сухой очистки воздуха циклоны обладают более высокой эффективностью, надежностью в эксплуатации, имеют низкую металлоемкость; широкий диапазон функционирования по расходам, начальной концентрации, абразивным и адгезионным свойствам пыли. Но при этом имеют высокое гидравлическое сопротивление, большие габаритные размеры и плохо komponуются с другими элементами пневмосистем.

Заключение

Представленная классификация пневмосепарирующих систем современных технических средств для очистки зерна не является исчерпывающей, а лишь отражает основные тенденции развития пневмосистем средств для очистки зерна, использующих равномерный воздушный поток, в которых разделение зернового материала происходит по аэродинамическим свойствам. Выбор оптимальной схемы пневмосепарирующей системы средства для очистки зерна зависит как от вида обрабатываемой культуры, так и от назначения данного средства.

Анализ устройств пневмосепарирующих систем современных средств для очистки зерна показывает, что пневмосистемы обладают большими возможностями сепарирования зернового вороха. Дальнейшее их совершенствование может, прежде всего, осуществляться на основе знаний закономерностей влияния отдельных факторов на эффективность пневмосепарирования.

15.10.10.

Литература

1. Бурков, А.И. Зерноочистительные машины. Конструкция, исследование, расчет и испытание / А.И. Бурков, Н.П.Сычугов. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. – 261 с.
2. Гладков, Н.Г. Зерноочистительные машины. Конструкция, расчет, проектирование и эксплуатация / Н.Г. Гладков. – М.: Машгиз, 1961. – 368 с.
3. Малис, А.Я. Машины для очистки зерна воздушным потоком / А.Я. Малис, А.Р. Демидов. – М.: Машгиз, 1962. – 176 с.
4. Нелюбов, А.И. Пневмосепарирующие системы сельскохозяйственных машин / А.И. Нелюбов, Е.Ф. Ветров. – М.: Машиностроение, 1977. – 192 с.

УДК 631.348.3

П.В. Заяц

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,*

г. Минск, Республика Беларусь)

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО КАРТОФЕЛЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОМБИНИРОВАННОГО АГРЕГАТА ДЛЯ СБОРА КОЛОРАДСКОГО ЖУКА

Введение

По результатам исследований был изготовлен и испытан комбинированный агрегат для сбора колорадского жука и окучивания картофеля (патент на полезную модель №1961) [1, 2].

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований были обоснованы конструктивно-технологические параметры рабочих органов, обеспечивающих качественный сбор колорадского жука с ботвы картофеля [3].

Результаты производственных испытаний такого агрегата на опытном поле УО «Гродненский государственный аграрный университет» показали, что при работе такого агрегата обеспечивается сбор колорадского жука в соответствии с агротехническими требованиями, без травмирования картофеля (рисунок 78).

За один проход комбинированного агрегата по полю осуществлялись стряхивание колорадского жука с ботвы картофеля, его сбор в накопительный фильтр и междурядная обработка картофеля.

При этом количество оставшихся на ботве картофеля особей колорадского жука не превышало порога экономической вредности. Потери колорадского жука за пределы желобчатых емкостей не превышали 5%.

На основании результатов производственных испытаний комбинированного агрегата можно заключить, что он удовлетворяет всем агротребованиям, предъявляемым к такого рода машинам, и позволяет получить экологически чистый картофель.



Рисунок 78 – Комбинированный агрегат для сбора колорадского жука и окучивания картофеля в работе

Применение этого комбинированного агрегата позволило выращивать картофель без использования пестицидов, то есть экологически чистый.

Аналогичные результаты получены при испытании данного комбинированного агрегата на полях СПК «Занеманский» Мостовского района Гродненской области.

Основная часть

Интенсификация сельского хозяйства в Республике Беларусь, ориентированная в прошлом на неограниченное потребление энергоресурсов, должна быть переведена на современном этапе развития общества на энергосберегающие технологии, которые связаны с ресурсосбережением [4].

Поэтому очень важным вопросом при внедрении новейших мероприятий в земледелии является определение их экономической и энергетической эффективности. Такая оценка дает возможность обеспечить поиск путей создания технологических процессов, сберегающих денежные, энергетические и трудовые ресурсы.

В качестве критериев оценки элементов технологии возделывания картофеля в наших исследованиях использовались такие показатели, как стоимость произведенной продукции, производственные денежные затраты на единицу площади (тыс. руб./га), затраты труда на единицу площади возделывания (чел.-ч/га) и на единицу выращенной продукции (чел.-ч/ц), себестоимость полученной продукции (тыс. руб./ц), уровень рентабельности (%), биоэнергетический коэффициент [5].

Расчеты проводились по технологическим картам возделывания поздних и ранних сортов картофеля на продовольственные цели с использованием опытной технологии и технологии, обеспечивающей получение экологически чистой продукции.

При этом стоимость продукции определялась по формуле:

$$\tilde{N}_I = \dot{O} \cdot \ddot{O}_C, \quad (1)$$

где \dot{U} – урожайность, ц/га;

\ddot{C}_3 – закупочная цена, тыс. руб./ц.

Производственные затраты:

$$\ddot{I}_C = C_{\ddot{I}e} + C_{\ddot{A}Ni} + C_{\ddot{A}i} + C_{\ddot{N}ai} + C_{\ddot{O}ai} + C_{\ddot{N}CD} + C_{\ddot{I}d}, \quad (2)$$

где \ddot{Z}_{Pl} – затраты на оплату труда, тыс. руб.;

$\ddot{Z}_{ГСМ}$ – затраты на горюче-смазочные материалы, тыс. руб.;

\ddot{Z}_{Am} – затраты на амортизацию, тыс. руб.;

\ddot{Z}_{Sem} – затраты на семена, тыс. руб.;

\ddot{Z}_{Vd} – затраты на удобрения, тыс. руб.;

$\ddot{Z}_{CЗР}$ – затраты на средства защиты растений, тыс. руб.;

\ddot{Z}_{Pr} – прочие затраты, тыс. руб.

Прочие затраты составляют обычно порядка 2%.

Результаты определения производственных затрат при различных технологиях возделывания картофеля представлены в таблице 32.

Таблица 32 – Результаты расчета производственных затрат при различных технологиях возделывания позднеспелого и раннеспелого картофеля

Статьи затрат	Позднеспелый		Раннеспелый	
	Технология возделывания			
	обычная	предлагаемая	обычная	предлагаемая
1. Тарифный фонд оплаты с доплатами, тыс. руб.	441	479	434	468
2. Стоимость семян, тыс. руб.	1760	1760	1760	1760
3. Стоимость удобрений, тыс. руб.	1025	759	671	607
4. Работы и услуги, содержание основных средств, организация и управление, прочие затраты, тыс. руб.	4026	4026	4026	4026
5. Затраты на ГСМ и электроэнергию, тыс. руб.	515	520	483	467
Всего затрат на 1 га, тыс. руб.	7767	7542	7347	7328

Затраты труда определяли как сумму всех затрат труда согласно технологическим картам.

Себестоимость продукции:

$$\tilde{N}á = \frac{\dot{I}_{\zeta}}{\dot{O}}. \quad (3)$$

Чистый доход:

$$\times\ddot{a} = \tilde{N}_{\dot{I}} - \dot{I}_{\zeta}. \quad (4)$$

Уровень рентабельности:

$$\dot{O}_{\text{Дáи}} = \frac{\times\ddot{a}}{\dot{I}_{\zeta}} \cdot 100\%. \quad (5)$$

Биоэнергетический коэффициент:

$$A_{\dot{E}} = \frac{\dot{Y}}{\zeta\dot{Y}}, \quad (6)$$

где \dot{E} – выход энергии с одного гектара, *МДж*;

$\zeta\dot{E}$ – затраты энергии, *МДж/га*.

Результаты экономической оценки технологий возделывания позднего картофеля показывают (таблица 33, 34): стоимость произведенной продукции при сравниваемых технологиях одинакова (13200 тыс. руб.), что связано с одинаковой урожайностью. Производственные затраты на 1 ц клубнеплодов в технологии получения экологически чистой продукции на 225 тыс. руб. ниже, чем при обычной, соответственно, при данной технологии на 0,8 тыс. руб. меньше себестоимость единицы продукции, на 5,1% выше уровень рентабельности и на 0,01 выше биоэнергетический коэффициент.

Таблица 33 – Экономическая эффективность возделывания картофеля по различным технологиям

Показатели	Позднеспелый		Раннеспелый	
	Технология возделывания			
	обычная	предлагаемая	обычная	предлагаемая
1. Урожайность, ц/га	300	300	300	300
2. Прибавка урожайности, ц/га	–	–	–	–
3. Стоимость продукции, тыс. руб.	13200	13200	13200	13200
4. Производственные затраты на 1 га, тыс. руб.	7767	7542	7347	7328
5. Чистый доход, тыс. руб.	5433	5658	5853	5872
6. Себестоимость 1 ц продукции, тыс. руб.	25,9	25,1	24,4	24,4
7. Уровень рентабельности, %	69,9	75,0	79,7	80,1
8. Затраты труда, чел.-ч на 1 га	130	130	130	130
на 1 ц	0,43	0,43	0,43	0,43

Результаты расчетов экономической эффективности аналогичных технологий возделывания раннеспелых сортов картофеля показали, что при одинаковой стоимости продукции (13200 тыс. руб.) примерно близки затраты труда на 1 ц (7347 и 7328 тыс. руб.), чистый доход (5853 и 5878 тыс. руб.) и себестоимость (24,4 тыс. руб./ц). Уровень рентабельности составляет 79,7 и 80,1% соответственно для обычной и предлагаемой технологии получения экологически чистой продукции. При технологии получения экологически чистой продукции на 0,09 единиц выше также биоэнергетический коэффициент.

Таблица 34 – Энергетическая эффективность возделывания поздне- и раннеспелого сортов картофеля по различным технологиям

Сорт	Технология	Урожайность, ц/га	Затраты энергии, МДж/га	Энергоемкость, МДж/ц	Выход энергии с 1 га, МДж	Биоэнергетический коэффициент
Позднеспелый	обычная	300	33801	113	114000	3,37
	предлагаемая	300	33648	112	114000	3,38
Раннеспелый	обычная	300	33797	113	114000	3,37
	предлагаемая	300	32971	110	1140000	3,46

Заключение

На основании результатов экономического и энергетического анализов можно заключить, что даже при условии, что в расчетах цены товарного картофеля, полученного с использованием пестицидов, и экологически чистого картофеля принимались одинаковыми, предпочтение следует отдать технологии получения экологически чистой продукции. То есть получение экологически чистой продукции позднеспелого и раннеспелого картофеля с использованием агрегата для сбора колорадского жука является экономически и энергетически оправданным на современном этапе развития сельскохозяйственного производства.

09.07.10.

Литература

1. Комбинированный агрегат для ухода за картофелем: пат. на полезную модель № 1961 Респ. Беларусь, МПК А 01В 13/02, А01М 5/04 / В.К. Пестис, Э.В. Заяц, С.Н. Ладутько, П.В. Заяц; заявитель УО «Гродненский государственный аграрный университет». – № u20040469; заявл. 2004.10.15; опубл. 2005.02.15 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2005. – № 10. – С. 8.
2. Заяц, П.В. Комбинированный агрегат для сбора колорадского жука / П.В. Заяц, Э.В. Заяц // Агропанорама. – 2006. – № 6. – С. 32-34.
3. Заяц, П.В. Обоснование конструктивных параметров ротора с упруго-эластичными элементами и регулятором амплитуды их колебаний / П.В. Заяц // Агропанорама. – 2009. – №1.
4. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отраслевых регламентов / Гос. науч. учрежд. ИАЭ НАН Беларуси; рук. работы В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск, 2005. – 462 с.
5. Техничко-экономические расчеты и обоснования: учеб.-метод. пособие / сост. И.П. Бусел, Г.А. Силкович, Л.И. Мацкевич. – Минск: БАТУ, 1995. – 18 с.

Введение

Картофель – одна из древнейших культур планеты. В настоящее время выращивается как ценная продовольственная, техническая и кормовая культура более чем в 100 странах мира, в том числе и в Беларуси. Широкое распространение картофель получил потому, что является питательным, недорогим и не нуждающимся в сложной обработке продуктом [1]. В частности, в Беларуси картофель настолько полюбился народу, что стал национальным продуктом, «вторым хлебом». По объему потребления белорусы находятся на первом месте в мире – 181 кг картофеля в год на жителя страны.

Выращиванию картофеля в республике способствуют отличное географическое положение и хорошие почвенно-климатические условия. Климатические ресурсы Беларуси обеспечивают возможность выращивания урожая на уровне 70–75 т/га, но достигнуть его можно только при дополнительном влагообеспечении и тщательном соблюдении технологии возделывания. Современная технология возделывания гарантирует получение урожайности 30–35 т/га в любые годы [2]. Ежегодная потребность республики в картофеле, рассчитанная исходя из научно обоснованных норм потребления, формирования необходимых фондов, резервов и экспортного потенциала, составляет 10,5–11,0 млн. т.

В последние годы Беларусь входит в десятку крупнейших производителей «второго хлеба». Но с точки зрения урожайности мы очень сильно отстаем. В большинстве хозяйств она сильно зависит от складывающихся погодных условий, так, в 2009 г. в 286 хозяйствах страны продуктивность культуры составила менее ста центнеров с гектара.

Уже четыре года в республике действует Программа развития картофелеводства, которая предусматривает возрождение национальной сельскохозяйственной культуры. В программе большое внимание уделяется повышению качества производимого картофеля, так как именно такая продукция поможет Беларуси вернуть утерянные рынки сбыта.

В настоящее время многие вопросы по механизации возделывания картофеля практически решены. Однако серьезного внимания требует вопрос предреализационной подготовки картофеля при поставке его в торговую сеть. В комплексе предреализационной подготовки необходимо выполнение операции по сухой очистке картофеля, в результате которой картофель лучше хранится и отмечается более низкая повреждаемость клубней.

Этот вопрос решило РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» созданием машины для сухой очистки картофеля МСОК-5. Машина по своим техническим и экономическим показателям не уступает лучшим зарубежным аналогам.

Основная часть

Качество клубней картофеля при реализации определяется наличием повреждений и примесей в виде комков земли. Чистый, без повреждений кожуры картофель хорошо продается и неизменно пользуется большим спросом как на внутреннем, так и на внешнем рынке.

Очень часто в период уборки картофеля наблюдается дождливая ненастная погода, что снижает просеиваемость почвы и способствует увеличению примесей в убранном урожае. Особенно это характерно для почв более тяжелого гранулометрического состава (суглинистых, глинистых). Загрязнение клубней вызывает опасность поражения грибными и бактериальными возбудителями болезней, а в итоге приводит к снижению лежкости и потерям во время хранения картофеля. Поэтому при закладке клубней на хранение в картофелехранилища, затаривании в мешки для реализации требуется тщательная очистка картофеля.

Перед созданием устройства для сухой очистки картофеля были обоснованы основные параметры, такие как: производительность, частота вращения вальцов с капроновым покрытием, скорость движения клубней картофеля по щеточной поверхности.

Производительность устройства можно рассчитать по формуле:

$$W = 3,6B_i d_{\text{клубня}} v_{\text{к}} \psi \rho_{\text{клубня}}, \quad (1)$$

где W – производительность устройства, кг/ч;

B_m – ширина захвата устройства, м;

$d_{\text{ср}}$ – средний диаметр клубня, м;

$v_{\text{к}}$ – линейная скорость движения продукта по вальцам, м/с;

ψ – коэффициент заполнения поверхности, ($\psi = 0,7$);

$\rho_{\text{ср}}$ – средняя плотность клубня, кг/м³;

α – коэффициент адгезии загрязнений.

Так как устройство по сухой очистке товарного картофеля встраивается в технологическую линию за переборочным столом, принимаем ширину захвата, которая не будет выходить за пределы ширины захвата переборочного стола – 0,7 м. Для того чтобы не было сгуживания при движении продукта, его линейная скорость по очищающей поверхности при переходе с переборочного стола на машину сухой очистки должна быть больше, чем скорость переборочного стола – не менее 0,1 м/с. Средний диаметр клубня – 0,08 м, плотность вороха – 650 кг/м³.

$$W = 3,6 \cdot 0,7 \cdot 0,08 \cdot 0,1 \cdot 0,7 \cdot 300 = 4,2 \text{ т/ч.}$$

Для лучшей очистки при движении по очищающей поверхности клубням оказывается дополнительное сопротивление перемещению (в большинстве случаев прорезиненным покрытием). Скорость движения клубней по очищающей поверхности равна

$$v_{\text{к}} = \frac{\pi n}{30} R \eta (i / \tilde{n}), \quad (2)$$

где η – коэффициент буксования клубня, ($\eta = 0,5$);

n – частота вращения вальцов, с⁻¹;

R – радиус вальца, м.

Следовательно, частота вращения вальцов будет равна

$$n = \frac{v_e 30}{\pi R \eta} \text{ (} \hat{i} \acute{a} / \hat{i} \grave{e} \hat{i} \text{)}.$$

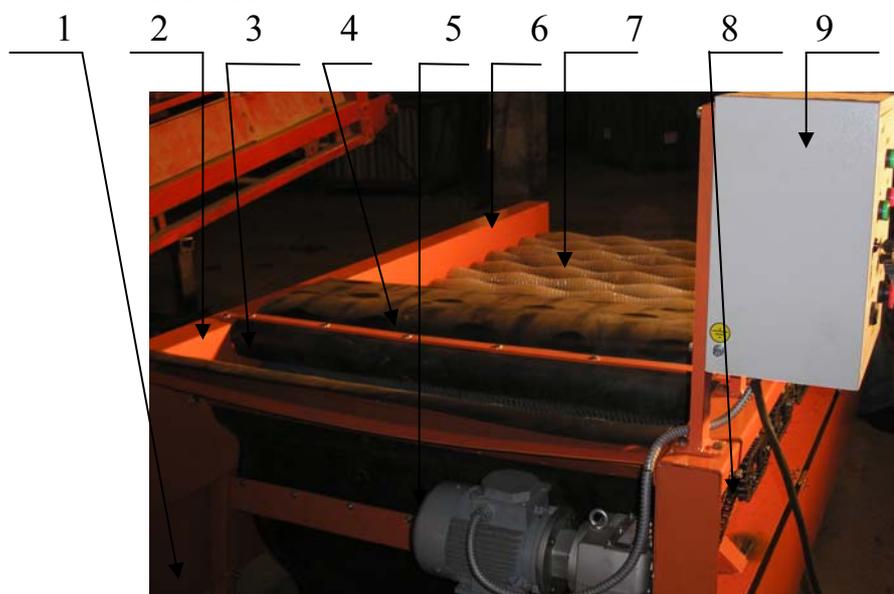
Минимальная скорость движения продукта по очищающей поверхности равна

$$v_e = 0,1 \hat{i} / \hat{n}.$$

Так как радиус вальца $R = 0,05$ м, то минимальная частота вращения вальцов должна быть:

$$n = \frac{0,1 \times 30}{3,14 \times 0,05 \times 0,5} = 40 \hat{i} \acute{a} / \hat{i} \grave{e} \hat{i}.$$

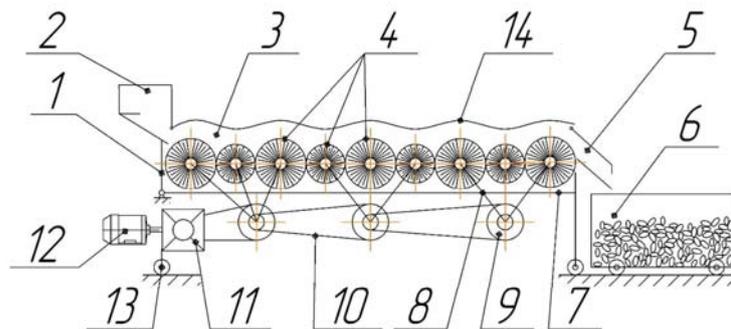
В настоящее время наиболее перспективным способом очистки картофеля перед реализацией является сухой. Все обоснованные параметры устройства для сухой очистки картофеля реализованы в машине для сухой очистки картофеля МСОК-5 (рисунок 79), разработанной в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства».



- 1 – опорная стойка; 2 – колесо; 3 – загрузочный бункер;
4 – прорезиненное полотно; 5 – электродвигатель; 6 – рама;
7 – вальцы; 8 – приводные звездочки; 9 – пульт управления

Рисунок 79 – Общий вид машины для сухой очистки картофеля (МСОК-5)

Впервые для данного типа машин в качестве рабочего органа для очистки клубней использован щеточный аппарат. Устройство непрерывного действия для сухой очистки картофеля показано на рисунке 79.



1 – корпус; 2 – загрузочная воронка; 3 – рабочая камера; 4 – рабочие органы (валцы); 5 – разгрузочная воронка; 6 – емкость; 7 – перфорированное днище; 8, 10 – цепная передача; 9 – звездочка; 11 – редуктор; 12 – электродвигатель; 13 – передвижные опоры; 14 – полотно

Рисунок 80 – Схема устройства для сухой очистки товарного картофеля непрерывного действия

Принцип работы устройства непрерывного действия для сухой очистки картофеля заключается в следующем. Через загрузочную воронку 2 картофель непрерывно поступает в рабочую камеру 3 и при вращении валиков начинает перемещаться в продольном направлении к разгрузочной воронке 5. Одновременно клубни картофеля, благодаря волнообразной форме валцов, получают вращательное движение как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости. С целью повышения эффективности процесса очистки движущийся поток клубней сверху накрывается прорезиненным полотном 14, которое своей массой создает дополнительную вертикальную нагрузку, позволяющую прижимать клубни к нейлоновым щеткам валцов. Очищенный таким образом картофель автоматически выгружается в сборную емкость 6, а примеси в виде комков земли удаляются через сетку 7 из рабочей камеры машины.

Новая машина для сухой очистки картофеля МСОК-5, разработанная в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», обладает высокой производительностью (до 5 т/ч), низкой энергоемкостью (удельный расход электроэнергии 0,3 кВт/ч при установленной мощности 1,5 кВт/ч), малогабаритна (длина – не более 2760 мм, ширина – 1510, высота – 1460 мм). Мобильность машины позволяет легко доставить ее в любой пункт доработки картофеля.

Заключение

Описанный технологический процесс машины для сухой очистки картофеля марки МСОК-5 положен в основу разработки РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». Потребность в таких машинах для хозяйств Республики Беларусь оценивается в 500 штук, для стран СНГ – в 1000 штук.

Производственное внедрение МСОК-5 в ЗАО «Толочинский консервный завод», на экспериментальной базе «Заерье» Пуховичского района Минской области показало, что технологический процесс по очистке картофеля выполняется успешно. Картофель, очищенный машиной для сухой очистки картофеля

ля с профилированными вальцами МСОК-5, реализуется лучше, чем неочищенный.

Выводы

1. Применение в технологическом процессе сухой очистки картофеля профилированных щеточных рабочих органов в комбинации с устройством типа роликового конвейера позволяет существенно повысить производительность оборудования при обеспечении требуемого качества очистки.

2. Разработанная с использованием нового технологического процесса машина МСОК-5 показала хорошие результаты при внедрении в производство.

09.07.10.

Литература

1. Шпаар, Д. Картофель / Д. Шпаар [и др.]; под ред. Д. Шпаара. – Торжок: ООО «Вариант», 2004. – 466 с.

2. Бандысев, С.А. Факторы прибыльного картофелеводства / С.А. Бандысев // Белорусское сельское хозяйство. – 2003. – № 1. – С. 10-13.

УДК 631.358.635.34

А.А. Апанович, А.Л. Рапинчук
(*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации
сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь*)

СОВРЕМЕННЫЕ КАПУСТОУБОРОЧНЫЕ КОМБАЙНЫ

Введение

На сегодняшний момент низкий уровень механизированных работ при уборке капусты объясняется высокой стоимостью импортных машин, отсутствием сортов, пригодных для машинной уборки, и «нетехнологичностью» капусты. Капуста – «нежный» овощ, поэтому если кочаны убираются на хранение с использованием механических средств, то обязательна их ручная укладка в контейнеры сразу же после выхода с элеватора, а если во время уборки кочаны в поле загружаются навальным способом, то они, как правило, идут только на переработку. В связи с отсутствием механизированных средств в республике как в конце XX в. – начале XXI в., так и в настоящее время, в фермерских хозяйствах и в крупных специализированных хозяйствах для уборки капусты привлекаются работники хозяйства (вплоть до управленческого персонала) и наемные рабочие.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований являлись средства механизации, которые участвуют в механизированном процессе уборки капусты. Исследовались технологические принципы, конструкции машин с позиции качества и эффективности выполнения технологического процесса. Исходные дан-

ные получены в процессе патентного поиска, на основании материалов, изложенных в специализированной литературе, в Интернет-источниках.

Результаты исследований

Современные требования к уборочному процессу должны базироваться на принципах уменьшения всех видов затрат на единицу товарной продукции, позволяющих обеспечивать переработку, хранение и реализацию готового продукта с минимальными потерями и затратами. Современный подход к уборке капусты должен позволять получать доработанную, товарного вида продукцию прямо в поле от комбайна, с исключением технологической операции по доработке капусты на стационарном пункте. При этом сокращаются затраты на приобретение, монтаж и эксплуатацию пункта по доработке продукции. Исключаются затраты на вывоз отходов.

На постсоветском пространстве из современных капустоуборочных машин стоит выделить модернизированный комбайн УКМ-2Л (рисунок 81) – улучшенную копию полуприцепного комбайна УКМ-2, разработанного в 70-х годах XX века. Он предназначен для уборки двух рядков капусты кочанной, возделываемой на междурядьях 70 см. Агрегируется с тракторами тягового класса 1,4. Работы по разработке капустоуборочного комбайна УКМ-2Л проводились в рамках союзной программы «Повышение эффективности производства и переработки плодово-овощной продукции на основе прогрессивных технологий и техники на 2005–2008 годы». В процессе детального изучения конструкции опытного образца капустоуборочного комбайна УКМ-2Л были выявлены основные отличия его от базовой машины: конструкция гидравлической системы управления рабочими органами, наличие выгрузного транспортера и дочищающего механизма. Теоретическая оценка вышеизложенных изменений положительная, а их введение востребовано [1, 2, 3]. Однако проведенные испытания комбайна показали, что машина работоспособна в случае выполнения ряда условий, не позволяющих объективно утверждать о целесообразности ее дальнейшей эксплуатации. В частности, это касается агрофона (влажности почвы, выравнивания рядков, разновеликой размерности кочанов, высоты стояния и наклона кочана относительно почвы и оси рядка, засоренности поля), ухудшение тех или иных показателей которого не позволит эффективно эксплуатировать комбайн.



Рисунок 81 – Капустоуборочный комбайн УКМ-2Л

Из зарубежных машин нужно отметить образцы датской фирмы «Asa-Lift», которая является ведущим производителем в Европе машин для уборки овощных культур. Для уборки капусты фирма «Asa-Lift» предлагает ряд навесных и полунавесных комбайнов с различной комплектацией сменными рабочими органами.

Навесные капустоуборочные комбайны «Asa-Lift» выпускаются в двух модификациях: элеваторного типа и с площадкой для контейнеров (рисунок 82). Комбайн состоит из двух секций: подборщика с системой очистки и выгрузного элеватора или площадки для контейнеров.

Дальнейшее развитие машины для уборки капусты фирмы «Asa-Lift» отразилось в полунавесном комбайне ТК-1000.



Рисунок 82 – Навесной капустоуборочный комбайн МК-1000 с площадкой для контейнеров

Бункерный вариант комбайна ТК-140В (рисунок 83) позволяет производить накопление убранных кочанов в бункер емкостью 5 м^3 .



Рисунок 83 – Полунавесной капустоуборочный комбайн ТК-140В

Из полунавесных капустоуборочных комбайнов фирмы «Аsa-Lift» стоит выделить двухрядный комбайн ТК-2000 (рисунок 84) с выгрузным транспортером [4]. Производительность вышеуказанных датских одно-рядных машин составляет до 0,21 га/ч.



Рисунок 84 – Полунавесной капустоуборочный комбайн ТК-2000

Голландские и бельгийские производители овощеуборочных машин также предлагают широкий ряд машин от транспортеров до самоходных комбайнов (рисунок 85).



Рисунок 85 – Самоходный комбайн Ploeger KS-4R

Среди самоходных машин следует выделить четырехрядный комбайн для уборки капусты Ploeger KS-4R. Машина убирает 4 ряда капусты средних и поздних сортов, посаженных с междурядьями 70 см и больше. Вращающиеся шнеки подъемно-направляющего механизма подводят к режущему аппарату кочаны, которые сверху прижимаются прорезиненным транспортером и после срезки вместе с листьями транспортером передаются на листоотделитель, от которого свободные листья сбрасываются в поле. Кочаны элеватором подаются на воздушную очистку, далее поступают на инспекционный стол для отделения вручную незрелых и поврежденных листьев, а затем подаются на выгрузной транспортер, который сбрасывает их в кузов прицепа [5].

Заключение

1. Актуальной проблемой является обеспечение капустопроизводящих хозяйств республики агрегатами с эксплуатационными и технологическими параметрами на уровне современных европейских образцов, позволяющими снизить эксплуатационные и приведенные затраты.

2. Переход от ручной к машинной уборке капусты в Республике Беларусь осуществляется медленно. Имеется существенная причина, сдерживающая этот процесс – отсутствие хозяйств, выращивающих капусту именно для уборки механизированным способом.

12.05.10.

Литература

1. Алатырев, С.С. Адаптация капустоуборочной машины к изменяющимся хозяйственным условиям / С.С. Алатырев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2004. – №12. – С. 16-17.
2. Новые технологии и техническое средство для уборки капусты / С.С. Алатырев [и др.] // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2008. – №7. – С. 16-17.
3. Алатырев, С.С. Новый срезающий аппарат для перспективных капустоуборочных машин / С.С. Алатырев, Н.Н. Тончева // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2002. – №12. – С. 9-10.
4. Портал компании «Asa-Lift» (Дания) [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: <http://www.asa-lift.com>. – Дата доступа: 25.01.2010.
5. Портал ООО «Атагосспецмаш» [Электронный ресурс]. – Киев, 2010. – Режим доступа: <http://ua.all-biz.info>. – Дата доступа: 25.01.2010.

УДК 631.365

**В.П. Чеботарев, И.В. Барановский,
С.Б. Лавор**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

А.В. Новиков

(УО «БГАТУ», г. Минск, Республика Беларусь)

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ СУШИЛОК ДЛЯ СУШКИ РУЛОНОВ ЛЬНОТРЕСТЫ

Введение

Основным способом заготовки сырья для льноперерабатывающей отрасли в Республике Беларусь является приготовление льнотресты естественной вылежки с последующим рулонированием лент льна рулонными прессами.

Согласно технологическим требованиям, льнотреста должна закладываться на хранение при влажности до 16–18%. Но часто данное требование не выдерживается. Это может происходить по ряду причин: неблагоприятные погодные условия, сокращающие оптимальные агротехнические сроки для рулонирования льнотресты, недостаточная оснащенность сельскохозяйственных предприятий страны специальной техникой и т.д.

При неблагоприятных погодных условиях льносырье имеет влажность 19–25% (а иногда и до 35%) и в период хранения подвергается порче (прямые потери), что впоследствии ухудшает качество сырья, снижается выход длинного волокна (косвенные потери). В связи с этим назрела острая необходимость в применении машин и оборудования для сушки (досушивания) рулонов льнотресты перед закладкой их на хранение и первичной переработкой.

Сушка является основной технологической операцией по приведению льна в стойкое состояние. Только после того как из свежерулонированной льнотресты будет удалена вся избыточная влага и оно будет доведено до оптимального состояния, можно рассчитывать на последующую надежную сохранность продукции (хранение осуществляется в течение 1–8 месяцев).

Основная часть

Для сушки рулонированного материала известно более десятка патентов на различные конструкции сушилок. Проанализируем их с целью выявления достоинств и недостатков.

Сушилка для спрессованных в рулоны материалов (авт. свид. SU №1204898) предназначена для механизации процесса сушки спрессованных сельскохозяйственных материалов, таких как сено, солома, треста льняная, солома льняная и др. Она состоит из (рисунок 86): общей камеры 1, гибких сушильных секций 2, теплогенератора 3, перегородки 4, раздающего коллектора 5, полки 6 и окна 7. Уплотнение стенок сушильных секций 2 и рулона материала происходит за счет давления, создаваемого вентилятором теплогенератора в раздающем коллекторе 5. Рулоны сушатся все вместе одним теплогенератором

ВПТ-600. Теплоноситель через коллектор 5 и окна 7 распределяется по горизонтально расположенным рулонам вдоль стеблей.

К достоинствам данной сушилки следует отнести:

- простоту конструкции;
- малые габаритные размеры и массу сушилки, способность одновременно сушить до 20...24 рулонов;
- низкие трудозатраты при обслуживании установки, так как загрузка и разгрузка осуществляется с помощью фронтального погрузчика.

В качестве недостатков можно выделить:

- сушилка может работать только при условии загрузки всех сушильных секций;

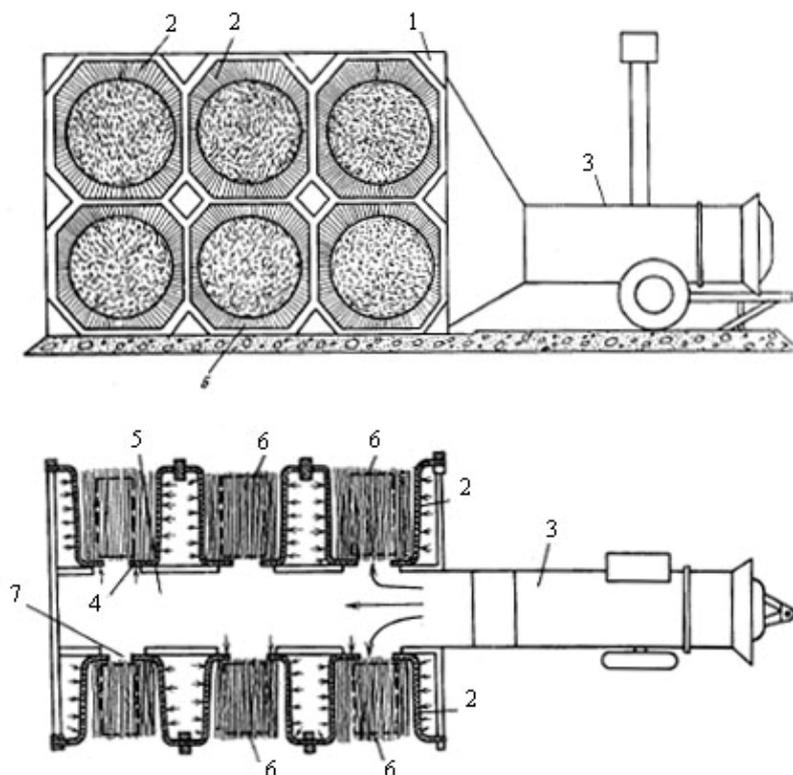


Рисунок 86 – Сушилка для спрессованных в рулоны материалов (авт. свид. SU №1204898).

- так как рулоны отличаются друг от друга по влажности, то возможно недосушивание одних и пересушивание других рулонов, которое негативно скажется на качестве сырья;

- из-за горизонтального размещения рулонов не рекомендуется сушка льнотресты с неочесанными коробочками, так как семена могут высыпаться из них;

- выход из строя хотя бы одного гибкого рукава приводит к остановке всей сушилки;

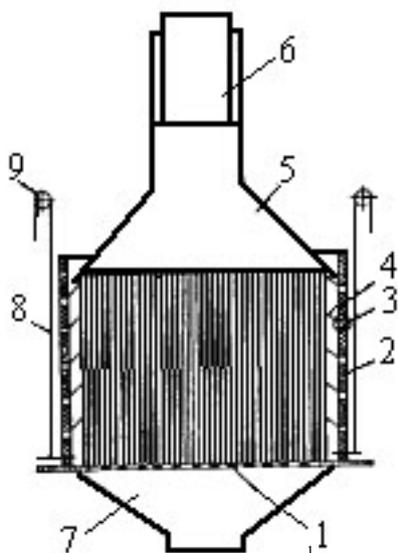
- вследствие отличия рулонов по диаметру и низкого давления в системе

может наблюдаться неполное прилегание гибких рукавов к рулону льна по диаметру и, как следствие, увеличение тепловых потерь, вплоть до прекращения процесса сушки.

Установка для сушки паковок (авт. свид. SU №1486719) предназначена для сушки паковок сена, соломы, льняной тресты и льносоломы, а также других материалов в крупных паковках. Сушилка состоит из (рисунок 87): перфорированного днища 1; подвижной цилиндрической рабочей камеры 2 со стенками из теплоизоляционного материала, по внутреннему периметру которого поперечно и равномерно по всей высоте с помощью уголков 3 закреплены под углом вверх к стенкам камеры 2 уплотнения в виде наборов сегментов 4; конического колпака 5, расположенного в верхней части и входящего внутрь камеры 2 с возможностью перемещения в вертикальном направлении; трубопровода 6, по-

дающего агент сушики; трубопровода 7, отводящего отработавший сушильный агент; механизма 8 подъема камеры 2 с тросами 9, закрепленными на упорах 10, установленных в нижней части рабочей камеры 2 над паковками 11.

Устройство работает следующим образом: на перфорированное днище 1 при поднятой камере 2 устанавливают рулон. При помощи тросовой системы 8 и 9 камера 2 одевается на рулон. По периметру камеры установлены эластичные уплотнители в виде отогнутых сегментов, исключающих возможность прохождения агента сушики вне рулона. Колпак 5 опускается на торец рулона и плотно прилегает к нему, также исключая потери. Агент сушики подается через колпак 5 внутрь камеры 2, проходя через рулон, отбирает влагу от материала и выводится наружу через перфорированное днище 1.



**Рисунок 87 – Установка для суши-
ки паковок (авт. свид. SU
№1486719)**

К достоинствам данной сушилки следует отнести:

- простоту конструкции;
- вертикальное расположение рулона, обеспечивающее возможность сушики тресты с коробочками.

Можно выделить следующие недостатки:

- тяжелая сушильная камера требует применения дополнительных устройств для ее подъема;
- применение таких эластичных отогнутых сегментов при поднятии камеры 2 может привести к порче коробочек, а при опускании будет наблюдаться сминание стеблей льнотресты;
- обеспечивает сушку только одного рулона.

Сушилка для рулонов сельскохозяйственных культур (авт. свид. SU №1606006) предназначена для сушики сена, тресты и льносоломы, спрессованных в рулоны. Она состоит из (рисунок 88): сушильной камеры 2 с источниками тепла, вентиляторов 4, соединенных с воздухопроводным каналом 5 через рециркуляционные тройники 6; выдвижных вагонеток 1 для установки в них рулонов, выдвижные вагонетки имеют механизмы 14 подъема эластичных рукавов, которые соединены посредством регулируемых заслонок 11 с воздухопроводами 9, размещенными над каждым рядом рулонов, расположенных вертикально.

Сушилка работает следующим образом: посредством привода 18 выдвигают вагонетку 1 наружу. Затем подъемным механизмом 14 посредством рамы 13 поднимают все рукава 10 с кольцами 12 в крайнее верхнее положение. Далее рулоны перегружают погрузчиком на вагонетку 1 вертикально. Затем опускается рама 13 с кольцами 12 и эластичными рукавами 10, которые надеваются на рулон. Далее включают привод 18, и вагонетка 1 по рельсам въезжает в су-

шилую камеру 2, стыкуется с двумя вентиляторами 4, а именно с их всасывающими патрубками и стыковочными устройствами 15 и 17. Потом воздух проходит в их осевом направлении.

К достоинствам данной сушилки следует отнести:

- возможность одновременной независимой сушки нескольких рулонов льнотресты;
- полную механизацию процесса загрузки, сушки и выгрузки;
- вертикальное расположение рулона, обеспечивающее возможность сушки с коробочками;
- крытое исполнение, а также применение легких гибких элементов.

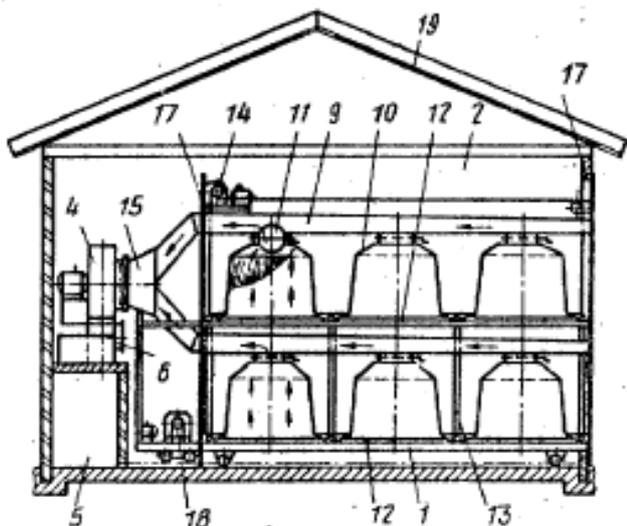


Рисунок 88 – Сушилка для рулонов сельскохозяйственных культур (авт. свид. SU №1606006)

В качестве недостатков можно выделить:

- большую массу сушилки, обусловленную громоздкой системой механизации загрузки и выгрузки;
- отбор влаги из материала происходит путем разрежения воздуха в сушильной камере вытягивающим вентилятором, а это более энергоемко в сравнении с нагнетанием;
- неравномерная сушка материала в поперечном слое материала (в периферийной части скорость движения агента сушки меньше, чем в сердцевине (центральной части) рулона).

Сушилка для рулонов сельскохозяйственных культур (авт. свид. UA №22518) предназначена для сушки спрессованных цилиндрических сельскохозяйственных материалов, таких как сено, солома, треста льняная, солома льняная и др. Она состоит из (рисунок 89) опор 1 сушильной камеры, корпус которой включает неподвижный сегмент полого цилиндра 2 и установленный внутри него подвижный сегмент 3 с возможностью вращательного перемещения в первом. Торцы сушильной камеры снабжены крышками 4 и 5, причем крышка 4 изготовлена глухой, а в крышке 5 находится центральное отверстие с патрубком 6 для подсоединения к подающему вентилятору. Кроме того, сушилка содержит гибкий рукав 7, стыковочное устройство 8 для герметичного подсоединения ко второму всасывающему вентилятору, трубы 9, коллекторы 10 и 11, полозья 12 с выдвигаемыми дугообразными патрубками 13 для крепления рулонов, уплотнительные накладки 14 и настил 15.

Сушилка работает следующим образом: рулон по настилу 15 попадает в сушильную камеру, при этом подвижный сегмент 3 полого цилиндра устанавливается внутри неподвижного сегмента 2 корпуса сушилки так, чтобы открылось загрузочное отверстие. Далее сушильную камеру закрывают подвижным сегментом 3 и включают вентиляторы воздухораспределительной системы. Поступая внутрь сушильной камеры через отверстие в торцевой крышке 5, воздух

попадает в осевой канал рулона, а через перфорацию труб 9 и коллекторы 10, 11 отсасывается всасывающим вентилятором, при этом он проходит через толщину рулона.

К достоинствам данной сушилки следует отнести малые габаритные размеры и массу сушилки.

К недостаткам можно отнести:

- сложную систему герметизации, расположения рулона в камере и загрузки/разгрузки;

- из-за несоосности входного и вытягивающих отверстий сушильной камеры не обеспечивается равномерность сушки льнотресты в поперечном слое рулона по длине;

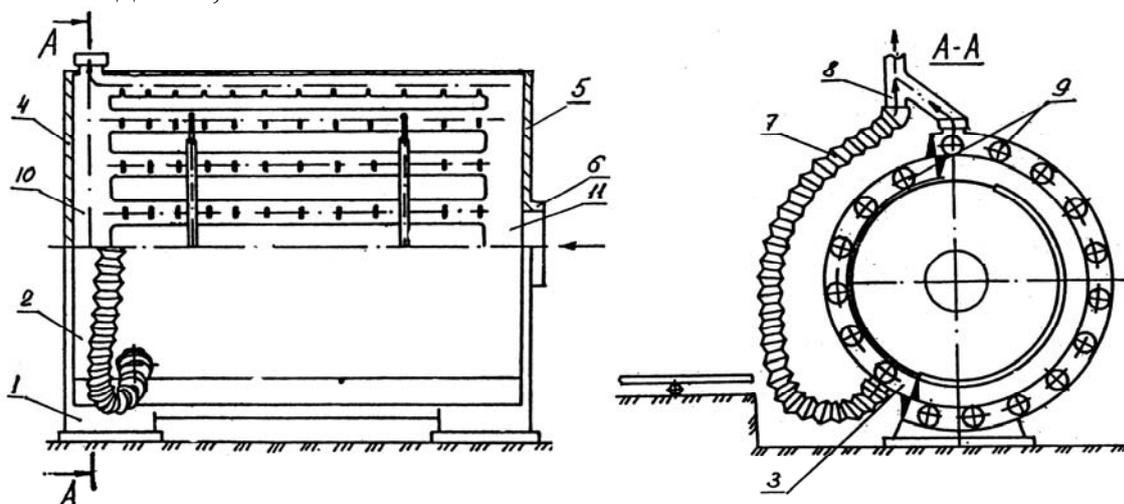


Рисунок 89 – Сушилка для рулонов сельскохозяйственных культур (авт. свид. UA №22518)

- из-за горизонтального размещения рулонов не допускается сушка льнотресты с неочесанными коробочками, так как семена могут высыпаться из них;

- при сушке двух и более рулонов, отличающихся друг от друга по влажности, возможно недосушивание одних и пересушивание других, что в итоге негативно скажется на качестве сырья;

- большие трудозатраты при загрузке и разгрузке сушилки, так как этот процесс не механизирован.

Сушилка рулонов сельскохозяйственных культур (авт. свид. SU №1690607) предназначена для сушки сеносоломистых материалов, льносоломы и тресты льна. Она состоит из (рисунок 90) фундамента 1, на котором установлен коллектор 2 в виде круглой платформы с приводом вращения, имеющий сетчатое дно 3 с уплотнителями 4. Над днищами 3 установлены нижние и верхние конусообразные насадки 5, между которыми устанавливают рулоны 6. Верхние конусообразные насадки имеют обращенные вниз полые конусные штыри 7 с прорезями и посредством гибких трубопроводов 8 присоединены к вакуумному коллектору 9, соединенному с вакуумным насосом 10, приводимым в действие от электромотора 11. Конусообразные насадки 5 связаны с ме-

ханизмом подъема и опускания 12. Через индивидуальные клапаны 14 теплоноситель от теплогенератора 13 подается в вертикально расположенные рулоны.

Сушилка работает следующим образом: агент сушки от теплогенератора 13 по коллектору 2 подается к рулонированному материалу. Затем через сетчатое дно и штыри 7 поступает в рулон. Далее вакуумная установка 10 с электроприводом 11 отсасывает влажный воздух из рулона через штыри 7 посредством индивидуальных клапанов 14 и коллектора 9.

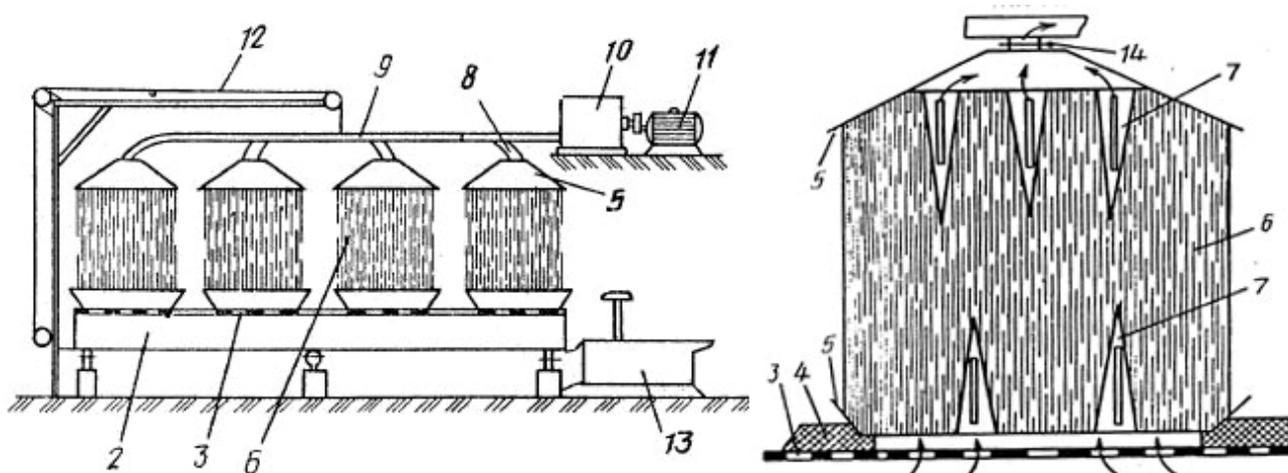


Рисунок 90 – Сушилка рулонов сельскохозяйственных культур (авт. свид. SU №1690607).

К достоинствам данной сушилки следует отнести:

- возможность одновременной независимой сушки нескольких рулонов льнотресты;
- вертикальное расположение рулона, обеспечивающее возможность сушки с коробочками;
- малые габаритные размеры и массу сушилки.

Среди недостатков можно выделить:

- неравномерную сушку льнотресты в поперечном слое материала и высокую энергоемкость процесса (движение агента сушки организовано так, что он проходит, в основном, от торцевой части рулона к его наружной поверхности, не достигая центра);
- штыри 7, внедряясь внутрь рулона, могут нарушать его структуру и привести в конечном итоге к разрыву слоя льна.

Выводы

Исходя из приведенного выше, для получения высококачественного льноволокна следует направить усилия на снижение неравномерности и времени сушки, а также обеспечить независимую сушку более двух рулонов.

С этой целью в настоящее время в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработана экспериментальная установка (рисунок 91), которая состоит из следующих основных узлов и агрегатов: теплогенератора 1 с возможностью регулировки температуры, начального давления и расхода агента сушки, сети воздухопроводов 2 с системой регулирующих 3 и перекрываю-

щих клапанов 4, вытяжного центробежного вентилятора 5, а также сушильной камеры. Вентилятор центробежный 5 создает разрежение с противоположной от теплогенератора 1 стороны. Это необходимо для отвода влажного нагретого воздуха из рулона и частичного его охлаждения. Заслонки 3 дают возможность регулировать расход нагретого воздуха и реверсировать направление его движения, а заслонки 4 перекрывают доступ агента сушки в сушильное отделение, то есть позволяют одновременно сушить одни рулоны и устанавливать/демонтировать другие. Камера представляет собой верхний 6 и нижний 7 диффузоры, объединенные гибким воздухо- и влагонепроницаемым ПВХ материалом. На материале имеются специальные элементы для уплотнения (устранение зазора между материалом и рулоном). Сеть воздухопроводов 2 с системой клапанов 3 и 4 обеспечивает возможности многовариантной подачи агента сушки.

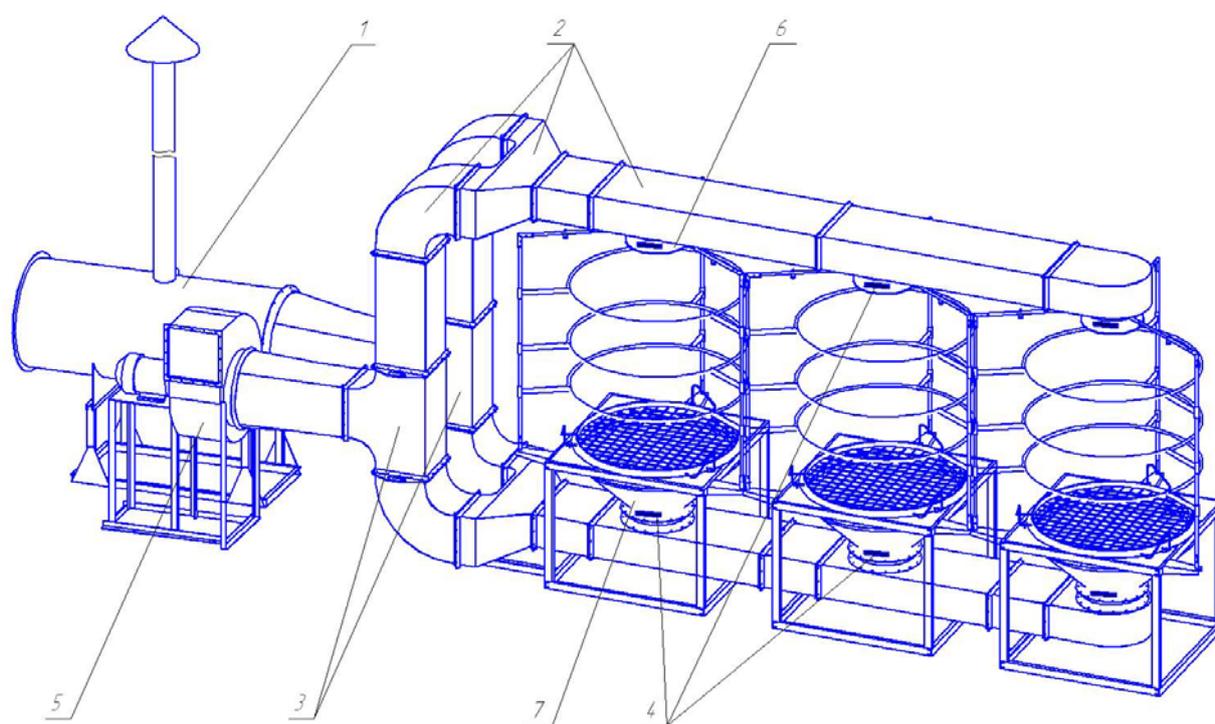


Рисунок 91 – Схема экспериментальной установки

Отличительными особенностями данной сушилки являются:

- возможность одновременной сушки нескольких рулонов разной влажности и независимо друг от друга;
- простота конструкции;
- вертикальное расположение рулона, обеспечивающее возможность сушки с коробочками;
- малый вес ввиду применения гибких ПВХ воздухопроводов;
- воздушный поток в сушилке организован так, что сушка материала происходит равномерно в поперечном сечении вдоль оси рулона, благодаря наличию фиксирующих элементов на гибком воздуховоде и решетки с ячейками, живое сечение которых уменьшается в направлении от сердцевины к наружной поверхности рулона;

– разные скорости в центральной и периферийной зонах позволяют более равномерно просушивать материал по диаметру;

– процесс погрузки/разгрузки механизирован. Данный вид работ осуществляется с помощью фронтального погрузчика со специальным устройством;

– сушилка может работать, даже если загружены не все сушильные секции, благодаря наличию заслонок на входе и выходе из сушильных камер;

– возможность реверсирования потока с целью повышения качества сушки материала, а также продувка атмосферным воздухом с отключенным теплогенератором для охлаждения материала и снятия избыточной влаги.

В настоящее время ведутся работы по монтажу сушилки в одном из хозяйств республики. После проведения исследований и анализа полученных данных будут опубликованы результаты.

15.10.10.

Литература

1. Сушилка для спрессованных в рулоны материалов: а. с. 1204898 СССР, МКИ F26 B9/06 / А.Г. Тарлецкий; ВНИИЛ. – № 3706767/24-06; заявл. 02.03.1984; опубл. 15.01.1986 // Открытия. Изобрет. / Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий. – 1986. – №2. – С. 28.

2. Установка для сушки паковок: а. с. 1486719 СССР, МКИ F26 B9/06/ А.П. Апыхин, А.Г. Селиванов, Г.М. Кагиров, Л.У. Дмитриев, Ф.П. Ермалинский, О.А. Куликовский; НИИПОЛВ, ЦНИИЛВ, Псковское спец. КБ лубяных волокон. – № 4258046/24-06; заявл. 08.06.1987; опубл. 15.06.1989 // Открытия. Изобрет. / Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий. – 1989. – №22. – С. 34.

3. Сушилка для рулонов сельскохозяйственных культур: а. с. 1606006 СССР, МКИ A01 F25/08, F26 B9/06/ Е.М. Огнев, В.И. Зеленко, А.Г. Тарлецкий; ВНИИЛ. – № 4651759/30-15; заявл. 20.02.1989; опубл. 15.11.1990 // Открытия. Изобрет. / Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий. – 1990. – №42. – С. 6.

4. Сушилка для рулонов сельскохозяйственных культур: а. с. 22518 UA, МКИ A01 F25/08./ Е.М. Кужель, В.В. Божидарник, А.В. Приймак, Д.О. Сомов, Е.В. Кужель; ЛИИ. – № 97010063; заявл. 04.01.1997; опубл. 17.03.1998. – Бюл. №3 / Государственное патентное ведомство Украины. – С. 40.

5. Сушилка рулонов сельскохозяйственных культур: а. с. 1690607 СССР, МКИ A01 F25/08./ В.Б. Ковалев, В.Б. Мелегов; НИИСХ Нечерноземной зоны УССР. – № 4686301/15; заявл. 02.03.1989; опубл. 15.11.1991 // Открытия. Изобрет. / Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий. – №42. – 1991. – С. 61.

УДК 677.051.151.2

**В.П. Чеботарев, В.М. Изойтко,
И.Е. Бобровская**
*(РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЛЬНОТРЕСТЫ

Введение

На сегодняшний день основным технологическим оборудованием для получения длинного волокна на льнозаводах республики являются мяльно-трепальные агрегаты МТА-1Л и МТА-2Л российского производства, серийно выпускаемые с начала 70-х годов прошлого века. В то же время закуплены две технологические линии аналогичного назначения производства фирмы «Van Dommele» (Бельгия), одна из которых смонтирована на ОАО «Дубровенский льнозавод», другая – на ОАО «Дворецкий льнозавод» [1, 2].

Одной из основных тенденций развития комплекса первичной переработки льна в стране является закупка современных импортных технологических линий выработки длинного льноволокна. В связи с этим вопрос целесообразности применения импортных линий в Республике Беларусь стоит достаточно остро. Целью настоящей работы являлась оценка эффективности работы технологических линий российского (МТА-1Л, МТА-2Л) и бельгийского производства на отечественном сырье.

Основная часть

Применяемый на льнозаводах Республики Беларусь мяльно-трепальный агрегат МТА-2Л (МТА-1Л) не требователен в отношении эксплуатации, обслуживания и ремонта, хорошо приспособлен к обработке сноповой тресты низкого качества. Агрегат практически не модернизировался, так как удовлетворял производство. При этом конструктивное исполнение мяльной машины агрегата было спроектировано для условий подготовки тресты к обработке путем горстевой сортировки, а подача ее при помощи ручных операций осуществлялась с определенным углом перекоса [3]. Рулонное приготовление тресты значительно снизило эффективность работы таких машин.

Конструкция мяльно-трепального агрегата фирмы «Van Dommele» (рисунок 92) предусматривает по две секции на отдельную обработку комлевой и верхушечной частей слоя льна в мяльной и трепальной машинах. Конструктивно-технологическая схема оборудования позволяет сохранять высокую скорость обработки тресты при минимальной интенсивности воздействия на сырье. Повышению производительности способствует оптимизация технологических параметров машин перерабатывающей линии, объединенных единой системой микропроцессорного управления. Системы аспирации и пневмотранспорта также рассчитаны на высокую производительность линий. Встроенные конденсоры позволяют упорядочить воздушные потоки, что снижает общее

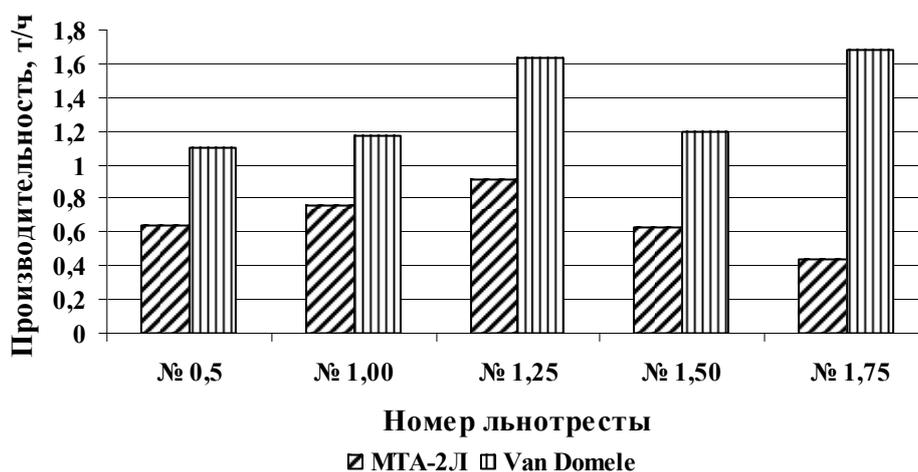
энергопотребление. Линии укомплектованы системой семяотделения и очистки.



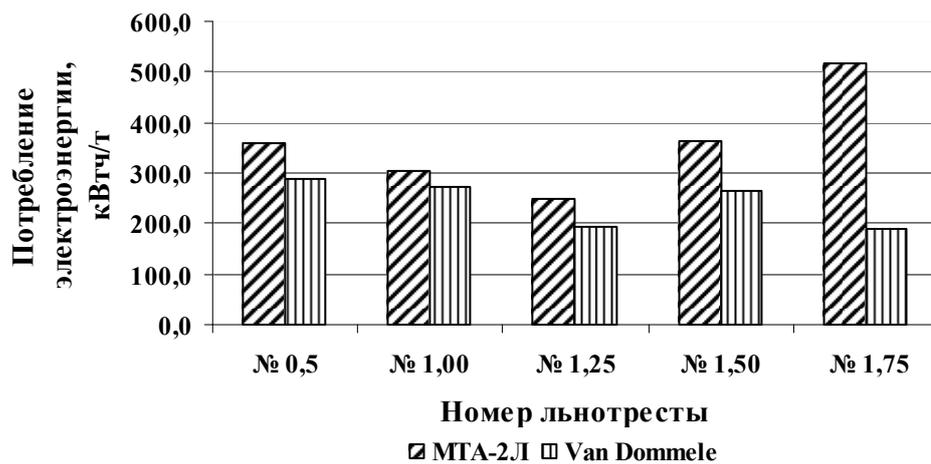
Рисунок 92 – Технологическая линия выработки длинного льноволокна «Van Dommele» на ОАО «Дворецкий льнозавод»

С целью определения и сравнения показателей эффективности работы технологических линий МТА-2Л и «Van Dommele» специалистами РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» совместно с представителями РО «Белагросервис» и РУП «Институт льна НАН Беларуси» на ОАО «Дубровенский льнозавод» и ОАО «Дворецкий льнозавод» в 2009 г. были проведены производственные разработки.

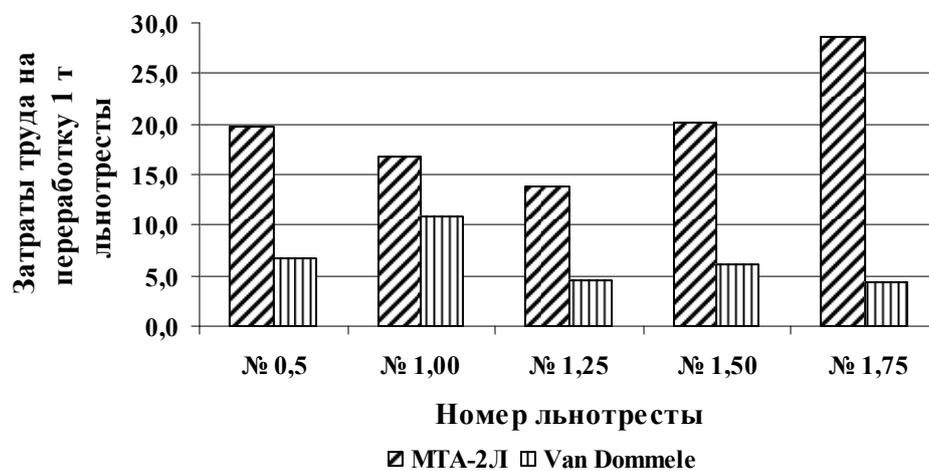
Диаграммы, построенные по результатам обработки данных [4], полученных в ходе разработок, приведены на рисунке 93 а–д.



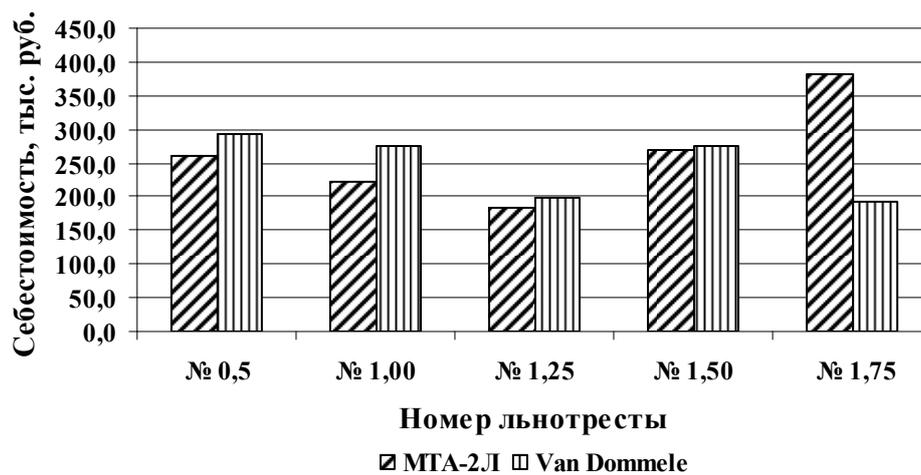
а)



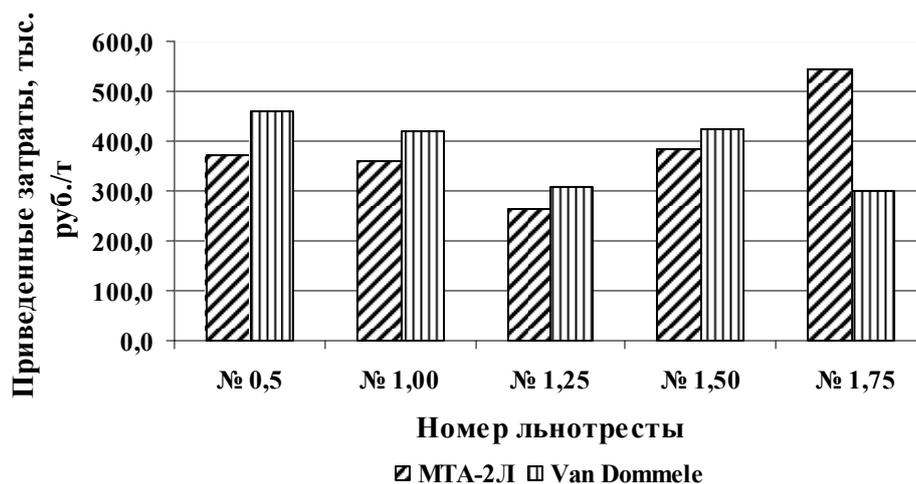
б)



в)



г)



д)

а) производительность; б) потребление электроэнергии; в) затраты труда на переработку 1 тонны тресты; г) себестоимость обработки тонны тресты;

д) приведенные затраты на обработку тонны тресты

Рисунок 93 – Показатели эффективности работы технологических линий МТА-2Л и «Van Dommele» в зависимости от номера льнотресты

Установлено, что производительность линий МТА-2Л составила, в зависимости от номера перерабатываемой тресты, 442–915 кг/ч. Наибольшая производительность линии МТА-2Л обеспечивалась при обработке тресты в диапазоне номеров от 1,0 до 1,5. Максимальная производительность была зафиксирована при переработке тресты № 1,25. Соответственно, и основные показатели работы оборудования: затраты труда, расход электроэнергии, общая себестоимость переработки и приведенные затраты на одну тонну переработанной тресты, на № 1,25 оказались минимальными.

Производительность линий «Van Dommele» составила 1096–1680 кг/ч. Наибольшая производительность линии «Van Dommele» была зафиксирована при переработке тресты № 1,75. Затраты труда, электроэнергии, общая себестоимость переработки и приведенные затраты на одну тонну переработанной тресты на № 1,75 оказались минимальными.

Провести оценку работы линий на высокосортной тресте номера более 1,75 не представлялось возможным в связи с отсутствием соответствующих заготовок.

В результате сравнения полученных показателей работы мяльно-трепального агрегата МТА-2Л и линии «Van Dommele» было установлено следующее:

- фактическая производительность линии «Van Dommele» на всех видах тресты более высокая;

- удельные затраты труда и электроэнергии на обработку тресты всех использованных в разработках номеров на линии «Van Dommele» значительно меньше, чем на МТА-2Л;

- себестоимость и приведенные затраты на переработку тресты номеров 0,5–1,25 на линии «Van Dommele» выше аналогичных показателей линии МТА-

2Л на 15–25%; лишь при повышении качества тресты до номера 1,75 отмечается снижение этих показателей в сравнении с линией МТА-2Л.

Заключение

Расчеты показывают: высокое качество исходного сырья является определяющим показателем для обеспечения экономической эффективности работы импортных линий переработки льнотресты фирмы «Van Dommele». Рентабельность льноперерабатывающих предприятий с такими импортными линиями может быть обеспечена только при переработке на линии в год не менее 6000 тонн тресты номером 1,5 и выше.

При переоснащении льнозаводов современными линиями переработки льнотресты стоимость оборудования может быть снижена за счет применения отечественных машин и закупки отдельных наиболее сложных высокотехнологичных машин за рубежом.

01.06.10.

Литература

1. Бобровская, И.Е. Анализ процессов технологических линий «Van Dommele» и МТА-2Л / И.Е. Бобровская, В.А. Лазюк, А.Е. Лукомский // Молодежь и инновации–2009: материалы междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Горки, 3–5 июня 2009 г.: в 2 ч. / БГСХА. – Горки, 2009. – Ч. 2. – С. 20-23.
2. Государственная программа возрождения и развития села на 2005–2010 годы. – Минск: РУП «Издательство «Беларусь», 2005.
3. Справочник по заводской первичной переработке льна / Под общ. ред. В.Н. Храмцова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 512 с.
4. Сельскохозяйственная техника. Методы экономической оценки. Порядок определения показателей: ТКП 151–2008 (02150). – Введ. 01.02.2009. – Минск: Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, 2009. – 20 с.

УДК 677.1.021

В.М. Науменко

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»),
г. Минск, Республика Беларусь)*

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ И РАЗРАБОТКА УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ СЛОЕФОРМИРУЮЩЕЙ МАШИНЫ ДЛЯ ЛЬНОТРЕСТЫ

Введение

Увеличение выхода длинного льноволокна на мяльно-трепальных агрегатах во многом зависит от первой технологической операции – формирования качественного слоя льнотресты перед его дальнейшей обработкой. Это определяется несколькими факторами. Во-первых, должен быть сформирован непрерывный и одинаковой толщины слой. При наличии неравномерности по толщине и разрывов в слое снижается эффективность процесса мятья и трепания из-за слабого зажима в местах перехода слоя от толстого к тонкому, а также из-за необходимости увеличения числа воздействий на материал рабочих органов трепальной машины за счет увеличения оборотов трепальных барабанов или снижения скорости передвижения материала.

Во-вторых, для обеспечения надежного зажима материала необходимо формировать слой, в котором стебли располагаются перпендикулярно зажимно-

транспортирующему механизму трепальной машины. Однако качественного промина такого слоя в существующих мяльных машинах не происходит, так как основное количество валцов имеет продольные рифли, совпадающие с направлением расположения стеблей. Перекос слоя в слоеформирующей машине с целью подачи его под углом в мяльную машину к положительным результатам не приводит. Более целесообразно образование несильно выраженной сетки из стеблей льнотресты в процессе их утонения. При этом процесс мятья осуществляется достаточно эффективно, а также соблюдаются условия попадания подавляющего большинства промятых стеблей в зажимно-транспортирующий механизм трепальной машины, что способствует увеличению выхода длинного льноволокна.

Выполнение указанных выше требований к слою стеблей льнотресты и является задачей слоеформирующей машины.

Исследование рабочих органов и компоновка слоеформирующей машины

Принцип действия всех слоеформирующих машин (питателей) основан на растяжении (утонении) толстого слоя стеблей льнотресты зубчатыми дисками, вращающимися с увеличивающейся линейной (окружной) скоростью от начала процесса утонения к его концу.

Диски, с впадин между зубьями которых отбирается материал (стебли льнотресты), называют питающими, а последующие, вращающиеся с большей скоростью – утоняющими.

Места пересечения зубчатых дисков, то есть места деления материала на более мелкие порции, называют узлами или зонами утонения.

Отношение линейных скоростей утоняющего диска к питающему называют коэффициентом или степенью утонения, то есть:

$$i = \frac{ПД_2 n_2}{ПД_1 n_1},$$

где i – коэффициент утонения;

$Д_1$ и $Д_2$ – диаметры питающего и утоняющего дисков;

n_1 и n_2 – частота вращения питающего и утоняющего дисков.

Толщина сформированного слоя льнотресты по весу на выходе из питателя должна быть, в зависимости от ее качества, 250–350 граммов на погонный метр. Это необходимо для того, чтобы нижний прямоугольный ремень вместе с промятыми стеблями льнотресты (сырцом) полностью входил в паз фасонного ремня зажимно-транспортирующего механизма и надежно там его удерживал в процессе обработки. Если это условие нарушается, волокно выдергивается трепальными барабанами, а иногда сам прямоугольный ремень затаскивается в щель русла, по которому двигается, повреждаясь при этом трепальными барабанами, вплоть до разрушения.

Зубчатые диски разных слоеформирующих машин имеют различный угол наклона зубьев – по ходу или против движения материала.

При выборе этого параметра руководствуются условиями или наилучшего прокалывания слоя стеблей, или схода стеблей без затягивания на диски при переходе с одного зубчатого диска на другой.

На всех слоеформирующих машинах, производившихся ранее и работающих в настоящее время, на приводных валах расположено по одному или два

зубчатых диска, то есть растягивание материала осуществляется по одной или двум линиям утонения.

На абсолютно ровном, неперепутанном слое, с прямыми жесткими стеблями наиболее предпочтительны питатели с одной линией утонения, так как меньше вероятность образования сетки. Однако такое сырье практически отсутствует. Даже в местах зажима ремнями льнокомбайнов стеблей в процессе тербления в них теряется упругость. Становится невозможным перемещение стеблей зубчатыми дисками с одной линией утонения без их подковообразного изгиба и смещения в ту или другую сторону. В результате не все стебли попадают под зажим конвейерных ремней мяльно-трепального агрегата и выход длинного льноволокна значительно уменьшается.

Зубчатые диски могут быть с верхним и нижним расположением по отношению к плоскости стола, по которому движется материал.

Как показала практика, предпочтительно верхнее расположение зубчатых дисков, так как это дает возможность доступа для удаления забивок и намотов на зубчатые диски и валы питателя в случае их образования, а также делает машину более ремонтпригодной. При нижнем расположении зубчатых дисков все вышеупомянутые работы становятся проблематичными.

Все марки слоеформирующих машин, применяемые ранее и в настоящее время, были предназначены для формирования слоя из снопов льнотресты, первоначальная высота которого на конвейерном столе при распластывании снопов вручную составляла 80–120 мм. В связи с этим линейная (окружная) скорость первых приемных зубчатых дисков была незначительной, в пределах 6–8 м/мин., а площадь впадин между их зубьями для размещения материала – большая, поэтому все они имели высокую общую степень утонения, которая доходила до 10–14 раз. Соответственно, большая вытяжка была и по отдельным зонам утонения, то есть отбор стеблей льна зубьями утоняющих дисков с впадин между зубьями питающих происходил несколькими малыми порциями. Некоторые впадины не заполнялись материалом полностью, так как отсекаемые площади перекрывались боковыми поверхностями зубьев питающих дисков. Эта неравномерность отсекаемых порций стеблей в последующих зонах утонения еще больше усугублялась, так как описанное выше повторялось. Все это приводило к значительной неравномерности слоя стеблей льна по толщине и плотности.

Для получения равномерного и непрерывного слоя льнотресты заданной толщины и плотности необходимо соблюдение следующих технологических условий:

- обеспечение полного заполнения материалом впадин между зубьями первых приемных дисков;

- соблюдение суммарной площади впадин последующих дисков, которая с учетом коэффициентов утонения должна быть на 10–15 процентов больше предыдущих, с целью обеспечения процесса утонения льнотресты без излишнего сжатия стеблей в их впадинах между зубьями при увеличении скоростей передвижения материала от зоны к зоне утонения;

- деление порций стеблей, находящихся во впадинах между зубьями дисков, на две равные части.

В то же время для выполнения необходимых технологических условий должна быть создана машина с такими конструктивными решениями, которые бы обеспечивали их выполнение.

Поскольку в настоящее время используется механизированная уборка льнотресты рулонными пресс-подборщиками, при размотке рулонов на льнозаводах, особенно с проложенным между слоями шпагатом, толщина слоя на конвейерном столе слоеформирующей машины незначительна. Скорость размотки, а соответственно и скорость движения слоя, легко регулируется частотными преобразователями тока. Благодаря этому отпала необходимость многократной вытяжки слоя и коэффициент утонения может быть значительно меньшим. Появилась возможность применить условие деления материала во впадинах между зубьями дисков на две равные части и соблюсти скорость движения сформированного слоя льнотресты на выходе из машины, сопоставимую со средней скоростью движения материала в мяльной машине.

Дозирующе-рыхлительный механизм. При формировании рулона в поле он совершает в камере прессования, в зависимости от урожайности льна, а соответственно и толщины подбираемой ленты, от 50 до 100 оборотов в минуту. При этом треста в торцах рулона, особенно в комлевой части, в результате трения о боковые стенки камеры пресса обескостривается и сплетается между собой с образованием жгутов.

Размотка таких рулонов, особенно без прокладки шпагата, проблематична, а слой, поступающий на конвейерный стол слоеформирующей машины и далее в ее утоняющий аппарат, невозможно качественно сформировать до необходимых параметров по толщине и плотности. В этом случае происходит растягивание средней части, а спутанные между собой комли и вершины стеблей загигаются назад, происходит хаотичный разрыв слоя в комлевой и вершинной частях потока, перекося его в ту или иную сторону, а лента на выходе из машины получается с разрывами, утолщениями и загнутыми концами к середине по ходу движения материала.

Рабочие, стоящие у конвейерного стола, не в состоянии осуществить предварительное рыхление слоя вручную, так как, захватывая руками горсти стеблей в середине их длины, невозможно с одной точки растянуть их в поперечном направлении так, чтобы нарушились связи между стеблями тресты по всей ширине ленты.

В связи с этим возникла необходимость применения операции предварительного рыхления поступающего на переработку слоя льнотресты с нарушением связей по всей ширине потока с делением его на небольшие порции.

В качестве одного из вариантов для выполнения операции предварительного рыхления слоя льнотресты с нарушением связей по всей ширине потока стеблей, включая его вершинную и комлевою части, был принят механизм в виде двух взаимодействующих между собой в заданном режиме гребенок – удерживающей и формирующей (рисунок 94).

Формирующая гребенка 1 шарнирно соединена с рычагами 2, вторые концы которых жестко установлены на цапфах 3 и получают вращательное движение через цепную передачу 4. При этом за счет устройства 5 гребенка 1 постоянно удерживается зубьями, направленными в сторону конвейерного стола 6,

по которому перемещается слой стеблей льнотресты. Удерживающая гребенка 7 жестко закреплена на концах рычагов 8, вторые концы которых шарнирно установлены на осях 9 и через ролики 10 получают воздействие на подъем от кулачков 11. Под собственным весом и усилием пружин 12 она опускается вниз, копируя профиль кулачка, и проникает в движущийся по столу 6 слой льнотресты. У поверхности стола она приостанавливается, удерживая материал, а формирующая гребенка 1, вращаясь непрерывно, отрывает горсть льнотресты и передвигает ее к зубчатым дискам 13. При подъеме формирующей гребенки 1 одновременно с ней поднимается гребенка 7, освобождая путь продвижению сырья на освободившееся место для совершения повторного цикла и т.д.

Это устройство дает возможность осуществлять рыхление слоя льнотресты, чтобы нарушить связи по всей ширине потока стеблей, заполнять впадины между зубьями приемных дисков слоеутоняющего аппарата, а также устранять перекосы стеблей льнотресты при загрузке приемных дисков.

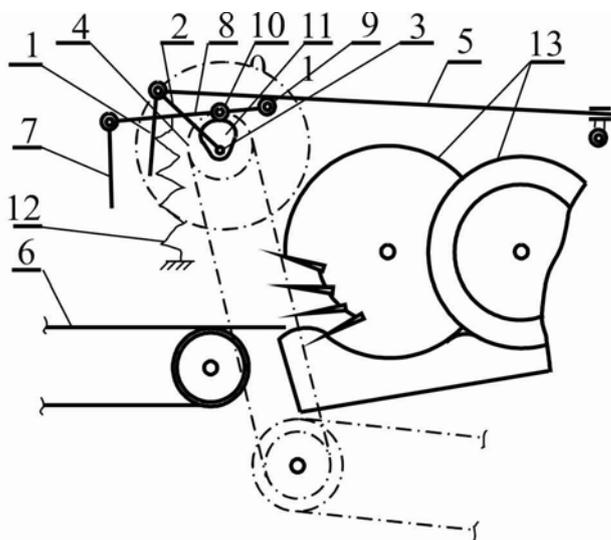


Рисунок 94 – Дозирующе-рыхлительный механизм

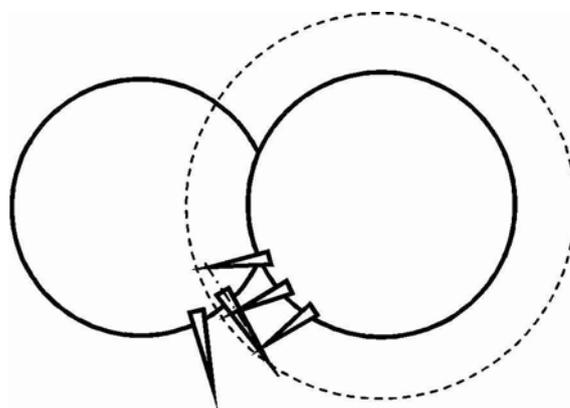


Рисунок 95 – Деление материала зубчатыми дисками

При наличии незаполненных или частично заполненных впадин в конечной стадии процесса утонения, то есть на выходе материала из слоеформирующей машины, образуется слой стеблей льнотресты, неоднородный по толщине, с большими разрывами в потоке, что негативно влияет на процесс его обработки.

Утоняющий аппарат слоеформирующей машины. Анализируя работу различных марок слоеформирующих машин, эксплуатировавшихся в промышленности первичной обработки льна на протяжении трех десятилетий, а также изменившийся характер льносырья в связи с его механизированной уборкой, наиболее приемлемыми могут быть приняты следующие технические и конструктивные параметры утоняющего аппарата.

1. С целью предотвращения намотов на диски необходимо определенное расстояние от движущегося слоя материала к центрам валов дисков. По многолетним практическим данным, оно должно находиться в пределах 350 мм.

2. Диаметр валов зубчатых дисков с учетом их прочности на изгиб – 50,0 мм.

3. Количество зон утонения, с учетом изначального поступления тонкого слоя после размотки рулонов, может быть принято равным четырем.

4. Расстояние между окружностями вершин зубьев питающих дисков и валами, на которых установлены утоняющие диски – 6,0–7,0 мм.

5. Наружные диаметры всех зубчатых дисков, установленных на первых четырех валах, должны иметь общую касательную с последними утоняющими дисками, проведенную под углом 5 градусов к горизонтальной линии.

6. Учитывая большую плотность слоя стеблей после размотки рулонов и их слипшееся состояние по всей ширине потока стеблей, принимаются три линии утонения, то есть по три зубчатых диска на каждом валу с расстояниями между ними по 200 мм.

7. Количество зубьев на дисках и передаточное отношение шестерен для их привода подбираются таким образом, чтобы деление площадей между зубьями всех дисков, а следовательно и материала, находящегося между ними, производилось на две равные части (рисунок 95).

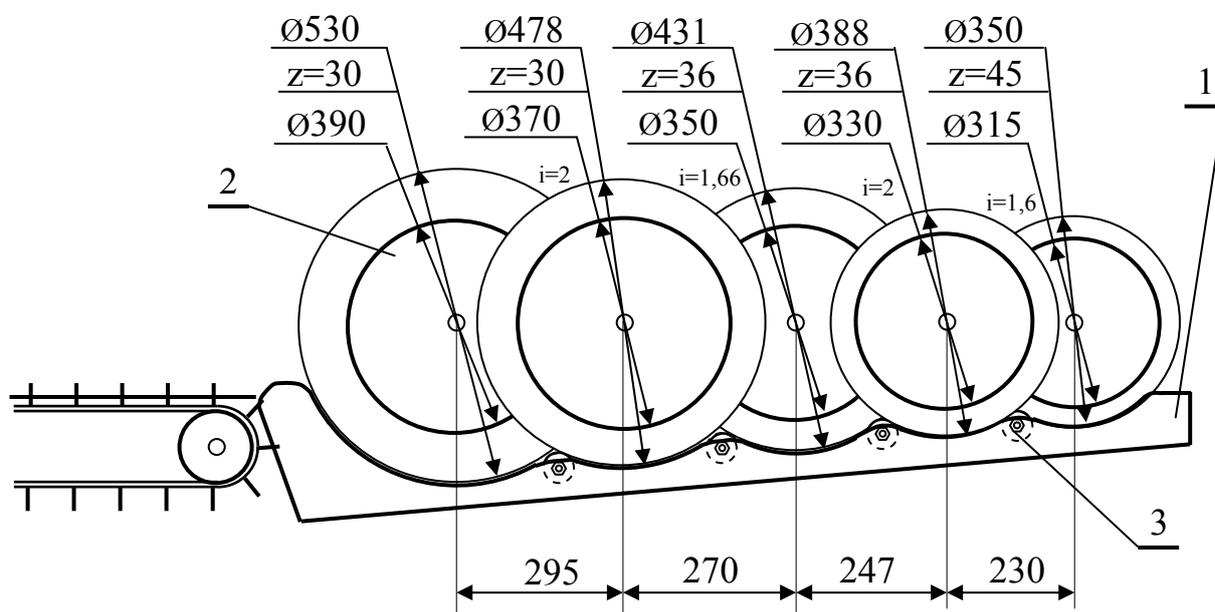


Рисунок 96 – Утоняющий аппарат

8. Нижние направляющие (опорные) ползки 1 (рисунок 96) устанавливаются под дисками 2 каждой линии утонения попарно. Их грани, обращенные к зубчатым дискам, выполняются волнообразными, в виде сопряженных дуг, повторяя окружности радиусов зубчатых дисков утоняющего аппарата. В местах сопряжения дуг между ползками устанавливаются ролики 3 с наружными кольцевыми проточками в средней части, в которые входят зубья дисков. Эти ролики в значительной мере способствуют уменьшению усилий при утонении слоя льнотресты, продлевают срок службы дисков и самих ползков.

9. Одним из основных параметров расчета зубчатых дисков является определение угла наклона осей зубьев к радиусам, проведенным через центр их основания. Это позволит обеспечить деление материала во впадинах между зубьями питающих дисков на две равные части, предотвращение образования намотов стеблей льна на диски утоняющего аппарата и порчи их в зонах утонения.

Угол наклона зубьев, прежде всего, зависит от соотношения периметрических скоростей рассматриваемых пар зубчатых дисков и высоты зубьев.

На рисунке 97 показана схема, по которой определяются углы наклона средних линий зубьев дисков по данным зон утонения машины. Определение углов наклона зубьев слоеутоняющих дисков начинается с первой пары со стороны подачи материала. Затем утоняющий зубчатый диск первой пары будет питающим диском в последующей паре и т.д. Угол наклона зубьев последнего зубчатого диска слоеутоняющего аппарата принимается приблизительно равным углу наклона зубьев предыдущего диска

При работе машины должно соблюдаться условие, при котором за одинаковый промежуток времени вершины зубьев утоняющих дисков совпадают с траекторией движения осевых линий CF зубьев питающего диска, проходя при этом расстояние CE и EF соответственно.

Для соблюдения этого условия достаточно определить угол δ , расположенный между прямой CD , являющейся продолжением радиуса питающего диска, проведенного через точку C , и линией CF , проведенной от вершины зуба питающего диска к его основанию, то есть линию CF можно принять за осевую линию зуба питающего диска.

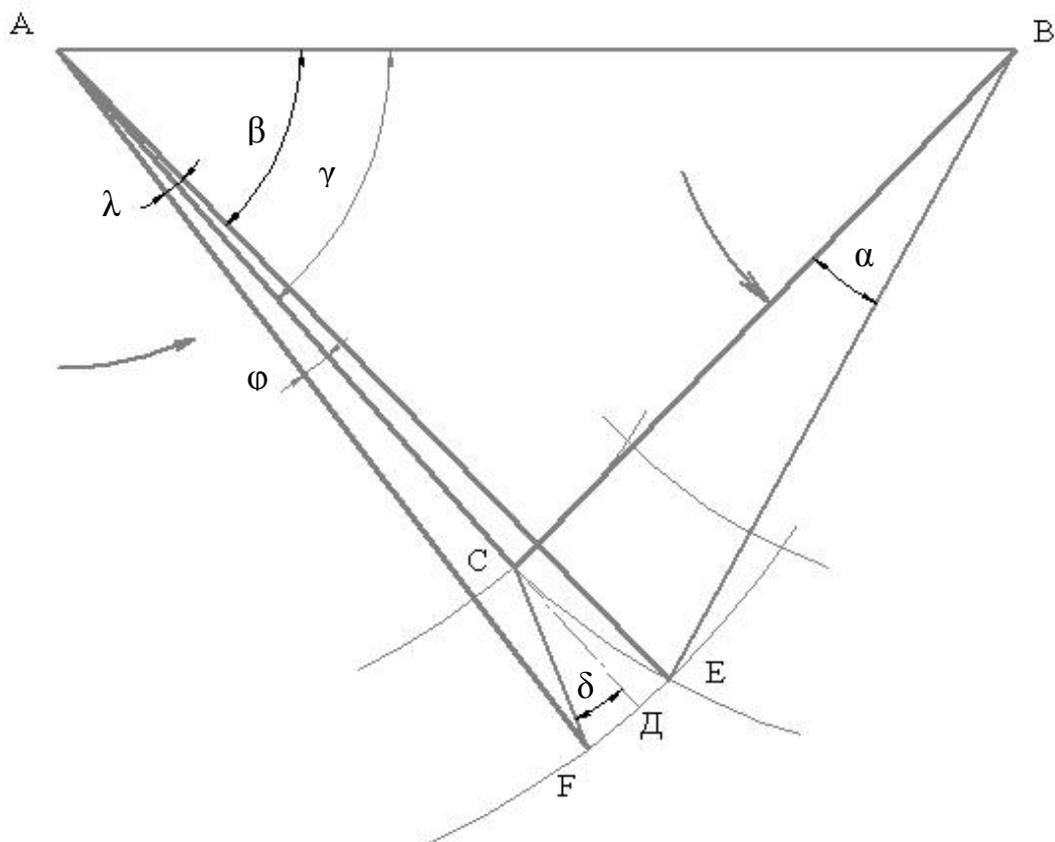


Рисунок 97 – Схема расчета угла наклона зубьев дисков

Рассмотрим способ определения угла наклона средней линии зубьев первых зубчатых (приемных) дисков слоеутоняющей машины. Как исходное принимается положение, при котором вершина зуба утоняющего диска находится у центра основания зуба питающего диска. Данные для расчетов взяты согласно размерам деталей и узлов слоеформирующей машины по первой зоне утонения.

1. Из треугольника ВСЕ по теореме косинусов определяется угол α :

$$\cos \alpha = \frac{BC^2 + BE^2 - CE^2}{2 \cdot BC \cdot BE} = \frac{239^2 + 239^2 - 70^2}{2 \cdot 239 \cdot 239} = \frac{109342}{114242} = 0,9571, \text{ отсюда } \alpha = 16^{\circ}51',$$

где ВС и ВЕ – наружный радиус утоняющего диска, мм;

СЕ – разность между радиусами по вершинам и основаниям зубьев питающего диска, мм.

2. Из треугольника АВЕ определяется угол β :

$$\cos \beta = \frac{AB^2 + AE^2 - BE^2}{2 \cdot AB \cdot AE} = \frac{295^2 + 265^2 - 239^2}{2 \cdot 295 \cdot 265} = \frac{100129}{156350} = 0,6404, \text{ отсюда } \beta = 50^{\circ}11',$$

где АВ – расстояние между центрами дисков рассматриваемой пары, мм;

АЕ – наружный радиус питающего диска, мм.

3. Из треугольника АВС определяется угол γ :

$$\cos \gamma = \frac{AB^2 + AC^2 - BC^2}{2 \cdot AB \cdot AC} = \frac{295^2 + 195^2 - 239^2}{2 \cdot 295 \cdot 195} = \frac{67929}{115050} = 0,5904, \text{ отсюда } \gamma = 53^{\circ}49',$$

где АС – радиус основания зубьев питающего диска, мм.

4. Зная передаточное отношение привода между двумя рассматриваемыми валами с дисками, определяется угол λ , на который повернется питающий диск при повороте утоняющего на угол α :

$$\lambda = \frac{\alpha}{i} = \frac{16^{\circ}51'}{2} = 8^{\circ}25'.$$

5. Зная углы β, λ , и γ , находим угол Υ :

$$\Upsilon = (\beta + \lambda) - \gamma = (50^{\circ}11' + 8^{\circ}25') - 53^{\circ}49' = 4^{\circ}47'.$$

6. Определяется длина средней линии зуба питающего диска:

$$CF = \sqrt{AF^2 + AC^2 - 2AF \cdot AC \cdot \cos \Upsilon} = \sqrt{265^2 + 195^2 - 2 \cdot 265 \cdot 195 \cdot 0,9965} = 5262;$$

$$CF = 72,54 \text{ мм},$$

где АF – радиус вершины зубьев питающего диска, мм.

$$7. \sin \delta = \frac{AF \cdot \sin \Upsilon}{CF} = \frac{265 \cdot \sin 4^{\circ}47'}{72,54} = 0,3046, \text{ отсюда } \delta = 17^{\circ}44',$$

где СF – длина средней линии зуба питающего диска, мм.

Угол наклона зубьев дисков второго вала, согласно проведенным расчетам, составит 24° , дисков третьего вала – 19° , четвертого вала – $27^{\circ}54'$. Угол наклона зубьев дисков последнего вала принимается исходя из величины угла предыдущего вала, то есть $27^{\circ}54'$.

Построение зубьев дисков на их осевых линиях производится следующим образом.

Из точки А как из центра вала питающих дисков проводятся окружности вершин и оснований зубьев радиусами АF и АС. Затем из точки В, центра вала утоняющих дисков, отстоящей от точки А на заданном расстоянии, согласно техноло-

гической схеме, проводится окружность вершин зубьев утоняющего диска радиусом BC . Из точки C под найденным углом δ к линии AD проводится линия CF , которая является осевой линией и высотой зуба питающего диска. Зная количество зубьев этого диска, находим шаг зубьев по вершинам t_n и по основанию $t_{вн}$. Откладывая эти размеры от точки C и F и попарно соединив их, получим осевые линии зубьев питающего диска, на которых строятся сами зубья с учетом прочности на изгиб и прокальваемости материала.

Для того чтобы выполнялось условие деления материала, находящегося во впадинах между зубьями дисков, на две равные части, в конструкции машины предусмотрена их регулировка за счет проворачивания друг относительно друга на необходимый угол и фиксация в нужном положении.

Эксплуатация образца данной слоеформирующей машины в ОАО «Кореличский льнозавод» показала значительно лучшие результаты по сравнению со стоящим рядом мяльно-трепальным агрегатом слоеформирующей машины ПЛ-1.

Заключение

При проектировании и изготовлении настоящей слоеформирующей машины впервые применен дозирующе-рыхлительный механизм для подготовки и «облагораживания» слоя льнотресты перед его окончательным утонением.

Впервые применены направляющие (опорные) ползки под линиями зубчатых дисков с попарным расположением, между которыми в местах сопряжения дуг расположены ролики с наружными пальцевыми проточками в их средней части, в которые входят зубья дисков. Эти ролики, вращаясь при прохождении сырья, способствуют лучшему делению материала в процессе утонения, меньшему износу зубьев и ползков, соответственно, значительно увеличивается срок службы быстроизнашивающихся рабочих органов машины.

Впервые применен способ регулировки слоеутоняющих дисков таким образом, что в каждой зоне утонения деление материала во впадинах между зубьями всех дисков производится на две равные части, что способствует качественному формированию слоя.

18.03.10.

Литература

Ипатов, А.М. Теоретические основы механической обработки стеблей лубяных культур / А.М. Ипатов. – М.: Изд-во «Легкая промышленность и бытовое обслуживание», 1989. – 144 с.

УДК 677.051

И.Е. Бобровская

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»),
г. Минск, Республика Беларусь)*

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ СЛОЯ ЛЬНОТРЕСТЫ ПОСЛЕ УТОНЕНИЯ В СЛОЕФОРМИРУЮЩЕЙ МАШИНЕ МС-6,97

Введение

Известно, что неравномерность слоя льнотресты по плотности на выходе из слоеформирующей машины существенно снижает эффективность дальнейшей обработки.

Колебания толщины слоя приводят к неравномерному промину, так как верхние валцы мяльной машины поднимаются утолщенными участками слоя, в результате чего расположенные рядом тонкие участки остаются плохо промятыми [1]. Кроме того, неравномерность слоя и присутствие колебаний верхних валков приводят к изменению периметров излома в парах валков и, соответственно, к изменению периметрической скорости движения слоя. Разность скоростей слоя в соседних парах валков может привести к частичному разрыву волокон. Значительные силы в направлении движения слоя, возникающие при взаимодействии слоя с парой валков в результате существенной неравномерности слоя по толщине, являются причиной снижения прочности волокон [2].

При обработке неравномерного слоя льнотресты в трепальной машине утолщенные участки более плотно по сравнению с соседними тонкими зажимаются в транспортере, за счет чего последние могут выдергиваться и уходить в отходы трепания. Кроме того, для неравномерного слоя невозможен подбор оптимальных режимов наладки мяльно-трепального агрегата, в результате чего увеличивается доля недоработки и уменьшается выход длинного волокна.

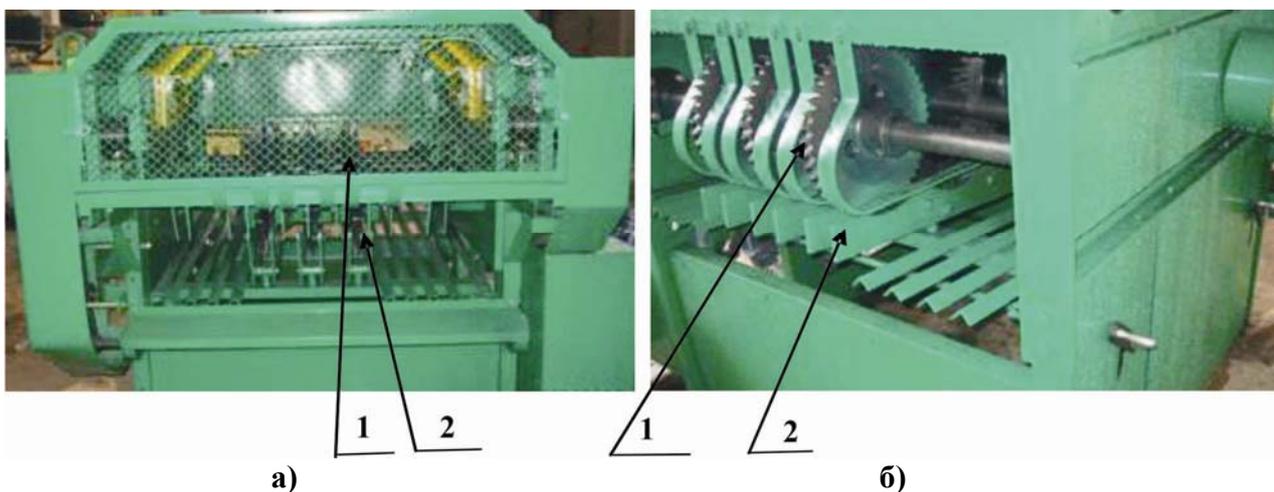
Одним из требований, предъявляемых к слою после утонения в слоеформирующей машине, является его непрерывность и равномерность. В процессе наших исследований оценивалась неравномерность слоя льнотресты по плотности (линейной) на выходе слоеформирующей машины МС-6,97, обусловленная конструктивно-технологической схемой механизма утонения и линейной плотностью поступающего в машину слоя. А также определялись условия утонения, при которых достигается минимальное значение неравномерности слоя после обработки в слоеформирующей машине.

Основная часть

Объектом исследований являлся слой льнотресты, пропускаемый через утоняющий механизм слоеформирующей машины МС-6,97.

В ходе исследований устанавливали и анализировали зависимость неравномерности слоя после утонения от его линейной плотности на входе в машину.

Исследования проводились на экспериментальном образце слоеформирующей машины (рисунк 98).



а) вид спереди; б) вид сзади справа
 1 – зубчатые диски механизма утонения; 2 – ползки
**Рисунок 98 – Общий вид экспериментального образца
 слоеформирующей машины МС-6,97**

Утонение подаваемого в экспериментальный образец машины МС-6,97 слоя льнотресты до требуемой линейной плотности (0,25–0,35 кг/м) осуществляется с помощью механизма утонения, основными рабочими органами которого являются слоеутоняющие зубчатые диски 1, работающие по принципу возрастания рабочих скоростей, и ползки 2.

Диски располагаются последовательно, с перекрытием, по три на пяти валах, образуя таким образом четыре узла утонения. В каждом узле утонения содержимое впадин подающего диска (первого в паре) делится зубьями последующего – утоняющего, вращающегося с большей окружной скоростью. К слоеутоняющим дискам слой тресты прижимается с помощью трех пар ползков 2, устанавливаемых на опорном столе. Высота подъема стола может регулироваться, чем обеспечивается изменение величины захождения ползков за траекторию, образуемую вершинами зубьев дисков.

Для определения неравномерности слоя, возникающей в результате утонения в слоеформирующей машине, предварительно подготовленная горсть льнотресты, размещенная во впадине первого подающего диска, в ручном режиме пропусклась через слоеформирующую машину. В результате утонения первоначальная горсть разделялась на определенное количество частей, заполняющих впадины последнего утоняющего диска. Полученные горсти извлекались из впадин и взвешивались.

Перед проведением экспериментальных исследований путем ручной сортировки заготавливались пробы льнотресты. Для этого из сырья рулонной заготовки отбирались горсти приблизительно одинаковой массы и прочесывались с помощью гребня для параллелизации стеблей. По результатам измерений горстевая длина стеблей составила 75 см. Прочесанные горсти взвешивались на весах ВТНг-10М и формировались до заданной массы (рисунок 99).



Рисунок 99 – Подготовка проб для проведения экспериментальных исследований

Поскольку пробы отбирались из достаточно однородного сырья, исследование неравномерности слоя в зависимости от плотности заполнения впадины проводилось с использованием такого показателя горсти, как масса, при этом условно считалось, что длина и толщина стеблей, заполняющих впадину, приблизительно одинаковы.

Для проведения экспериментальных исследований были сформированы навески (рисунок 100), массы которых и соответствующие им значения линейной плотности слоя r (кг/м) на входе в слоеформирующую машину, вычисленные по формуле (1), представлены в таблице 35.

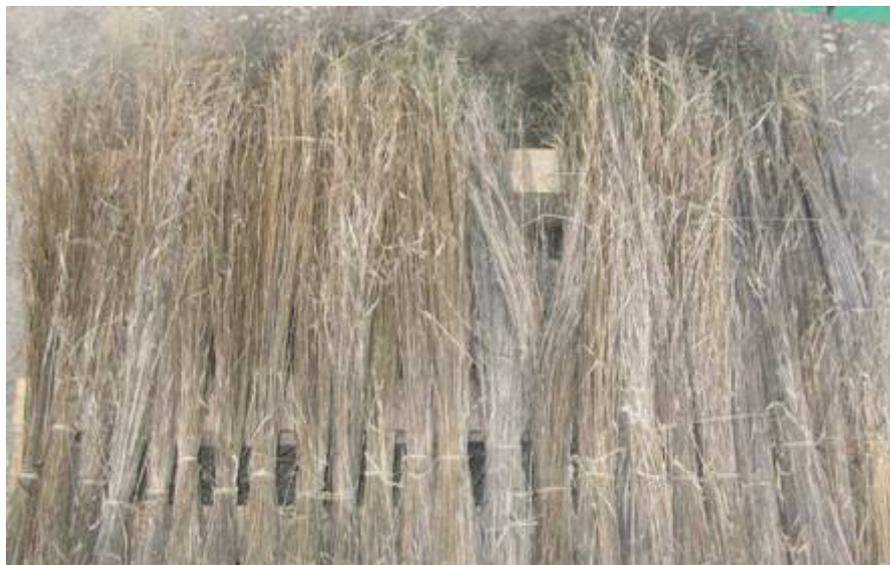


Рисунок 100 – Общий вид подготовленных проб

$$r = \frac{m \cdot Z}{\pi \cdot (D - h)}, \quad (1)$$

где m – масса горсти во впадине подающего диска, кг;

Z – количество зубьев (впадин) подающего диска, шт;

D – наружный диаметр первого подающего диска, м;

h – величины захождения полозков за траекторию, образуемую вершинами зубьев дисков, м.

Таблица 35 – Характеристики навесок

Масса навески, кг	0,075	0,112	0,150	0,187
Плотность слоя на входе в слоеформирующую машину, кг/м	1,3	2,1	2,7	3,4

Выбор масс навесок обоснован линейной плотностью, характерной для слоя льнотресты рулонной заготовки, – (от 1,5 до 2,1 кг/м), при этом предусмотрена возможность исследования процесса утонения при большем или меньшем значении плотности.

С целью оценки неравномерности слоя льнотресты после утонения в слоеформирующей машине определяли, в каком соотношении распределяется масса стеблей во впадинах последнего утоняющего (выпускного) диска (рисунок 101).

Для этого заполняющие впадины последнего утоняющего диска горсти, полученные в результате разделения отобранной пробы в процессе утонения, взвешивались более точными весами ВЛКТ-500г-М.



Рисунок 101 – Заполнение впадин дисков слоеформирующей машины: а) первого; б) последнего

В качестве критерия неравномерности слоя льнотресты на выходе слоеформирующей машины принят коэффициент вариации, характеризующий изменчивость массы горсти во впадинах выпускного диска.

Полученные в ходе эксперимента значения и вычисленные статистические показатели представлены в таблице 36.

Таблица 36 – Полученные в ходе эксперимента значения и вычисленные статистические показатели

№ повторности	Значение коэффициента вариации K_N , характеризующего неравномерность слоя на выходе слоеформирующей машины, при пропуске горсти массой			
	0,075 кг	0,112 кг	0,150 кг	0,187 кг
1	0,66	0,25	0,37	0,61
2	0,56	0,24	0,34	0,56
3	0,67	0,29	0,33	0,49
4	0,63	0,29	0,37	0,48
5	0,69	0,31	0,39	0,53
Среднее	0,64	0,28	0,36	0,53
Стандартное отклонение	0,05	0,03	0,02	0,05
Нижняя граница доверительного интервала	0,58	0,24	0,33	0,47
Верхняя граница доверительного интервала	0,71	0,31	0,39	0,60
Показатель точности, %	3,55	4,82	3,06	4,46

На основании результатов, полученных с помощью средств MS Excel, определили аналитическую зависимость вида $K_N = f(m)$, аппроксимирующую экспериментальные данные. Расчеты показали, что наилучшим образом зависимость аппроксимируется полиномом третьей степени (коэффициент детерминации в этом случае составляет $R^2 = 0,997$), который имеет вид:

$$K_N = -1144,07m^3 + 546,92m^2 - 87,77m + 4,18,$$

где m – масса горсти во впадине первого диска, кг;

K_N – неравномерность слоя льнотресты на выходе слоеформирующей машины.

Используя полученную зависимость, определили значение массы горсти (0,120 кг), соответствующее минимальной (0,27) неравномерности слоя на выходе. Учитывая (1), оптимальная плотность слоя на входе в машину – 2,2 кг/м. Кроме того, плотность слоя, при которой неравномерность на выходе машины не будет превышать 0,3, также можно считать удовлетворительной для обеспечения эффективной обработки мятем и трепанием. Согласно результатам эксперимента, значения такой линейной плотности лежат в диапазоне 1,95–2,50 кг/м, что соответствует массе горсти во впадине 0,105–0,135 кг. При утонении слоя со значением плотности, лежащим за пределами указанного диапазона, неравномерность существенно возрастает. Объясняется это тем, что впадины дисков при уменьшении плотности слоя оказываются недогруженными, что приводит к перераспределению стеблей по площади впадины слоеутоняющего диска, образованию пустого пространства во впадине. В результате отбор стеблей зубьями последующего диска будет неравномерным. Возрастание

плотности выше допустимых значений приводит к переуплотнению, что затрудняет прокалывание слоя зубьями дисков и приводит к нарушению технологии процесса слоеформирования, и, кроме того, чрезмерное усилие обжатия стеблей способствует разрушению их структуры, что отрицательно сказывается на качестве льноволокна.

В настоящее время плотность формируемой ленты льна в рулоне нередко меньше нижней границы указанного диапазона, что вызвано невысокой урожайностью льнотресты в поле, а также отсутствием возможности многократного сгуживания ленты льна в процессе прессования отечественными прессами. Для улучшения условий утонения слоя с плотностью, отличной от оптимальной, в слоеформирующей машине МС-6,97 предусмотрен механизм вертикального перемещения (относительно дисков) полозков, позволяющий регулировать захождение зубьев дисков за рабочие кромки полозков, что дает возможность изменять площадь впадины, тем самым способствуя созданию необходимой плотности заполнения.

Требуемое значение площади впадины определяется из (2).

$$S_1 = \frac{m_1 \cdot S_0}{m_{opt}}, \quad (2)$$

где m_1 – значение массы горсти, не попадающее в указанный выше диапазон, соответствующий удовлетворительной неравномерности после утонения, кг;

m_{opt} – ближайшее к m_1 граничное значение этого диапазона, кг;

S_0 – исходная площадь впадины, м².

Для определения необходимой величины перемещения полозков установлена зависимость (рисунок 102) между высотой подъема полозков и площадью впадины, для чего проведены расчеты с использованием описанной в [4] программы.

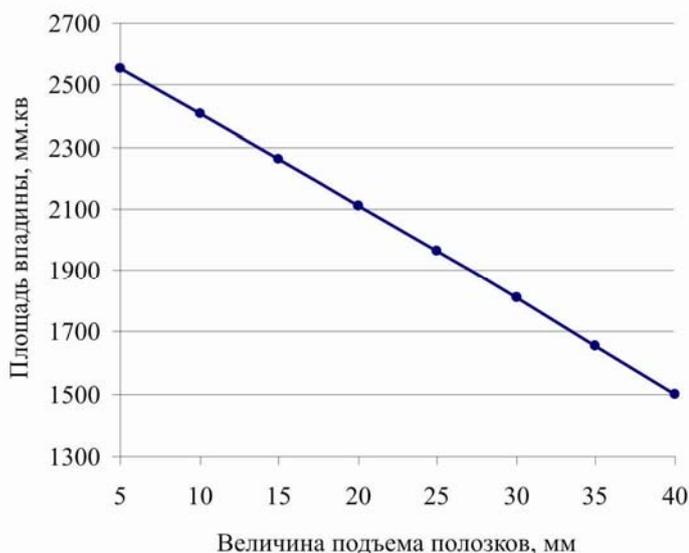


Рисунок 102 – Зависимость площади впадины первого диска слоеформирующей машины от величины подъема полозков

Таким образом, даже при отклонении линейной плотности слоя на входе слоеформирующей машины от рационального значения (попадающего в определенный выше диапазон) может быть получена удовлетворительная неравномерность слоя (не более 0,3) после утонения, что достигается путем вертикального перемещения полозков на определенную величину.

В приведенных выше расчетах была использована масса горсти, характеризующая плотность заполнения впадин, при этом длина стеблей не учитывалась. Очевидно, что полученные выше значения оптимальной линейной плотности слоя и массы горсти во впадине неприменимы к слою с горстевой длиной, отличной от используемой в экспериментальных исследованиях (75 см).

Чтобы получить возможность использования результатов исследований для слоя с любым значением горстевой длины, использовали известную зависимость (3) [4] между длиной горсти и ее массой для 1000 стеблей.

$$m_{1000} = -110,95 + 5,43L_2, \quad (3)$$

где m_{1000} – масса тысячи стеблей, г;

L_2 – горстевая длина стеблей, см.

$$n = \frac{1000m}{m_{1000}}, \quad (4)$$

где n – количество стеблей в горсти с массой m и горстевой длиной L_2 .

Определив на основании (4) количество стеблей в исходной горсти, легко рассчитывается масса горсти с таким же количеством стеблей (та же плотность заполнения впадины), но с горстевой длиной 75 см. Далее делается вывод, попадает ли это значение в указанный выше диапазон, то есть требуется ли перемещать полозки для создания рациональных условий утонения, соответствующих удовлетворительной неравномерности на выходе слоеформирующей машины.

В таблице 37 в качестве примера представлены результаты расчетов необходимой величины перекрытия полозками зубьев (мм) для слоя с различными исходными характеристиками.

Таблица 37 – Необходимая величина перекрытия полозками зубьев дисков

Линейная плотность слоя на входе в ма- шину, кг/м	Горстевая длина стеблей, см				
	55	60	65	70	75
1,2	8	18	26	32	38
1,4	–	6	16	23	29
1,6	–	–	–	13	20
1,8	–	–	–	–	12

Заключение

1. В результате обработки данных, полученных в ходе экспериментальных исследований, была установлена зависимость неравномерности слоя по плотности на выходе слоеформирующей машины от массы навески во впадине подающего диска (соответственно, и от линейной плотности слоя, учитывая (1)).

2. С использованием полученной зависимости были определены оптимальное значение массы навески во впадине первого диска – 0,120 кг, а также соответствующее ему значение линейной плотности слоя на входе в слоеформирующую машину – 2,2 кг/м, обеспечивающее минимальную неравномерность слоя по плотности после утонения (0,27).

3. Обоснована величина перекрытия ползками зубьев, обеспечивающаяся путем поднятия или опускания ползков, при отклонении значения плотности слоя на входе в машину от рационального значения, что позволяет снизить неравномерность слоя после утонения.

14.07.10.

Литература

1. Храмцов, В.Н. Исследование процесса утонения слоя стеблей льна и усовершенствование слоеформирующих механизмов: дис. ... канд. техн. наук / В.Н. Храмцов. – Кострома: КТИ, 1974.

2. Маянский, С.Е. Влияние колебаний верхних валков мяльных пар на процесс промина стеблей льняной тресты и пригодность стеблевого слоя к трепанию / С.Е. Маянский // Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (Прогресс 2008): материалы Междунар. науч.-техн. конф. / ИГТА. – Иваново, 2008. – 286 с.

3. Бобровская, И.Е. Влияние геометрических параметров зуба дисков слоеформирующей машины на неравномерность слоя льнотресты / И.Е. Бобровская, В.Н. Перевозников, Е.В. Кислов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2008. – Вып. 42. – С. 141-147.

4. Дьячков, В.А. Теоретические основы проектирования слоеформирующих машин мяльно-трепальных агрегатов / В.А. Дьячков. – Кострома: Изд-во КГТУ, 2003. – 65 с.

УДК 677.11.021

В.А. Сай

Луцкий национальный технический университет, г. Луцк, Украина

УСЛОВИЯ ЗАТЯГИВАНИЯ СЛОЯ ТРЕСТЫ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО ФИГУРНЫМИ ВАЛЬЦАМИ

Введение

В настоящее время в мире большое внимание уделяется экологически чистым продуктам. Для улучшения качества пищевых продуктов во многих странах используют семена льна масличного и льняное масло. Возрастающий интерес к семенам льна масличного объясняется их специфическими лечебными свойствами. Семена льна масличного также пригодны для производства лаков, красок, полимеров и других материалов [2, 3]. В связи с этим в мире увеличиваются посевные площади льна масличного. По данным ФАО, они составляют более 3 млн. га. Крупнейшими производителями являются такие страны, как Китай, Индия, Канада и Аргентина.

Также большую ценность имеют стебли льна масличного. Они содержат 10–20% волокна четвертого-пятого номеров, которое может использоваться в текстильной промышленности, для производства шпагата, а также других полезных нетканых материалов различного назначения. Как и лен-долгунец, стебли льна масличного в лубяной части содержат целлюлозное волокно, которое используется для производства пульпы и бумаги из нее [1].

До последнего времени волокно льна масличного использовалось очень мало. В основном, после уборки семян стебли заделывают в почву, где они превращаются в удобрение. Это объясняется тем, что существующее оборудование для переработки льна-долгунца не может обеспечить качественную переработку стеблей льна масличного, так как они имеют меньшую длину, толще, волокна более прочно связаны с древесиной. Чтобы улучшить качество получаемого волокна, необходимо использовать более интенсивные режимы обработки, что может привести к механическому повреждению волокна. Решить возникшую задачу можно путем мятья слоя тресты с одновременным трепанием. Этого можно добиться применением фигурных вальцов, которые устанавливаются за мяльными вальцами. Они обеспечивают сжатие промятой тресты. Одновременно со сжатием промятой тресты в радиальном направлении вальцов происходит ее растяжение и смещение в осевом направлении вальцов за счет их фигурной поверхности. Такие действия уменьшают связь волокна с кострой. А эффект трепания достигается при разной скорости вращения вальцов. Чтобы обеспечить работу такого узла, необходимо исследовать условия затягивания слоя тресты в щель между вальцами.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований является процесс затягивания слоя тресты льна масличного фигурными вальцами. Теоретические исследования проводились с использованием методов классической механики и высшей математики.

Основная часть

Условие работы фигурных вальцов заключается в том, чтобы слой тресты был затянут в щель между движущимися рабочими поверхностями. Рассмотрим это более подробно.

На рисунке 103 представлена схема вальцов с наружным радиусом рифлей r_1 , внутренним радиусом рифлей r_2 и положением слоя тресты толщиной h , который поступает симметрично относительно осей вращения O_1 и O_2 .

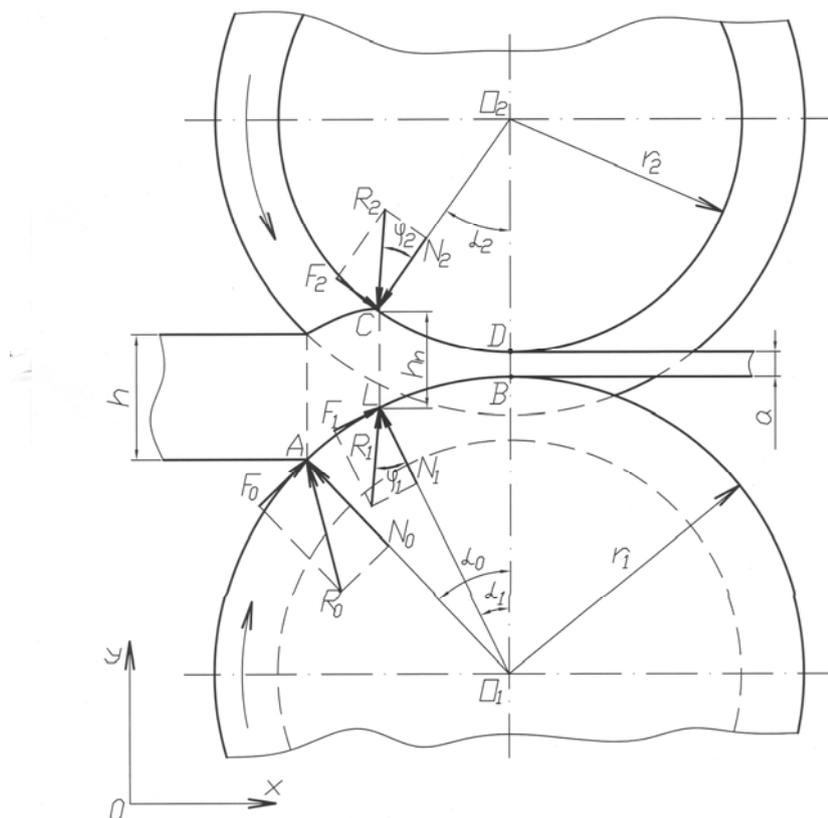


Рисунок 103 – Схема для расчета процесса затягивания слоя тресты в щель между вальцами

В точке A контакта слоя тресты с выступом рифли нижнего вальца при угле охвата α_0 на слой будет действовать нормальная сила N_0 и сила трения F_0 , результирующей которых будет сила R_0 . При вращении вальцов за счет действия силы R_0 слой тресты будет смещаться по дуге AL в сторону впадин между рифлями верхнего вальца. Одновременно будет происходить смещение слоя тресты вниз рифлями верхнего вальца. Это обеспечит растягивание слоя в осевом направлении вальцов. Таким образом, в точке C контакта слоя тресты с верхним вальцом его толщина будет $h_n < h$. Точки контакта L и C будут соответствовать углам охвата α_1 и α_2 .

В процессе установившейся работы совместное действие обоих вальцов будет происходить по дугам LB и CD . Точки L и C контакта вальцов со слоем тресты будут в наилучших условиях. Соответственно, определим условие захвата для этих точек. В этом положении на слой тресты в точках L и C со стороны вальцов будут действовать нормальные силы N_1 и N_2 и силы трения F_1 и F_2 , которые перпендикулярны нормальным силам.

Путем сложения векторов N_1 и F_1 получена равнодействующая сила R_1 , а сложением векторов N_2 и F_2 получена равнодействующая сила R_2 . Силы R_1 и R_2 отклонены от нормалей на угол трения φ_1 и φ_2 .

В результате проектирования сил на оси X и Y получим уравнение равновесия.

$$\Sigma X_i = F_1 \cos \alpha_1 + F_2 \cos \alpha_2 - N_1 \sin \alpha_1 - N_2 \sin \alpha_2 \geq 0. \quad (1)$$

$$\Sigma Y_i = N_1 \cos \alpha_1 + F_1 \sin \alpha_1 - N_2 \cos \alpha_2 - F_2 \sin \alpha_2 = 0. \quad (2)$$

Как известно, усилия трения будут равны:

$$\begin{cases} F_1 = N_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi_1; \\ F_2 = N_2 \cdot \operatorname{tg} \varphi_2. \end{cases} \quad (3)$$

Так как материалы поверхности вальцов одинаковые, то углы трения $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi$. Таким образом, учитывая уравнения (3), из уравнения (1) получим:

$$\operatorname{tg} \varphi \geq \frac{N_1 \cdot \sin \alpha_1 + N_2 \sin \alpha_2}{N_1 \cdot \cos \alpha_1 + N_2 \cdot \cos \alpha_2}. \quad (4)$$

Из уравнения (2) определим значение силы N_2 :

$$N_2 = N_1 \cdot \frac{\cos \alpha_1 + \operatorname{tg} \varphi \cdot \sin \alpha_1}{\cos \alpha_2 + \operatorname{tg} \varphi \cdot \sin \alpha_2}. \quad (5)$$

Подставляя выражение (5) в уравнение (4), после необходимых преобразований получим условие захвата слоя тресты фигурными вальцами:

$$\varphi \geq \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}. \quad (6)$$

Предельным случаем будет:

$$\varphi = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}.$$

Если в уравнение (6) подставить зависимости углов α_1 и α_2 от радиусов вальцов r_1 и r_2 , толщины слоя тресты h_n и величины рабочей щели между вальцами a , то получим:

$$\varphi \geq \frac{1}{2} \left(\arccos \frac{r_1^2 + (r_1 + r_2 + a - h_n)^2 - r_2^2}{2r_1(r_1 + r_2 + a - h_n)} + \arccos \frac{r_2^2 + (r_1 + r_2 + a - h_n)^2 - r_1^2}{2r_2 \cdot (r_1 + r_2 + a - h_n)} \right). \quad (7)$$

Результаты исследований

Уравнение (7), подставляя значения толщины слоя тресты h_n , величины рабочей щели между вальцами a и угла трения тресты по поверхности вальцов φ и решив его относительно r_1 и r_2 , можно использовать для определения соотношений между радиусами r_1 и r_2 . При выходе вспушенного слоя промятой тресты толщиной до $h_n = 20$ мм и при значениях показателей $a = 1$ мм и $\varphi = 20^\circ$ получим данные, которые графически представлены на рисунке 104.

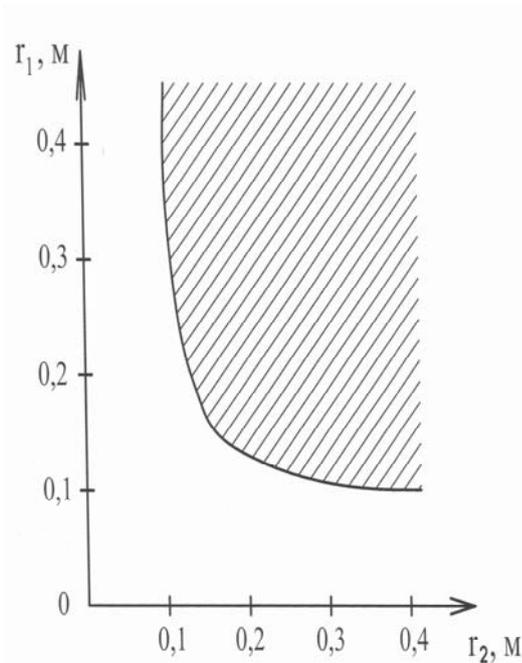


Рисунок 104 – Диаграмма, устанавливающая необходимые соотношения между радиусами фигурных вальцов при $h_n=20$ мм, $a=1$ мм и $\varphi=20^\circ$

Заштрихованная область графика устанавливает необходимые соотношения между радиусами r_1 и r_2 .

Заключение

1. Учитывая широкий спектр использования волокна льна масличного в производстве различных изделий, необходимо усовершенствовать технологию и механизмы для переработки льна масличного.

2. Установленная аналитическая зависимость условия захвата слоя тресты позволит определить рациональные значения радиусов фигурных вальцов при переработке стеблей льна масличного.

01.07.10.

Литература

1. Горач, О.О. Удосконалення технології одержання трести з соломки льону олійного з використанням штучного зволоження: дис.... канд. тех. наук: 05.18.01 / О.О. Горач. – Херсон, 2009. – 206 с.

2. Живетин, В.В. Масличный лен и его комплексное развитие / В.В. Живетин, Л.Н. Гинзбург. – М.: ЦНИИЛКА, 2000. – 389 с.

3. Пашин, Е.Л. Технологическое качество и переработка льна-межеумка / Е.Л. Пашин, Н.М. Федосова. – Кострома, ВНИИЛК, 2003. – 85 с.

Рефераты

УДК 629.114.2.073

Тарасенко, В.Е. / **Анализ типоразмерных рядов тракторов «Беларус»** / В.Е. Тарасенко, А.А. Жешко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 3-9.

В работе представлен анализ существующих подходов к классификации тракторов, рассмотрены вопросы использования тракторов при выполнении сельскохозяйственных работ. – *Рис. 2, табл. 2, библиогр. 8.*

Tarasenko V.E., Zheshko A.A.

Use of tractors "BELARUS" in agricultural activities

The article presents an analysis of existing approaches to the classification of tractors and considered the questions of use tractors for agricultural work.

УДК 631.612:626.8

Азаренко, В.В. **Камнеуборочная машина** / В.В. Азаренко, Н.Г. Бакач, Г.Г. Тычина, Ю.В. Гатчина // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 9-12.

В статье дано описание машины для уборки камней, которая позволит ускорить сроки и улучшить качество очистки сельскохозяйственных угодий от камней, что будет способствовать сохранению плодородия почвы. – *Рис. 1, библиогр. 2.*

Azarenko V.V., Bakach N.G., Tychina G.G., Gatchina J.V.

The machine for cleaning of stones

In article the description of the machine for cleaning of stones which will allow to accelerate terms is given and to improve quality of clearing of agricultural grounds from stones that will promote preservation of fertility of soil.

УДК 631.333.93

Левченко, А.С. **Выбор геометрических параметров кольцевого дозатора** / А.С. Левченко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 13-16.

Проведение поисковых опытов позволило определить оптимальное отношение высоты кольцевого рабочего органа к его диаметру, что дало возможность установить функциональную взаимосвязь всех геометрических параметров кольцевого дозатора. – *Рис. 1, табл. 1.*

Levchenko A.S.

Choice of geometrical parameters of a ring portioning device

Carrying out of search experiences has allowed defining the optimum relation of height of ring working body to its diameter that has given the chance to establish functional interrelation of all geometrical parameters of a ring portioning device.

УДК 631.333.93

Левченко, А.С. **Регулировка производительности кольцевого дозатора** / А.С. Левченко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 16-20.

Анализ формулы производительности кольцевого дозатора позволил установить наилучший способ управления производительностью кольцевого дозатора. – *Табл. 2, библиогр. 2.*

Levchenko A.S.

The analysis of the formula of productivity ring portioning device has allowed establishing the best way of management of productivity ring portioning device

УДК 631.333 (476)

Голдыбан, В.В. **Характеристики текучести твердых минеральных удобрений** / В.В. Голдыбан, А.А. Жешко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 20-25

Рассмотрены комплексные характеристики твердых минеральных удобрений, необходимые для проектирования кузовов и подающих устройств удобрительных машин. – *Рис. 5, табл. 1, библиогр. 8.*

Haldyban V.V., Zheshko A.A.

Characteristics of fluidity of firm mineral fertilizers

The complex characteristics of mineral fertilizers necessary at designing of bunkers and conveyors of spreaders of fertilizers are considered.

УДК 631.333 (476)

Голдыбан, В.В. **Методика расчета максимального сводообразующего размера опасного сечения кузова** / В.В. Голдыбан, А.А. Жешко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 26-33.

Предложен метод расчета максимального сводообразующего размера опасного сечения кузова на основании сопоставления прочности удобрений, полученной экспериментально, с расчетными условиями напряжения. – *Рис. 6, табл. 2, библиогр. 8.*

Haldyban V.V., Zheshko A.A.

Method of calculating the maximum size of the arch formative dangerous section of the bunker

A method of calculating the maximum amount of arch formative dangerous cross body by comparing the strength of fertilizer obtained experimentally with the calculated stress conditions

УДК 622.331

Бабарыка, С.Ф. **Моделирование процесса разбрасывания органических удобрений винтовым битаром** / С.Ф. Бабарыка, В.Ф. Дидух, И.Н. Дударев, И.В. Тараймович // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 33-38.

В статье приводятся результаты теоретических исследований процесса разбрасывания органических удобрений (сапропеля) винтовым битаром. – *Рис. 2, библиогр. 5.*

Babaryka S.F., Didukh V.F., Dudarev I.N., Taraymovich I.V.

The modeling process of organic fertilization scattering by helical gear

The article gives an example of the results of theoretical investigation of the modeling process of organic fertilization scattering by helical gear.

УДК [330.131:(631.862.2:658.567.1)]

Степук, Л.Я. **Расчет потребности в машинах для утилизации осветленных навозных стоков** / Л.Я. Степук, А.Н. Кавгареня // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 39-45.

Представлены результаты расчетов потребности в машинах для вывоза и внесения годового объема навозных стоков для комплексов различной мощности. – *Рис. 4, табл. 1, библиогр. 13.*

Stepuk L.J., Kavgarenja A.N.

Calculation of requirement of machinery for the clarified organic manure utilization

Calculations results of requirement of machinery for removal and annual organic manure volume application for complexes of various capacity are presented.

УДК 631.316.6

Лабоцкий, И.М. **Агрегаты для измельчения и заправки в почву пожнивных остатков сельскохозяйственных культур** / И.М. Лабоцкий, А.Д. Макуть, И.М. Ковалева // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 45-53.

В статье дано описание конструкций машин, выпускаемых для измельчения пожнивных остатков и заправки их в почву. Приведены результаты исследовательских испытаний экспериментального агрегата при обработке остатков кукурузы, соломой рапса и сидератов. – *Рис. 7, табл. 1, библиогр. 5.*

Labotsky I.M., Makut A.D., Kovaleva I.M.

Units for crushing and refuelling in soil of the stubble remains of agricultural crops

In article the description of designs of stubble remainses let out for crushing and their refuelling in soil is given. Results of research tests of the experimental unit are lead at processing of the rests of corn, straw of a rape and green manures.

УДК 631.31

Лепешкин, Н.Д. **Тенденция развития процессов и рабочих органов для безотвальной обработки почвы** / Н.Д. Лепешкин, Н.С. Высоцкая // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 54-58.

В статье отражены тенденции развития процессов и рабочих органов для безотвальной обработки почв, в том числе и тяжелых. Установлено, что их обработка должна вестись послойно, при этом для обработки верхнего слоя почвы должны использоваться дисковые, а для обработки последующих слоев – лаповые рабочие органы. – *Рис. 3, библиогр. 2.*

Lepeshkin N.D., Vysockaya N.S.

The trend of development processes and working bodies for subsurface soil

The article reflects the trends of development processes and working bodies for subsurface treatment, including heavy soils. Found that their treatment must be carried out in layers, with the processing of topsoil should be used disk, and for subsequent processing layers - claw working bodies.

УДК 631.51

Лепешкин, Н.Д. **Анализ конструктивных схем почвообрабатывающе-посевных агрегатов** / Н.Д. Лепешкин, А.А. Точицкий, В.В. Добриян // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 58-65.

В статье приведен анализ конструктивных схем почвообрабатывающе-посевных агрегатов, обеспечивающий их правильный выбор и эффективное использование в различных условиях эксплуатации. – *Рис. 4, библиогр. 5.*

Lepeshkin N.D., Tachytski A.A., Dabryian V.V.

An analysis of construction schemes soil-cultivating and sowing machines

The paper provides an analysis of construction schemes soil-cultivating and sowing machines, which provides the right choice and effective use in different operating conditions.

УДК 631.51

Лепешкин, Н.Д. **Анализ типа почвообрабатывающей части современных почвообрабатывающе-посевных машин и ее рабочих органов** / Н.Д. Лепешкин, А.А. Точицкий, В.В. Добриян // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 65-73.

С учетом природно-производственных условий обоснован тип почвообрабатывающей части и ее рабочие органы для перспективных комбинированных почвообрабатывающе-посевных агрегатов. – *Рис. 5, библиогр. 5.*

Lepeshkin N.D., Tachytski A.A., Dabryian V.V.

The analysis of type of soil-cultivating part of modern soil-cultivating and sowing machines and its working bodies

Taking into account natural-industrial conditions the type of a soil-cultivating part and its working bodies for the perspective combined soil-cultivating and sowing machines is justified.

УДК 631.331.022

Лепешкин, Н.Д. **Анализ посевной части почвообрабатывающе-посевных агрегатов и ее рабочих органов** / Н.Д. Лепешкин, А.А. Точицкий, А.Л. Медведев, Ю.Л. Салапура // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 74-82.

В статье приводится анализ посевной части современных почвообрабатывающе-посевных агрегатов и обосновывается выбор наиболее рациональной посевной части для эксплуатации в условиях Республики Беларусь. – *Рис. 4, библиогр. 9.*

Lepeshkin N.D., Tachytski A.A., Medvedev A.L., Salapura Y.L.

The analysis of a sowing part of soil cultivating-sowing campaigns of units and its working bodies

In article the analysis of a sowing part of the modern is resulted soil cultivating-sowing campaigns of units and a substantiation of a choice of the most rational for operation in the conditions of the Republic of Belarus.

УДК 631.314

Азаренко, В.В. **Теоретические исследования по обоснованию гладкого катка** / В.В. Азаренко, Н.Г. Бакач, С.П. Кострома // Механизация и электрификация сель-

ского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 82-88.

В статье приводятся результаты выполненных исследований по обоснованию параметров гладкого катка и даются предложения по наиболее эффективным его параметрам. – *Рис. 4.*

Azarenko V.V., Bakach N.G., Kostroma S.P.

Theoretical researches on a substantiation of a smooth skating rink

In article viewed the results of the executed researches on a substantiation of parameters of a smooth skating rink and offers on its most effective parameters are given.

УДК 631.331.022

Лепешкин, Н.Д. **Теоретические предпосылки определения параметров проточной части эжекторных питателей** / Н.Д. Лепешкин, Ю.Л. Салапура, А.Л. Медведев, Н.Н. Дягель // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 89-95.

В статье приводятся результаты теоретических исследований по обоснованию параметров проточной части питателей эжекторного типа. – *Рис. 3, библиогр. 7.*

Lepeshkin N.D., Salapura Y.L., Medvedev A.L., Dziahel N.N.

Theoretical preconditions of definition of parameters of a flowing part ejectors feeders

In article results of theoretical researches on a substantiation of parameters of a flowing part of feeders ejectors type are resulted.

УДК 631.331

Лепешкин, Н.Д. **Исследование уровня патентования элементов пневматической системы высева зерновых сеялок** / Н.Д. Лепешкин, Ю.Л. Салапура // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 95-98.

В статье на основании анализа патентной документации статистическими методами прогнозируется направление развития посевной техники. – *Рис. 2, табл. 1, библиогр. 5.*

Lepeshkin N.D., Salapura Y.L.

Research of level of patenting of elements of pneumatic system of seeding of grain seeders

In article, on the basis of the analysis of the patent documentation, statistical methods predict a direction of development of sowing technics.

УДК 635.1/8:631.347

Дегтеров, Д.В. **Капельный полив сада – основа повышения продуктивности плодовых деревьев** / Д.В. Дегтеров, Н.Ф. Капустин, В.Н. Дашков, И.И. Радюк, Н.М. Абрамчик // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 99-105.

Приведены данные по технологическим аспектам полива садов. Представлены современные технические средства для орошения садов с помощью передвижных баббанно-шланговых установок и системы капельного полива. – *Рис. 7, табл. 1, библиогр. 3.*

Degterov D.V., Kapustin N.F., Dashkov V.N., Radiuk I.I., Abramchik N.M.

Drop having watered the garden – basis of increase of efficiency of fruit-trees

In article the data on technological aspects of an irrigation of gardens is cited. Modern means for an irrigation of gardens by means of mobile irrigating installations and system of a drop irrigation are presented.

УДК 635.1/8:631.347

Дегтеров, Д.В. **Современное оборудование для полива сельскохозяйственных культур открытого грунта** / Д.В. Дегтеров, Н.Ф.Капустин, Э.К. Снежко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 106-112.

Приведены данные о влиянии орошения легких и тяжелых почв на урожайность ряда овощных культур. Представлены технические характеристики, схемы соединения и принцип действия современного оборудования для орошения овощных культур с помощью передвижных барабанно-шланговых установок и системы капельного полива. – *Рис. 5, табл. 4, библиогр. 4.*

Degterov D.V., Kapustin N.F., Snezhko E.K.

Contemporary means of the mechanization of vegetable crops of irrigation

The data of light and heavy soil irrigation influence on crop capacity of vegetable crops series is quoted. Technical features, joint schemes and operation principles of machinery for vegetable crops irrigation with the help of movable brum-hose installations and spot watering systems are presented.

УДК 635.1/8:631.347

Дегтеров, Д.В. **Методика расчета и эксплуатация системы капельного полива для орошения овощных культур открытого грунта** / Д.В. Дегтеров, Н.Ф. Капустин, Э.К. Снежко, Н.М. Абрамчик // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 112-118.

Представлены основные элементы оборудования систем капельного полива, их классификация и типы, а также общая методика расчета системы капельного орошения и особенности ее эксплуатации. – *Рис. 4, табл. 3.*

Degterov D.V., Kapustin N.F., Snezhko E.K., Abramchik N.M.

Methods of calculation and operation of drip irrigation to irrigate vegetable crops open ground

The article presents the main elements of equipment of drip irrigation, their classification and types, as well as a general method of calculating the drip irrigation system, and particularly its use.

УДК 631.354.6

Чеботарев, В.П. **Агротехнические основы применения отдельной и двухфазной уборки зерновых** / В.П. Чеботарев, А.Н. Перепечаев, И.Н. Шило, А.В. Новиков // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 119-122.

В статье обоснована необходимость использования отдельной и двухфазной уборки зерновых культур. – *Табл. 3, библиогр. 6.*

Chebotaev V.P., Perepechaev A.N., Shilo I.N., Novikov A.V.

Agrotechnical basis of application of separate and biphas cleaning grain

In the clause necessity of use of separate and harvesting cleaning of grain crops.

УДК 631.365.22

Чеботарев, В.П. **Обоснование основных теплотехнических и конструктивных параметров топки теплогенератора ТТ-360М, работающей на местных видах твердого топлива** / В.П. Чеботарев, И.В. Барановский, В.И. Жданович, Е.И. Михайловский, И.Н. Шило, Л.А. Маринич // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 123-130.

В статье приведен расчет теплотехнических характеристик и основных конструктивных параметров топки теплогенератора ТТ-360М, работающей на местных видах твердого топлива. – *Рис. 2, библиогр. 8.*

Chebotarev V.P., Baranovski I.V., Zhdanovich V.I., Mihaylovski E.I., Shilo I.N., Marinich L.A.

Substantiation of thermo technical and structural parameters of fire-chamber stove ТТ-360М on local kinds of solid fuel

Calculation of thermo technical characteristics and main structural parameters of fire-chamber stove ТТ-360М working on local kinds of solid fuel is given in the article.

УДК 631.365

Чеботарев, В.П. **Теоретическое описание явлений процесса сушки единичной зерновки** // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 131-142.

В статье изложено теоретическое описание явлений сушки единичной зерновки. Предложены зависимости для расчета процессов сушки слоя на основе полученных моделей. – *Рис. 5, библиогр. 9.*

Chebotarev V.P.

The theoretical description of the phenomena of drying of a seed

This article presents the theoretical description of the phenomena of drying of a seed. The obtained formulas for calculating the drying of a layer are proposed in the article.

УДК 631.365.22

Самосюк, В.Г. **Рациональное комплектование сельскохозяйственных организаций АПК республики современной техникой для послеуборочной обработки зерна – основа сохранности убранных урожая** / В.Г. Самосюк, Е.И. Михайловский // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 142-152.

В статье отражены вопросы рационального комплектования сельскохозяйственных организаций АПК Республики Беларусь. – *Табл. 9.*

Samosyuk V.G., Mihaylovski E.I.

Efficient acquisition of agricultural organizations of the republic of modern agricultural techniques for post-harvest processing of grain – the basis of preservation of harvested crops

The article reflects the rational acquisition of agricultural-governmental organizations AIC Republic of Belarus.

УДК. 631.53.01

Чеботарев, В.П. **Классификация пневмосепарирующих систем очистки зерна и анализ их устройств** / В.П. Чеботарев, И.В. Барановский, А.А. Князев, П.М. Немцев // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 152-157.

Приведена классификация пневмосистем, использующих равномерный воздушный поток, в которых разделение материала происходит по аэродинамическим свойствам. А также рассмотрены основные достоинства и недостатки различных пневмосистем и проведен анализ основных их устройств. – *Рис. 1, библиогр. 4.*

Chebotarev V.P., Baranovski I.V., Kniazhev A.A., Nemtsau P.M.

Classification pneumatic separating systems and analysis of their devices of modern technology for cleaning grain

Classification of Pneumatic, using a uniform air flow, in which the separation of the material occurs on the aerodynamic properties. As well as the basic advantages and disadvantages of various pneumatic and analysis of their main devices.

УДК 631.348.3

Заяц, П.В. **Экономическая и энергетическая эффективность возделывания экологически чистого картофеля при использовании комбинированного агрегата для сбора колорадского жука** / П.В. Заяц // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 157-161.

Приведены результаты расчетов экономической и энергетической эффективности возделывания экологически чистого картофеля при использовании комбинированного агрегата для сбора колорадского жука. В качестве критериев оценки использовались такие показатели, как стоимость произведенной продукции, производственные денежные затраты на единицу площади, затраты труда на единицу площади возделывания и на единицу выращенной продукции, себестоимость полученной продукции, уровень рентабельности, биоэнергетический коэффициент. – *Рис. 1, табл. 3, библиогр. 5.*

Zayats P.U.

Economic and energy efficiency of cultivation of ecologically pure potato combo unit for the collection of the Colorado potato beetle

The calculation results of the economic and energy efficiency of cultivating clean potatoes using a combined unit for the collection of the Colorado potato beetle. As the evaluation criteria used indicators such as value of production, cash costs of production per unit area, the cost of labor per unit area of cultivation and per unit of farmed products, the cost of the resulting product, the level of profitability, bioenergetic ratio.

УДК 631.362.333:635.21

Воробей, А.С. **Обоснование и реализация основных параметров в машине для сухой очистки картофеля** / А.С. Воробей // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 162-166.

В статье описан технологический процесс работы машины для сухой очистки картофеля. Рассчитаны ее основные параметры. – *Рис. 2, библиогр. 2.*

Verabei A.S.

Fonder and release mail parameters into the machine of dry peeling for potatoes

In article was talking technologic process to work the machine of dry peeling for potatoes. Was proved her mails parameters.

УДК 631.358.635.34

Апанович, А.А. **Современные капустоуборочные комбайны** / А.А. Апанович, А.Л. Рапинчук // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 166-170.

В статье дается обзор современных капустоуборочных комбайнов. – *Рис. 5, библиогр. 5.*

Apanovich A.A., Rapinchuk A.L.

Modern of cabbage harvesting combines

In the article the characteristic of the modern of cabbage harvesting combines is given.

УДК 631.365

Чеботарев, В.П. **Анализ конструкций сушилок для сушки рулонов льнотресты** / В.П. Чеботарев, А.В. Новиков, И.В. Барановский, С.Б. Лавор // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 171-178.

Проанализирован ряд патентов на различные конструкции сушилок рулонированного материала.

В настоящее время в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработана экспериментальная сушилка для рулонов льнотресты. Ведутся работы по монтажу сушилки в одном из хозяйств республики. После проведения исследований и анализа полученных данных будут опубликованы результаты. – *Рис. 6, библиогр. 5.*

Chebotarev V.P., Novikov A.V., Baranowski I.V., Lavaur S.B.

Analysis of designs of dryers for drying bales flax

Analyzed a number of patents on various designs of dryers sg-lonirovannogo material.

Currently, the RUE "SPC for agricultural mechanization to agriculture has developed an experimental dryer rolls flax trusts. Works on assembling the dryer in one of the farms of the republic. After conducting research and data analysis will be published results

УДК 677.051.151.2

Чеботарев, В.П. **Оценка эффективности работы технологических линий первичной переработки льнотресты** / В.П. Чеботарев, В.М. Изоитко, И.Е. Бобровская // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 179-183.

В статье приводятся результаты выполненных исследований по оценке эффективности работы технологических линий первичной переработки льнотресты российского (МТА-1Л, МТА-2Л) и бельгийского («Van Dommele») производства. – *Рис. 1, табл. 1, библиогр. 4.*

Chebotarev V.P., Izoitko V.M., Bobrovskaya I.E.

The modeling of flax straw layer as the object for thinning process in layer-making machine on the basis of the stalk form

In the article the results of the executed researches, dedicated the rating of working effectiveness of Russian (MTA-1L, MTA-2L) and Belgic («Van Dommele») technological lines of flax processing are given

УДК 677.1.021

Науменко, В.М. **Исследование рабочих органов и разработка усовершенствованной слоеформирующей машины для льнотресты** / В.М. Науменко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 183-191.

Проведен анализ работы существующих слоеформирующих машин, выявлены их преимущества и недостатки. На основании проведенных исследований и экспериментов разработаны основные рабочие органы и конструкция новой высокоэффективной машины для формирования ленты из стеблей льнотресты для их дальнейшей обработки. – *Рис. 4, библиогр. 1.*

Naumenko V.M.

Investigation of working bodies and the development of an improved machine for formative flax

The analysis of existing formative cars, you are revealed, their advantages and disadvantages, and the basis of the of research and experiments are designed main working bodies and construction of new highly effective machine for forming ribbons of flax stems for further processing.

УДК 677.051

Бобровская, И.Е. **Исследование неравномерности слоя льнотресты после утонения в слоеформирующей машине МС-6,97** / И.Е. Бобровская // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 192-199.

В статье приводятся результаты выполненных экспериментальных исследований неравномерности слоя льнотресты после утонения в слоеформирующей машине МС-6,97. Установлены рациональные значения линейной плотности исходного слоя, при которых достигается удовлетворительная неравномерность слоя после утонения. – *Рис. 5, табл. 3, библиогр. 4.*

Bobrovskaya I.E

The research of flax layer irregularity caused by thinning process in layer-making machine MS-6,97

In article the results of the executed experimental researches of the flax layer irregularity caused by thinning process in layer-making machine MS-6,97. The efficient values of line density of the original flax layer, making for fair layer irregularity after thinning process are defined.

УДК 677.11.021

Сай, В.А. **Условия затягивания слоя тресты льна масличного фигурными вальцами** / В.А. Сай // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 1. – С. 199-203.

В статье рассмотрен процесс затягивания слоя тресты льна масличного фигурными вальцами и приводятся результаты теоретических исследований необходимых соотношений между радиусами вальцов. – *Рис. 2, библиогр. 3.*

Say V.A.

Conditions of drawing in a layer of the retted flax of oily straw by the figured rollers

In the article the process of drawing in a layer of the retted flax of oily straw by the figured rollers is considered and results of theoretical researches of necessary correlations between the radiuses of rollers are given.

СОДЕРЖАНИЕ

Тарасенко В.Е., Жешко А.А. Анализ типоразмерных рядов тракторов «Беларус»	3
Азаренко В.В., Бакач Н.Г., Тычина Г.Г., Гатчина Ю.В. Камнеуборочная машина.....	9
Левченко А.С. Выбор геометрических параметров кольцевого дозатора.....	13
Левченко А.С. Регулировка производительности кольцевого дозатора.....	16
Голдыбан В.В., Жешко А.А. Характеристики текучести твердых минеральных удобрений.....	20
Голдыбан В.В., Жешко А.А. Методика расчета максимального сводообразующего размера опасного сечения кузова.....	26
Бабарыка С.Ф., Дидух В.Ф., Дударев И.Н., Тараймович И.В. Моделирование процесса разбрасывания органических удобрений винтовым битером.....	33
Степук Л.Я., Кавгареня А.Н. Расчет потребности в машинах для утилизации осветленных навозных стоков.....	39
Лабоцкий И.М., Макуть А.Д., Ковалева И.М. Агрегаты для измельчения и заправки в почву пожнивных остатков сельскохозяйственных культур.....	45
Лепешкин Н.Д., Высоцкая Н.С. Тенденция развития процессов и рабочих органов для безотвальной обработки почвы.....	54
Лепешкин Н.Д., Точицкий А.А., Добрян В.В. Анализ конструктивных схем почвообрабатывающе-посевных агрегатов.....	58
Лепешкин Н.Д., Точицкий А.А., Добрян В.В. Анализ типа почвообрабатывающей части современных почвообрабатывающе-посевных машин и ее рабочих органов.....	65
Лепешкин Н.Д., Точицкий А.А., Медведев А.Л., Салапура Ю.Л. Анализ посевной части почвообрабатывающе-посевных агрегатов и ее рабочих органов..	74
Азаренко В.В., Бакач Н.Г., Кострома С.П. Теоретические исследования по обоснованию гладкого катка.....	82
Лепешкин Н.Д., Салапура Ю.Л., Медведев А.Л., Дягель Н.Н. Теоретические предпосылки определения параметров проточной части эжекторных питателей	89
Лепешкин Н.Д., Салапура Ю.Л. Исследование уровня патентования элементов пневматической системы высева зерновых сеялок.....	95
Дегтеров Д.В., Капустин Н.Ф., Дашков В.Н., Радюк И.И., Абрамчик Н.М. Капельный полив сада – основа повышения продуктивности плодовых деревьев...	99
Дегтеров Д.В., Капустин Н.Ф., Снежко Э.К. Современное оборудование для полива сельскохозяйственных культур открытого грунта.....	106
Дегтеров Д.В., Капустин Н.Ф., Снежко Э.К., Абрамчик Н.М. Методика расчета и эксплуатация системы капельного полива для орошения овощных культур открытого грунта	112
Чеботарев В.П., Перепечаев А.Н., Шило И.Н., Новиков А.В. Агротехнические основы применения раздельной и двухфазной уборки зерновых.....	119
Чеботарев В.П., Барановский И.В., Жданович В.И., Михайловский Е.И., Шило И.Н., Маринич Л.А. Обоснование основных теплотехнических и конструктивных параметров топки теплогенератора ТТ-360М, работающей на местных видах твердого топлива.....	123

Чеботарев В.П. Теоретическое описание явлений процесса сушки единичной зерновки.....	131
Самосюк В.Г., Михайловский Е.И. Рациональное комплектование сельскохозяйственных организаций АПК республики современной техникой для послеуборочной обработки зерна.....	142
Чеботарев В.П., Барановский И.В., Князев А.А., Немцев П.М. Классификация пневмосепарирующих систем очистки зерна и анализ их устройств.....	152
Заяц П.В. Экономическая и энергетическая эффективность возделывания экологически чистого картофеля при использовании комбинированного агрегата для сбора колорадского жука.....	157
Воробей А.С. Обоснование и реализация основных параметров в машине для сухой очистки картофеля.....	162
Апанович А.А., Рапинчук А.Л. Современные капустоуборочные комбайны... ..	166
Чеботарев В.П., Новиков А.В., Барановский И.В., Лавор С.Б. Анализ конструкций сушилок для сушки рулонов льнотресты.....	171
Чеботарев В.П., Изойтко В.М., Бобровская И.Е. Оценка эффективности работы технологических линий первичной переработки льнотресты.....	179
Науменко В.М. Исследование рабочих органов и разработка усовершенствованной слоеформирующей машины для льнотресты.....	183
Бобровская И.Е. Исследование неравномерности слоя льнотресты после утонения в слоеформирующей машине МС-6,97.....	192
Сай В.А. Условия затягивания слоя тресты льна масличного фигурными вальцами.....	199
Рефераты.....	204

Научное издание

Механизация и электрификация сельского хозяйства

Межведомственный тематический сборник

Выпуск 44

В двух томах

Том 1

Редактор А.С. Борейша
Ответственный за выпуск О.О. Дударев
Компьютерная верстка Т.В. Ключкая
Корректор А.С. Борейша

Подписано в печать 31.12.2010. Формат 60x84¹/₁₆
Бумага офсетная. Печать цифровая
Усл. печ. л. 12,7. Уч.-изд. л. 12,3. Тираж 100 экз. Заказ 124.

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
ЛИ № 02330/0548563 от 26.06.2009.
Ул. Кнорина, 1, 220049, Минск.

Отпечатано в типографии РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»
ЛП № 02330/0150026 от 10.05.2007.
Ул. Кнорина, 1, корп. 3, 220049, Минск.
