



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 46

Минск
НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства
2012

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.

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. Изойтко, 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:

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 631.312/.331(476)

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

**ПОЧВОВЛАГОСБЕРЕГАЮЩИЕ
ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА
МЕХАНИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ
ЛЕГКИХ ПОЧВ
В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

Введение

Интенсификация сельского хозяйства, сопровождаемая значительным увеличением мощности, сложности и производительности почвообрабатывающих машин и орудий, усиливает такие отрицательные явления, как чрезмерное распыление почвенных агрегатов, повышение темпов минерализации органического вещества, переуплотнение подпочвенных слоев, потеря влаги, развитие водной и ветровой эрозии почвы. В результате снижается плодородие почвы, растут потери урожая и себестоимость производимой продукции.

В этой связи дальнейшее наращивание производства сельскохозяйственной продукции в рыночных условиях невозможно без внедрения научно обоснованных технологий и систем обработки почвы и посева.

Применяемые в настоящее время системы и средства механизации обработки почвы и посева основных сельскохозяйственных культур в хозяйствах республики не соответствуют зональным почвенно-климатическим и производственным условиям, не являются рациональными. Всего в республике 71,9 %, а в Брестской области 84,0 % и в Гомельской 87,6 % площади пашни расположено на легких супесчаных и песчаных почвах, большая часть которых подстилается песком. В таких условиях традиционная отвальная многооперационная система обработки почвы и посева, связанная с высокой интенсивностью крошения пласта, с распылением почвенных агрегатов, потерей влаги и развитием эрозионных процессов, приводит к снижению плодородия почвы и урожая возделываемых культур.

Плодородие легких почв зависит как от наличия в них элементов питания, так и от влаги и воздуха. Низкая влагоемкость легких почв обуславливает дефицит влаги для растений во время засушливых периодов. Из всего запаса влаги, содержащейся в метровой толще почв, на легких почвах растения используют 45–50 %. В результате (по данным почвоведов) дефицит влаги в этих почвах в среднем достигает 600–700 м³/га, что ведет к недобору 7–8 ц/га зерна или 50–60 ц/га картофеля.

В связи с неблагоприятным водным режимом легких почв вся система обработки их под посев различных сельскохозяйственных культур в севообороте должна быть связана с созданием устойчивых запасов

влаги, сохранением и улучшением ее структуры, снижением эрозионных процессов.

В процессе многочисленных агрономических исследований и мировой практики установлено, что среди всех известных мероприятий почво- и влагосбережения наиболее эффективным является применение бесплужных минимальных технологий обработки почвы и посева. Эти технологии также являются ресурсосберегающими.

Для борьбы с ветровой эрозией еще в прошлом веке учеными Всесоюзного научно-исследовательского института зернового хозяйства (ВНИИЗХ) под руководством академика А.И. Бараева была основана почвозащитная система земледелия [1]. Основу этой системы составляют: плоскорезная обработка почвы с сохранением стерни на поверхности поля, посев стерневыми сеялками, почвозащитные севообороты с оптимальным паровым клином, залужение сильноэродированных земель, снегозадержание.

Учеными и практиками установлено, что стерня является главным защитным средством от эрозии, а ее оставление на полях – эффективным мероприятием по накоплению и сохранению влаги. В поисках средств борьбы с пыльными бурями было обращено внимание на то, что почва, даже легкого механического состава, не подвергается эрозии, когда она не вспахана и хорошо покрыта стерней.

Защитная роль стерни от ветровой эрозии почвы заключается в следующем: во-первых, стерня погашает силу ветра в приземном слое и тем самым защищает мелкие частицы почвы от их перемещения, во-вторых, стерневой покров создает благоприятные условия для поглощения почвой выпавших осадков и препятствует стоку воды.

С учетом огромного значения растительных остатков в борьбе с эрозией разработана система обработки почвы, позволяющая сохранять их на поверхности почвы и в то же время уничтожать сорняки, накапливать влагу и питательные вещества, создавать структурный посевной слой почвы, обеспечивающий нормальные условия для произрастания и развития растений. Для решения этой задачи в России [2] создана специальная техника: культиваторы-плоскорезы, культиваторы чизельные, глубокорыхлители, дисковые и игольчатые бороны, измельчители длинностебельных культур, стерневые сеялки.

Исследования с широкой производственной проверкой, проведенные в 70–90-х годах Белорусским НИИ земледелия и кормов, показали, что сокращение числа отвальных обработок в севообороте при строгом соблюдении сроков их проведения и качества не приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, к существенным изменениям физических свойств почвы и увеличению засоренности посевов. Экспериментально доказано, что на дерново-подзолистых легких почвах наиболее эффективной в севообороте является система обработки, пре-

дусматривающая чередование отвальной вспашки с мелкими безотвальными обработками и разуплотнением подпахотных слоев.

Обоснование технологического комплекса машин для обработки легких почв

Технологический комплекс машин обоснован с использованием принципа чередования в севообороте отвальных и безотвальных, глубоких и мелких мульчирующих обработок почвы, с преобладанием последних. Тогда в типовом 6-польном севообороте для легких почв (1 – озимая рожь + однолетние бобовые поукосно; 2 – озимая рожь + пожнивные; 3 – пропашные; 4 – яровые зерновые и зернобобовые; 5 – кукуруза; 6 – ячмень) из 20 технологических операций 9 направлены на мелкую мульчирующую обработку, 2 – на вспашку, 1 – на глубокое рыхление и 8 – на посев и посадку комбинированными машинами.

Для лущения жнивья в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан агрегат почвообрабатывающий дисковый АПД-6 (рисунок 1). Агрегат состоит из двух рядов сферических дисков и зубчатых катков. Отличительной особенностью нового агрегата является



Рисунок 1 – Агрегат почвообрабатывающий дисковый АПД-6

возможность изменять углы установки дисков не только атаки, но и крена (наклона к поверхности почвы). Это обеспечивает более качественную обработку почвы на отдельных агрофонах севооборота. Например, установка дисков под углом атаки и под отрицательным углом крена повышает рыхляще-выравнивающий эффект, что важно при выполнении операций обработки почвы под посев.

Еще большего эффекта в почвозащитном земледелии можно достичь, если вместо сферических дисков использовать игольчатые. В РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» ведется разработка модификации агрегата АПД-6 с игольчатыми дисками.

Для минимальной основной и предпосевной обработки почвы после уборки бобовых трав под посев озимой ржи, весенней предпосевной обработки зяби с заделкой органических и минеральных удобрений под посадку картофеля и кукурузы, осенней обработки полей на зябь после уборки пропашных разработаны агрегаты почвообрабатывающие диско-лаповые АКМ-4, АКМ-6 (рисунок 2) к тракторам мощностью 150 л.с. и 250–300 л.с. Агрегаты включают два ряда дисков, два ряда рыхлитель-

ных лап и один ряд катков. Таким образом, агрегаты обладают свойствами дисковых борон и чизельных культиваторов, что повышает их универсальность и функциональность.

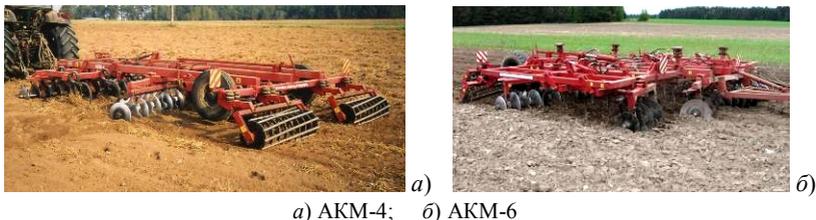


Рисунок 2 – Агрегаты комбинированные для минимальной обработки почв

Наиболее универсален и функционален новый агрегат почвообрабатывающий многофункциональный АПМ-6 (рисунок 3).



Рисунок 3 – Агрегат почвообрабатывающий многофункциональный

Агрегат способен работать на всех типах почв и выполнять все технологические операции обработки почвы в севообороте как в отвалной, так и безотвалной системах земледелия. Это достигается благодаря набору рабочих органов и блочно-модульной конструкции, обеспечивающей путем несложной перестановки блоков рабочих органов местами или замены их сменными блоками возможность составлять технологические схемы агрегата, наиболее полно отвечающие технологическим процессам обработки различных агрофонов. Это основная особенность, отличающая его от всех известных почвообрабатывающих орудий отечественного и зарубежного производства.

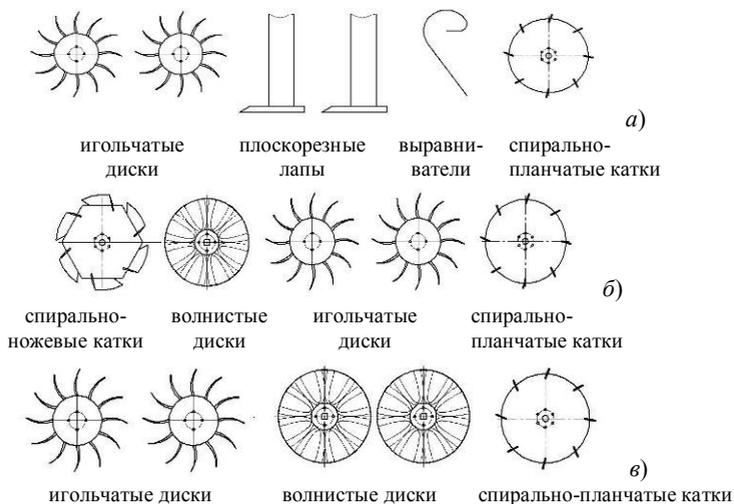
Для выполнения технологических операций лущения жнивья, обработки полей после уборки трав, рапса, кукурузы, редьки масличной и других промежуточных культур на глубину 6–12 см агрегат комплектуется блоками сферических дисков, волнистых дисков и катков с зубчатыми дисками.

Для вторых проходов и более глубокой (12–25 см) обработки стерневых и травяных агрофонов под посев озимых зерновых, обработки полей на зябь, а также зяби под посев пропашных (свеклы, картофеля,

кукурузы) агрегат комплектуется блоками сферических дисков, рыхлительных лап с выравнивателями и катков с зубчатыми дисками.

АПМ-6 в комплектации «2 ряда сферических дисков + 2 ряда волнистых дисков + катки с зубчатыми дисками» более качественно, чем все ранее созданные агрегаты, обрабатывает агрофоны с растительными остатками (стерня зерновых и зернобобовых, гречиха, травы и зеленые удобрения). Однако агрегат еще недостаточно качественно измельчает и заделывает в почву стерню длинностебельных культур (рапса, кукурузы на зерно и на корм). Требуется разработка специальной комплектации рабочих органов для качественного измельчения и заделки в почву растительных остатков длинностебельных культур. Для этого в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» ведутся научно-исследовательские работы по созданию специального сменного комплекта рабочих органов к агрегату АПМ-6 для послеуборочной обработки агрофонов длинностебельных культур, а также рабочих органов для почвозащитного земледелия.

В системе почвозащитного земледелия, варианты комплектов рабочих органов для которого приведены на рисунке 4, необходимо завершить разработку блоков игольчатых дисков, плоскорезных лап, спирально-планчатых катков.



а) мульчирующая обработка стерневых агрофонов на зябь; б) мульчирующая обработка агрофонов длинностебельных культур (кукурузы, подсолнечника, рапса, сорго) на зябь; в) весенняя обработка зяби под посев яровых культур

Рисунок 4 – Варианты комплектов рабочих органов для почвозащитного земледелия

Универсальность и многофункциональность нового агрегата АПМ-6 обеспечивают высокую эффективность его применения. Эксплуатация прототипа в хозяйствах Беларуси показала, что одним агрегатом можно обработать в севообороте не менее 1500 га пахотной земли в год. При этом в сравнении с существующими комплексами машин для обработки почвы затраты труда снижаются на 15–20 %, себестоимость механизированных работ – на 30–37 %.

Важнейшим агротехническим приемом улучшения структуры подпахотных слоев является подпочвенное рыхление. Проводится в севообороте через 3–4 года под пропашные или предшествующую пропашным культуру. Многочисленными исследованиями в производственных условиях, выполненными институтами почвоведения и агрохимии, мелиорации водного хозяйства, установлено, что подпочвенное рыхление на глубину до 40 см обеспечивает до 25 % прибавки урожая возделываемых культур на старопашотных землях, а на мелиорированных – до 60 %.

В республике производство глубокорыхлителя ГР-70 освоено в ОАО «Брестский электромеханический завод». Глубокорыхлитель агрегируется с тракторами класса 5, обеспечивает рыхление почвы на глубину 25–70 см.

Глубокорыхлитель, в отличие от плуга, может обрабатывать более влажные почвы, а также способствовать их мелиорации, не создавая при этом плужной подошвы.

Разновидностью минимальной системы обработки почвы и посева является прямой посев. Для этой цели можно использовать сеялку зернотукотравяную прямого посева СПП-3,6 (рисунок 5), серийно выпускаемую ОАО «Брестский электромеханический завод».



Рисунок 5 – Сеялка зернотукотравяная прямого посева СПП-3,6

Сеялка имеет широкое применение в севообороте: на ремонте озимых, ранневесеннем подсеве трав в дернину, повторном посеве однолетних трав на корм, посеве пожнивных и озимых зерновых после предвартельного внесения гербицидов.

В целях повышения производительности труда необходимо разработать сеялку прямого посева СПП-6 шириной захвата 6 м к тракторам класса 3.

Совмещение предпосевной обработки почвы и посева – основной путь модернизации технологий как в отвальной, так и безотвальной системах земледелия, направленный на повышение качества сева, снижение

ресурсопотребления, повышение плодородия почвы и урожайности возделываемых культур. Для этой цели в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан и освоен в ОАО «Бобруйсксельмаш» агрегат почвообрабатывающе-посевной со сменными активными и пассивными рабочими органами АППА-6. Агрегат имеет блочно-модульную конструкцию, что позволяет в зависимости от типа почв и системы земледелия оборудовать его различными почвообрабатывающими модулями. Для минимальной обработки почвы предусмотрены 2 модуля: с ножевидными (а) и дисковыми (б) рабочими органами (рисунок 6).

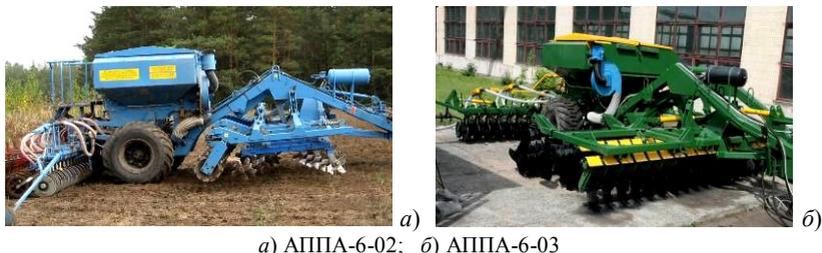


Рисунок 6 – Агрегат почвообрабатывающе-посевной

Агрегаты могут высевать зерновые, зернобобовые, травы и стартовую дозу гранулированных фосфорных удобрений в рядки посева.

Выводы

1. Традиционная отвальная система обработки почвы и посева на легких супесчаных и песчаных почвах усиливает эрозионные процессы, снижает плодородие почвы и урожайность возделываемых культур.

2. Наиболее эффективной является комбинированная система обработки легких почв, предусматривающая чередование в севообороте отвальных и безотвальных, глубоких и мелких мульчирующих обработок с преобладанием последних.

3. Для применения минимальных обработок почвы и посева в республике уже создана и освоена основная техника: новые дисковые бороны, дисколаповые агрегаты, глубокорыхлитель, сеялка прямого посева, агрегаты почвообрабатывающе-посевные.

4. Созданный комплекс машин для почвовлагоресурсосберегающих технологий обработки легких почв и посева необходимо дополнить разработкой сменных рабочих органов к агрегату почвообрабатывающему многофункциональному для послеуборочной обработки агрофонов длинностебельных культур, а также игольчатых дисков, плоскорежущих лап, спирально-планчатых катков. Для прямого посева необходимо разработать зернотукотравяную сеялку шириной захвата 6 м.

01.10.12

Литература

1. Беляев, Н.М. Защита почвы от эрозии и переуплотнения: (Отеч. и зарубеж. опыт): [Аналит. обзор / Н.М. Беляев]. – М.: Ин-т «Информагротех», 1991. – 36 с.: ил.
2. Жук, А.Ф. Почвовлагодобывающие технологии и комбинированные машины / А.Ф. Жук, А.П. Спиринов, В.В. Покровский. – М.: ВИМ, 2001. – 90 с.
3. Пупонин, А.И. Обработка почвы в интенсивном земледелии Нечерноземной зоны / А.И. Пупонин. – М.: Колос, 1984. – 184 с.

УДК 621.43

А.И. Якубович, В.Е. Тарасенко

(УО «БГАТУ»,

г. Минск, Республика Беларусь)

А.А. Жешко

(РУП «НПЦ НАН Беларуси

по механизации сельского хозяйства»,

г. Минск, Республика Беларусь)

ОЦЕНКА

ЭФФЕКТИВНОСТИ

СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ

ДВИГАТЕЛЕЙ

МОБИЛЬНЫХ МАШИН

Введение

Испытания систем охлаждения предполагают определение влияния на температурный режим охлаждающей жидкости параметров жидкостного и воздушного контуров, условий окружающей среды, режимов работы двигателя. При испытании определяется численное значение контролируемого параметра при изменении отдельного параметра системы или их совокупности. Испытания и их проведение требуют значительных материальных затрат на разработку и изготовление стендовой установки, расходов энергоносителей на работу моторной установки. Результаты проводимых работ порой весьма незначительны и не позволяют определить характер и динамику изменения исследуемого параметра в зависимости от переменного. Приведенная математическая модель, линейные графические зависимости параметров системы охлаждения позволяют получать результаты, аналогичные результатам испытаний, проводимых на стендовых установках. Моделирование с использованием компьютерных технологий значительно сократит время на получение необходимой информации и не потребует больших материальных затрат, что ускорит принятие решений при проектировании систем охлаждения.

Предлагаемая вашему вниманию статья является продолжением ранее опубликованного материала [1, с. 11].

Предельные критические точки процессов теплопередачи системы охлаждения

Рассмотрим схему расчета системы охлаждения, приведенную в работах [1, 2, 3] и представленную на рисунке 7. Предельная точка теплопередачи от жидкости к поверхности охлаждения радиатора находится в точке D, к потоку воздуха – в точке E. Точка D образуется пересечением зависимостей $Q_V = Q(T_V)$ и $Q_F = Q(\bar{T}_V, \bar{T}_W)$, точка E – зависимостей $Q_V = Q(T_V)$ и $Q_W = Q(T_W)$.

Учитывая, что $\Delta T_V = T_{V2} - T_{V1} = q_V Q_V$, а также $\Delta \bar{T}_{V-W} = \bar{T}_V - \bar{T}_W = q_F Q_F$, где q_V – коэффициент пропорциональности, равный $q_V = 1/(c_p \cdot G_V)$, а q_F – коэффициент пропорциональности, равный $q_F = 1/(k_r \cdot F)$, запишем следующие выражения:

$$T_{V.D} - T_{V1} = q_V (Q_{V.D} - Q_{V1}); \quad (1)$$

$$T_{F.D} - \bar{T}_W = q_F (Q_{F.D} - Q_{V1}). \quad (2)$$

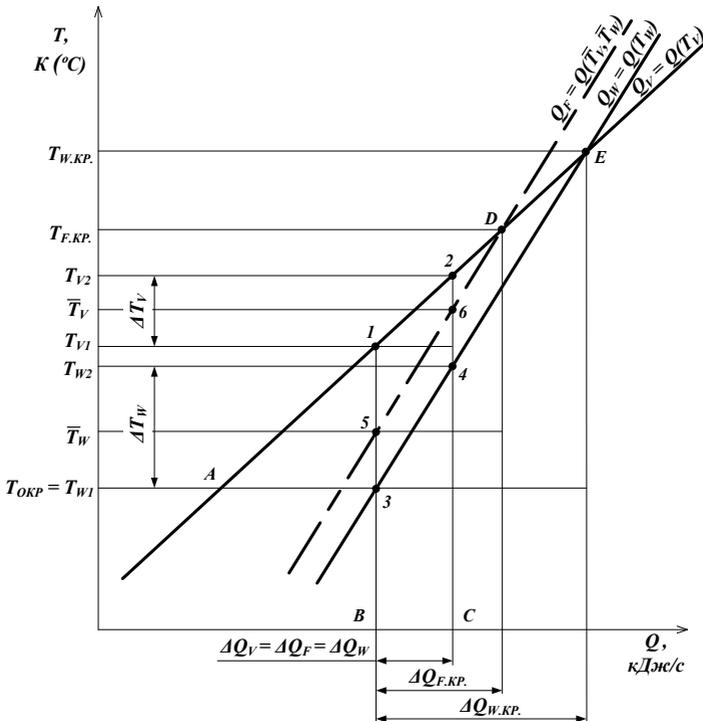


Рисунок 7 – Принципиальная схема для расчета параметров системы охлаждения двигателя мобильной машины

Так как $Q_{V.Д} - Q_{V1} = \Delta Q_{V.Д}$, $Q_{F.Д} - Q_{V1} = \Delta Q_{F.Д}$ и $\Delta Q_{V.Д} = \Delta Q_{F.Д}$, $T_{V.Д} = T_{F.Д}$, решив уравнения (1) и (2), можно записать:

$$\Delta Q_{F.Д} (q_F - q_V) = T_{V1} - \bar{T}_W. \quad (3)$$

Из уравнения (3) определим

$$\Delta Q_{F.Д} = \frac{1}{q_F - q_V} (T_{V1} - \bar{T}_W). \quad (4)$$

По уравнению (4) рассчитывается максимальное количество теплоты, которое поверхность охлаждения может воспринять от охлаждающей жидкости и передать потоку воздуха, т.е. $Q_{F.МAХ} = Q_{F.Д}$. После преобразования уравнение (4) запишем в виде:

$$\Delta Q_{F.МAХ} = \frac{T_{V1} - \bar{T}_W}{\frac{1}{k_T F} - \frac{1}{c_{pV} G_V}}. \quad (5)$$

Из уравнения (5) определим температуру, до которой возможна теплопередача от охлаждающей жидкости к поверхности охлаждения радиатора:

$$T_{V.МAХ} = T_{F.МAХ} = \frac{(T_{V1} - \bar{T}_W)}{1 - \frac{q_V}{q_F}} + \bar{T}_W. \quad (6)$$

После преобразования уравнение (6) запишем в виде:

$$T_{F.МAХ} = \frac{(T_{V1} - \bar{T}_W)}{1 - \frac{k_T F}{c_{pV} G_V}} + \bar{T}_W. \quad (7)$$

Максимальная температура теплообмена между потоком жидкости и радиатором определяется температурными параметрами системы охлаждения, параметрами жидкостного тракта и радиатора.

Процессы теплообмена между жидкостью и потоком воздуха описываются системой уравнений:

$$T_{V.E} - T_{V1} = q_V \Delta Q_{V.E}. \quad (8)$$

$$T_{W.E} - T_{W1} = q_W \Delta Q_{W.E}. \quad (9)$$

При решении уравнений (8) и (9) определим максимальное количество теплоты, которое поток воздуха может воспринять от охлаждающей жидкости:

$$\Delta Q_{W.МAХ} = \frac{1}{(q_W - q_V)} (T_{V1} - T_{W1}).$$

После преобразования уравнение приведем к виду

$$\Delta Q_{W.MAX} = \frac{T_{V1} - T_{W1}}{\frac{1}{c_{pW}G_W} - \frac{1}{c_{pV}G_V}}. \quad (10)$$

Максимальная температура охлаждающей жидкости, до которой поток воздуха может воспринимать теплоту,

$$T_{V.MAX} = T_{W.MAX} = \frac{T_{V1} - T_{W1}}{1 - \frac{c_{pW}G_W}{c_{pV}G_V}} + T_{W1}. \quad (11)$$

Теплообмен между охлаждающей жидкостью и потоком воздуха в системе охлаждения не может доходить до критической точки E, так как предельные возможности теплообмена поверхности охлаждения радиатора, определяемые точкой D, значительно меньше. Уменьшение расходов теплоносителей, их температуры снижает критическую точку теплообмена контура охлаждения по воздуху. Предельное количество теплоты, воспринимаемое воздушной средой, также уменьшается.

Проведем расчет критических точек системы охлаждения с дизелем Д-243 с различными типами радиаторов по полученным формулам. Расходы и температуры охлаждающей жидкости, и потока воздуха получены по результатам стендовых испытаний систем охлаждения и представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты стендовых моторных испытаний системы охлаждения с разными типами радиаторов дизеля Д-243 трактора «Беларус-80.1»

| Тип радиатора | Поверхность охлаждения радиатора, F, м ² | Расход охлаждающей жидкости, V, м ³ /ч (кг/с) | Расход потока воздуха, W, м ³ /ч (кг/с) | Теплота, отводимая жидкостью, ΔQ _V , кДж/с | Температура охлаждающей жидкости, °С | | Температура воздуха, °С | |
|---|---|--|--|---|--------------------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|
| | | | | | T _{V1} | T _{V2} | T _{W1} | T _{W2} |
| 1. Трубчато-пластинчатый, 4-рядн., латун. | 12,6 | 5,9 (1,58) | 4920 (1,49) | 33,23 | 91 | 96 | 42 | 68 |
| 2. Трубчато-пластинчатый, 4-рядн., алюм. | 12,01 | 5,5 (1,50) | 4720 (1,43) | 31,04 | 86 | 90,9 | 41 | 65,5 |
| 3. Трубчато-ленточный, 4-рядн., алюм. | 14,33 | 5,3 (1,42) | 5150 (1,56) | 29,89 | 88 | 93 | 41 | 64,5 |
| 4. Трубчато-ленточный, 2-рядн., поверхн. период. дрос., алюм. | 8,01 | 5,3 (1,42) | 5080 (1,54) | 29,69 | 104 | 109 | 44,2 | 66,2 |
| 5. Трубчатый, оребренный, алюм. | 11,77 | 5,5 (1,48) | 4250 (1,29) | 31,04 | 86 | 91 | 46 | 74 |

Приведенные радиаторы имели сердцевины следующих типов: пластинчатый, ленточный, ленточный с поверхностью периодического дросселирования и из оребренных трубок. Охлаждающие поверхности радиаторов были выполнены из латуни Л-62 и алюминиевых сплавов. Фронтные геометрические размеры радиаторов были одинаковы, по глубине радиаторы отличались числом рядов. Вследствие различного гидравлического и аэродинамического сопротивления радиаторов расходы теплоносителей были не равны. В качестве основного, базового, был принят трубчато-пластинчатый радиатор, применяемый на тракторе «Беларус-80.1».

Испытания систем охлаждения проводились в тепловой камере на моторной установке совместно с дизелем Д-243 при температуре окружающей среды $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$. В качестве охлаждающей жидкости использовалась вода, избыточное давление в жидкостном контуре системы составляло $0,053\text{ МПа}$. Компоновка воздушного контура испытываемых систем охлаждения соответствовала компоновке контура трактора «Беларус-80.1». Испытания проводились в режиме работы дизеля, соответствующем номинальной мощности $N_{e,НОМ} = 57,3\text{ кВт}$ при частоте вращения коленчатого вала $n_e = 2200\text{ мин}^{-1}$.

Из таблицы 1 следует, что температурный режим дизеля с испытываемыми радиаторами в исполнении систем охлаждения (п. 1–3, 5) обеспечивался в заданных пределах, температура воды в жидкостном контуре на выходе из дизеля составляла $91\dots96\text{ }^{\circ}\text{C}$. Исключение составила система (4) с 2-рядным алюминиевым радиатором с поверхностью периодического дросселирования, у которой температура жидкости $T_{12} = 109\text{ }^{\circ}\text{C}$, что превышает допустимое значение контролируемой температуры. Температура воздуха на входе в водяной радиатор превышала температуру окружающей среды ($+35\text{ }^{\circ}\text{C}$) на $6\dots11\text{ }^{\circ}\text{C}$. Это определялось количеством теплоты, рассеиваемым масляным радиатором, и аэродинамическим сопротивлением водяного радиатора, способствующим нахождению воздуха в сердцевине масляного радиатора более продолжительное время. По компоновке масляный радиатор устанавливался перед водяным, и воздух, просасываемый через водяной радиатор, нагревался перед поступлением в водяной радиатор. Перепад температуры воздуха на входе в водяной радиатор и выходе из него составил $\Delta T_w = 22\dots28\text{ }^{\circ}\text{C}$. Количество теплоты, отводимое в охлаждающую жидкость, наибольшее значение имеет у базового трубчато-пластинчатого радиатора и составляет $\Delta Q_V = 33,23\text{ кДж/с}$, что превышает этот параметр исследуемых комплектаций на $6,6\dots10,6\text{ \%}$.

Данные таблицы 1 говорят о том, что при примерно одинаковом отводимом от двигателя количестве теплоты в охлаждающую жидкость наибольшим запасом по теплопередаче обладают трубчато-пластинчатые 4-рядные радиаторы с охлаждающими пластинами из латуни Л-62, наи-

меньшим – трубчато-ленточные 2-рядные радиаторы с поверхностью периодического дросселирования с охлаждающими лентами из алюминиевых сплавов. Это свидетельствует об эффективном использовании 2-рядных трубчато-ленточных радиаторов. Запас теплопередачи по воздуху у 2-рядных ленточных радиаторов значительно превышает этот параметр у пластинчатых радиаторов. Соответственно, максимальные значения температур теплообмена поверхности охлаждения и потока воздуха у ленточных радиаторов выше, чем у пластинчатых.

Из таблицы следует, что при оценке систем по значению температурного режима охлаждающей жидкости заданный оптимальный температурный режим ($T_{V2} = 95_{-2}^{+3}$ °C) обеспечивают системы в комплектации трубчато-пластинчатым радиатором из латуни (п. 1) и трубчато-ленточным радиатором из алюминия (п. 3). Системы по п. 2 и п. 5 имеют температуру ниже задаваемой на 1 °C, а система охлаждения по п. 4 в комплектации с трубчато-ленточным радиатором с поверхностью периодического дросселирования находится в состоянии перегрева, т.к. температура жидкости на выходе из двигателя $T_{V2} = 104$ °C, что превышает температуру кипения воды при избыточном давлении в системе 0,053 МПа на 4 °C.

Расчетные предельные параметры испытанных систем приведены в таблице 2, из которой следует, что возможности систем охлаждения по обеспечению теплового режима дизеля при увеличении теплоотдачи в охлаждающую жидкость ограничены. Вместе с тем минимальная разность между предельно возможным и отводимым количеством теплоты ($\Delta Q_{V,MAX} - \Delta Q_V$) свидетельствует об эффективном использовании поверхности. Эта разность ($\Delta Q_{V,MAX} - \Delta Q_V$) говорит об эффективном использовании возможностей теплообмена и потока воздуха.

Возможности теплопередачи поверхности охлаждения системы по п. 4 с радиатором периодического дросселирования находятся на пределе, разность составляет 1,51 кДж/с, температурный режим охлаждающей жидкости превышает заданный. Возможности теплопередачи потока воздуха этой системы используются недостаточно, разность между возможным и отводимым количеством теплоты составляет 74,31 кДж/с. Критические значения температур охлаждающей жидкости и потока воздуха превышают эти параметры у других систем. Система охлаждения по п. 4 в отмеченной комплектации неспособна обеспечить охлаждение дизеля.

Параметром оценки работоспособности системы является также температура охлаждающей жидкости на выходе из двигателя T_{V2} . Принято считать, что двигатель наиболее эффективно обеспечивает мощностные и экономические показатели при температуре охлаждающей

Таблица 2 – Предельные и критические параметры систем охлаждения по результатам стендовых испытаний

| Тип радиатора | Предельное количество теплоты, кДж/с | | Критические температуры теплообмена, °С | |
|---|---|------------------------------------|---|-----------------------------|
| | поверхности радиатора, $\Delta Q_{F,MAX}$ | потока воздуха, $\Delta Q_{W,MAX}$ | поверхности, $T_{F,MAX}$ | потока воздуха, $T_{W,MAX}$ |
| 1. Трубчато-пластинчатый, 4-рядн., латун. | 35,64 | 77,53 | 96,4 | 102,7 |
| 2. Трубчато-пластинчатый, 4-рядн., алюм. | 33,79 | 71,6 | 91,4 | 97,5 |
| 3. Трубчато-ленточный, 4-рядн., алюм. | 32,18 | 75,9 | 93,1 | 100,7 |
| 4. Трубчато-ленточный, 2-рядн., поверхн. период. дрос., алюм. | 31,2 | 104,0 | 109,4 | 121,8 |
| 5. Трубчатый, оребренный, алюм. | 34,3 | 53,98 | 91,7 | 94,8 |

жидкости, равной 93...98 °С [4]. Максимальное значение температуры жидкости не должно быть равно или превышать температуру, при которой начинается парообразование. Таким образом, по температуре охлаждающей жидкости существуют два ограничения. Эти ограничивающие пределы сравним с максимальным значением температуры $T_{F,MAX}$, при котором теплообмен между охлаждающей жидкостью и поверхностью охлаждения невозможен. Максимальная температура теплообмена должна быть примерно равна или больше максимально допустимой рабочей температуры охлаждающей жидкости, равной для системы охлаждения 99...100 °С. Разность между максимальной температурой теплообмена и рабочей температурой охлаждающей жидкости определяет работоспособность системы, эта разность должна составлять $T_{F,MAX} - T_{V2} > 2...7$ °С. При меньшем значении этого перепада система охлаждения работоспособна, но при незначительном увеличении поступающего количества теплоты в охлаждающую жидкость, например перепад между максимальной температурой теплообмена и рабочей температурой жидкости на выходе из двигателя составляет 0,4 °С, наблюдается недостаточный температурный запас системы охлаждения. Наибольшее значение этого перепада температур, равное 0,7 °С, у системы с трубчатым оребренным радиатором, наименьшее, равное 0,1 °С, – у системы с трубчато-ленточным радиатором из алюминиевых сплавов. Увеличение температурного запаса может быть достигнуто путем увеличения поверхности охлаждения радиатора или расхода потока воздуха.

Из испытанных систем охлаждения по параметрам теплообмена и критическим температурам наиболее эффективной является базовая

система по п. 1 в комплектации с трубчато-пластинчатым радиатором. Температурный режим охлаждающей жидкости системы в данной комплектации, как отмечалось ранее, находится в задаваемых пределах.

Эффективность использования теплоносителей и поверхности охлаждения

Воспользуемся предельными и критическим параметрами для оценки эффективности использования поверхности охлаждения радиатора и потока воздуха. Система охлаждения должна обеспечивать заданную температуру охлаждающей жидкости на всех скоростных и нагрузочных режимах работы двигателя и при различных условиях эксплуатации. При этом энергетические затраты на привод вентилятора, водяного насоса, как отмечалось ранее, должны быть наименьшими. Для оценки системы охлаждения используется энергетический метод [5], оценивающий соотношение переданного количества тепловой энергии в окружающую среду и энергии, затраченной на передачу этого количества теплоты, при циркуляции охлаждающей жидкости и потока воздуха. При этом отводимую теплоту и затраченную энергию относят к единице поверхности охлаждения. Критерием оценки является условный энергетический коэффициент, оценивающий единицу поверхности охлаждения радиатора. При проектировании систем охлаждения оценка по этому методу затруднена ввиду отсутствия данных по энергетическим затратам водяного насоса и вентилятора. К тому же этот коэффициент не оценивает тепловую эффективность системы, ее способность обеспечивать охлаждение двигателя.

Приведенный метод моделирования процессов теплопередачи в системе охлаждения позволяет рассматривать передаваемую тепловую энергию радиатором или теплообменником с заданными теплоносителями и оценить совершенство системы по тепловоспринимающей и теплорассеивающей способностям радиатора, потоков охлаждающей жидкости и воздуха, просасываемого через сердцевину радиатора. Эти критерии позволят оценить эффективность поверхности охлаждения радиатора в совокупности с потоками теплоносителей.

Поверхность охлаждения радиатора рассчитывается исходя из принимаемых или имеющихся расходов жидкости и воздуха. Эффективность выбранной площади поверхности радиатора и принятых расходов теплоносителей оценим отношением количества теплоты, которое отводится или необходимо отвести от охлаждающей жидкости, к максимальным тепловоспринимающим способностям радиатора и потока воздуха.

Количество теплоты, которое отводится от охлаждающей жидкости, равно Q_V , максимальная воспринимающая способность радиатора определяется пересечением графиков зависимостей $Q_V = Q(T_V)$ и $Q_F = Q(\bar{T}_V, \bar{T}_W)$ в точке D (рисунок 7), для потока воздуха – пересечени-

ем графиков $Q_V = Q(T_V)$ и $Q_W = Q(T_W)$ в точке E. Количество теплоты, которое может воспринять от охлаждающей жидкости поверхность охлаждения радиатора и передать потоку воздуха, равно $\Delta Q_{F,MAX}$, а количество теплоты, которое может воспринять поток воздуха, равно $\Delta Q_{W,MAX}$. Максимальное количество теплоты, которое может передать поверхность охлаждения радиатора потоку воздуха, определяется по формуле (5). Количество теплоты, которое может воспринять поток воздуха, определяется по формуле (10).

Разность $\Delta Q_{F,MAX} - \Delta Q_V = Q_F$ является тем количеством теплоты, которое радиатор способен отвести дополнительно к тому количеству, которое он отводит, обеспечивая охлаждение двигателя при данных параметрах системы охлаждения.

Систему охлаждения будем оценивать по двум критериям – работоспособности и надежности. Работоспособность системы будем оценивать абсолютными значениями ее параметров и превышением действительных и допустимых значений этих параметров. Превышение допустимого и действительного значения параметра определяет запас этого параметра. Надежность системы будем оценивать значениями коэффициента теплопередачи от охлаждающей жидкости воздуху через поверхность охлаждения радиатора и степенью использования поверхности охлаждения и потока воздуха. Использование поверхности и потока воздуха оценивается коэффициентом использования, равным отношению действительного значения показателя к максимально возможному при принятых значениях параметров системы.

В соответствии с вышеизложенным количество теплоты, которое поверхность охлаждения передает потоку воздуха, имеет два значения. Одно значение равно количеству теплоты, поступающему в охлаждающую жидкость и отводимому потоком воздуха в окружающую среду. Другое значение расчетное и соответствует максимальному количеству теплоты, которое поверхность охлаждения способна воспринять и передать потоку воздуха при неизменных расходах охлаждающей жидкости и воздуха. Разность этих значений параметра определяет запас системы при проектировании:

$$Q_F = \Delta Q_{F,MAX} - \Delta Q_V.$$

Превышение максимально возможного значения этого параметра и действительного, принятого при проектировании системы охлаждения, подтверждает способность системы охлаждения отводить заданное количество теплоты с некоторым превышением, а отношение

$$\xi_F = \frac{Q_F}{\Delta Q_V} \cdot 100 \% \quad (12)$$

определяет численное значение запаса поверхности охлаждения по передаче теплоты потоку воздуха.

Из таблиц 1 и 2 следует, что абсолютное значение запаса по теплопередаче системы базовой комплектации по п. 1 составляет 2,41 кДж/с и коэффициент запаса равен 7,3 %. Наибольший коэффициент запаса, равный 10,5 %, имеет система охлаждения с трубчатым оребренным алюминиевым радиатором, наименьший, равный 5,1 %, – у системы охлаждения с 2-рядным трубчато-ленточным радиатором с поверхностью периодического дросселирования. Коэффициент запаса по теплопередаче находится в пределах 10...15 %, это значение запаса рекомендуется принимать при расчете радиатора. Рассмотренные системы охлаждения работоспособны, но возможности стабилизации температурного режима при увеличении теплопередачи в охлаждающую жидкость от цилиндров двигателя незначительны.

Надежность функционирования системы охлаждения оценим коэффициентом использования поверхности охлаждения радиатора, равным отношению отводимого количества теплоты для обеспечения заданного температурного режима двигателя к максимально возможной теплорассеивающей способности этого радиатора:

$$\varepsilon_F = \frac{\Delta Q_V}{\Delta Q_{F.MAX}}$$

Приняв, что $\Delta Q_V = \Delta T_V / q_V$ и подставив $\Delta Q_{F.MAX}$ по формуле (5), получим

$$\varepsilon_F = \frac{\Delta T_V}{(T_{V1} - \bar{T}_W)} \left(\frac{q_F}{q_V} - 1 \right). \quad (13)$$

После преобразования формулу (13) приведем к виду:

$$\varepsilon_F = \frac{\Delta \bar{T}_{V-W} - \Delta T_V}{T_{V1} - \bar{T}_W}.$$

Проведенные исследования показывают (таблица 3), что коэффициент использования систем охлаждения, обеспечивающих заданную температуру охлаждающей жидкости, находится в пределах 0,90...0,93. У системы охлаждения с 2-рядным трубчато-ленточным радиатором с поверхностью периодического дросселирования $\varepsilon_F = 0,95$.

Вторым коэффициентом, оценивающим систему охлаждения, является коэффициент использования воздуха, равный отношению отводимого количества теплоты от двигателя к максимальной возможной тепловоспринимающей способности воздуха при заданных расходах теплоносителей и охлаждающей поверхности:

$$\varepsilon_W = \frac{\Delta Q_V}{\Delta Q_{W.MAX}}. \quad (14)$$

Используя формулу (10), получим:

$$\varepsilon_W = \frac{\Delta T_V}{T_{V1} - T_{W1}} \left(\frac{q_W}{q_V} - 1 \right). \quad (15)$$

После преобразования формулу (15) приведем к виду:

$$\varepsilon_W = \frac{\Delta T_W - \Delta T_V}{T_{V1} - T_{W1}}.$$

Таблица 3 – Оценка эффективности систем охлаждения по результатам стендовых испытаний

| Тип радиатора | Коэффициент использования потока воздуха, ε_W | Коэффициент использования поверхности охлаждения, ε_F | КПД системы охлаждения, η_K |
|---|---|---|----------------------------------|
| Трубчато-пластинчатый, 4-рядн., латун. | 0,43 | 0,93 | 0,46 |
| Трубчато-пластинчатый, 4-рядн., алюм. | 0,43 | 0,92 | 0,47 |
| Трубчато-ленточный, 4-рядн., алюм. | 0,39 | 0,92 | 0,42 |
| Трубчато-ленточный, 2-рядн., по-верхн. период. дрос., алюм. | 0,28 | 0,95 | 0,29 |
| Трубчатый, оребренный, алюм. | 0,575 | 0,90 | 0,64 |

Коэффициент использования потока воздуха определяется количеством теплоты, отводимой от двигателя в охлаждающую жидкость, расходом воздуха, а также зависит от перепада температур охлаждающей жидкости на выходе из радиатора и температуры потока воздуха на входе в радиатор.

Проведенные исследования показывают (таблица 3), что коэффициент использования потока воздуха испытанных систем охлаждения, обеспечивающих заданную температуру охлаждающей жидкости, находится в пределах 0,39...0,57. У системы охлаждения с 2-рядным трубчато-ленточным радиатором с поверхностью периодического дросселирования, температурный режим двигателя при которой превышает заданный, равен $\varepsilon_W = 0,28$, что свидетельствует о неэффективном использовании потока воздуха.

Эффективность системы охлаждения теплового контура двигателя будем оценивать отношением количества теплоты, которое может воспринять и передать поверхность охлаждения радиатора, к количеству теплоты, которое может воспринять и рассеять в окружающую среду поток воздуха. Этот оценочный параметр назовем коэффициентом эффективности теплового контура системы охлаждения:

$$E = \frac{\Delta Q_{F.MAX}}{\Delta Q_{W.MAX}}. \quad (16)$$

После преобразования уравнения (16) получим, что коэффициент эффективности теплового контура системы охлаждения равен отношению коэффициентов использования потока воздуха и поверхности охлаждения радиатора:

$$E = \frac{\varepsilon_W}{\varepsilon_F}. \quad (17)$$

Подставив в формулу (17) $\Delta Q_{F,MAX}$ по формуле (4) и $\Delta Q_{W,MAX}$ по формуле (10), получим

$$E = \frac{(\Delta T_W - \Delta T_V)(T_{V1} - \bar{T}_W)}{(\Delta \bar{T}_{V-W} - \Delta T_V)(T_{V1} - T_{W1})}. \quad (18)$$

Расчет по приведенным формулам коэффициента эффективности испытываемых систем охлаждения показывает, что значение этого коэффициента составляет 0,42...0,64. Система охлаждения по п. 5 не обеспечивает заданный температурный режим двигателя с радиатором, коэффициент эффективности равен всего $\eta_K = 0,29$. Значение коэффициента эффективности системы зависит прямо пропорционально от использования потока воздуха и, если коэффициент использования поверхности охлаждения достигнет единицы, коэффициент эффективности системы будет равен коэффициенту использования потока воздуха.

Анализ параметров системы охлаждения

Рассмотрим на примерах использование предлагаемого метода при определении влияния отдельных параметров системы на изменение температурного режима охлаждающей жидкости. Методом расчета или при испытаниях системы охлаждения в тепловой камере графическая модель системы имеет вид, представленный на рисунке 8. Испытания проводились при температуре окружающей среды +35 °С, соответствующей максимально допустимой. Определим, как изменится температура охлаждающей жидкости, если температура в тепловой камере уменьшится и будет равна 20 °С.

Выполним построение модели системы охлаждения при температуре окружающей среды 20 °С (рисунок 8).

При отсутствии других радиаторов и устройств, нагревающих воздух перед фронтом водяного радиатора, температура его на входе в водяной радиатор равна 20 °С. Проведем прямую, параллельную графику функции $Q_W = Q(T_W)$, из точки, находящейся на пересечении ординаты точки 1 с абсциссой, соответствующей температуре $T'_{W1} = 20$ °С. Пересечение этой прямой с ординатой точки 2 определяет температуру воздуха на выходе из радиатора T'_{W2} . Графически или аналитически определим среднюю температуру воздуха и отметим ее на ординате точки 1. Прямая из этой точки, параллельная графику функции $Q_F = Q(\bar{T}_V, \bar{T}_W)$

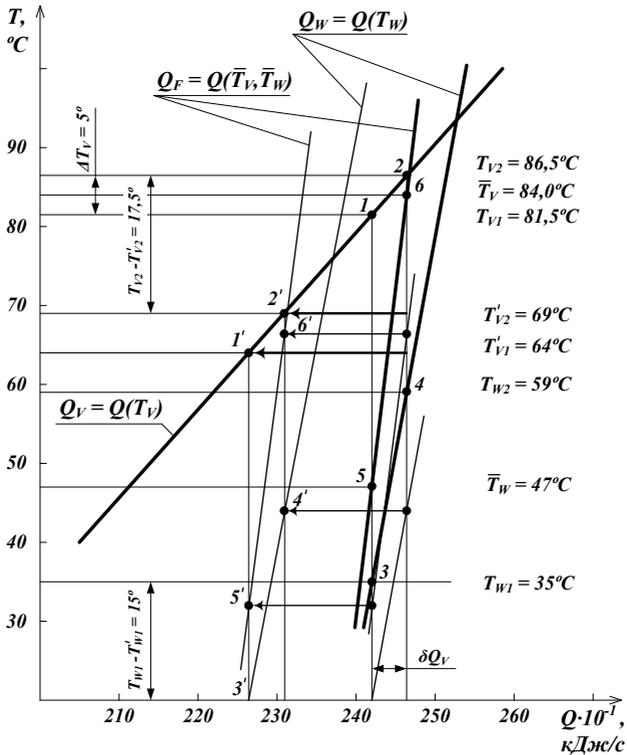


Рисунок 8 – Схема к анализу параметров системы охлаждения при снижении температуры окружающей среды

при пересечении с ординатой точки 2, определяет среднюю температуру охлаждающей жидкости \bar{T}_{V2} . Поскольку расходы теплоносителей и поверхность охлаждения неизменны, принимаем перепад температуры жидкости также неизменным и равным исходной модели системы. На ординате из точки 2 от точки 6 отмечаем отрезки, равные по значению $\Delta T_V/2$. Из полученных точек проводим прямые, параллельные оси абсцисс, до пересечения с графиком функции $Q_V = Q(T_V)$. Точки пересечения 1' и 2' определяют количество теплоты, отводимой в охлаждающую жидкость при температуре воздуха на входе в водяной радиатор при $T'_{W1} = 20$ °С. Проведя через точки 3' и 4' график функции $Q_W = Q(T_W)$ и через точки 5' и 6' график функции $Q_F = Q(\bar{T}_V, \bar{T}_W)$, получим графическую модель системы охлаждения при новых условиях функционирования. Прямые, параллельные оси абсцисс, проведенные через точки 2' и 1', определяют температуру жидкости при снижении температуры ок-

ружающей среды, разность $(T_{V2} - T'_{V2})$ указывает на уменьшение температуры жидкости на выходе из дизеля.

Таким образом, моделирование показывает, что при неизменности параметров системы и теплоемкостей теплоносителей изменение температуры окружающей среды вызывает равное изменение температуры охлаждающей жидкости. В действительности, особенно при низкой температуре воздуха окружающей среды, количество отводимой им теплоты может увеличиться на 3...5 %, что вызовет несколько большее уменьшение температуры жидкости. Исследованиями систем охлаждения установлено, что изменение температуры воздуха на 1 °С приводит к изменению температуры жидкости на 0,8 °С [6]. Методом моделирования определяются общие закономерности изменения температуры жидкости и необходимое изменение расхода потока воздуха при установке перед водяным радиатором теплообменного устройства, повышающего температуру воздуха на входе в водяной радиатор. Данный метод позволяет решать другие задачи системы охлаждения, а именно определить влияние на температурный режим расходов теплоносителей, поверхности охлаждения и др.

Заключение

Предложены критерии оценки использования расходов жидкости и потока воздуха системы охлаждения, коэффициент оценки системы охлаждения в целом, позволяющий рассчитать коэффициент эффективности системы охлаждения. Даны расчетные формулы предложенных критериев. Проведена оценка систем охлаждения по предложенным критериям, установлены среднестатистическое значение коэффициента использования поверхности $\varepsilon_F = 0,92...0,95$, коэффициента использования потока воздуха $\varepsilon_W = 0,40...0,60$ и коэффициента эффективности системы $E = 0,45...0,65$.

Метод моделирования процессов теплопередачи системы охлаждения следует принимать как инструмент для расчета, определения характера изменения параметров систем охлаждения во взаимосвязи при проектировании и проведении научных исследований.

11.06.12

Литература

1. Якубович, А.И. Линейное моделирование процессов теплопередачи в системе охлаждения ДВС / А.И. Якубович, В.Е. Тарасенко, А.А. Жешко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2011. – Вып. 45. – С. 11–23.
2. Якубович, А.И. Системы охлаждения двигателей тракторов и автомобилей. Конструкция, теория, проектирование / А.И. Якубович, Г.М. Кухаренко, В.Е. Тарасенко. – Минск: БНТУ, 2011. – 436 с.

3. Якубович, А.И. К вопросу определения параметров систем охлаждения двигателей мобильных машин / А.И. Якубович, В.Е. Тарасенко // Наука и техника. – 2012. – № 2. – С. 39–45.
4. Якубович, А.И. Экономия топлива на тракторах: монография / А.И. Якубович, Г.М. Кухаренок, В.Е. Тарасенко. – Минск: БНТУ, 2009. – 229 с.
5. Бурков, В.В. Автотракторные радиаторы / В.В. Бурков, А.И. Индейкин. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд., 1978. – 214 с.
6. Тарасенко, В.Е. Обеспечение температурного режима системы охлаждения дизеля сельскохозяйственного трактора совершенствованием жидкостного и воздушного контуров: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03 / В.Е. Тарасенко. – Минск, 2009. – 179 л.

УДК 631.171:621.396

**Ю.В. Авдеев, А.Д. Кононов,
А.А. Кононов**

*(Воронежский ГАСУ,
г. Воронеж,
Российская Федерация)*

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ В ЗАДАЧЕ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ

Введение

При выполнении многих видов работ с помощью сельскохозяйственной, строительной и землеройной техники требуется обработка протяженных участков. При этом возникает задача автоматического дистанционного управления машинно-тракторными агрегатами (МТА) [1, 2], для которой необходимо сформулировать некоторые требования, касающиеся качества работы, выполняемой МТА, в частности, обработки рабочего поля без пропусков (то есть без временной потери управления), экономичности работы, минимизации затрат энергии, времени и т.п.

Объекты и методы исследований

Для выполнения комплекса указанных требований необходимо, в частности, чтобы движение агрегата осуществлялось по оптимальным заданным траекториям. Такими траекториями могут служить спиральная (рисунок 9а), загонная (рисунок 9б), челночная с петлевым разворотом (рисунок 9в), челночная реверсивная (рисунок 9г).

При дистанционном управлении МТА с помощью координатной навигационной системы [1, 2] необходимо выбрать такую траекторию движения, которая определяла бы минимальные затраты времени на ее обработку и наименьшие погрешности при выполнении программы на вычислительном устройстве. Таким требованием, очевидно, могут отвечать те траектории, которые имеют наиболее простое математическое описание.

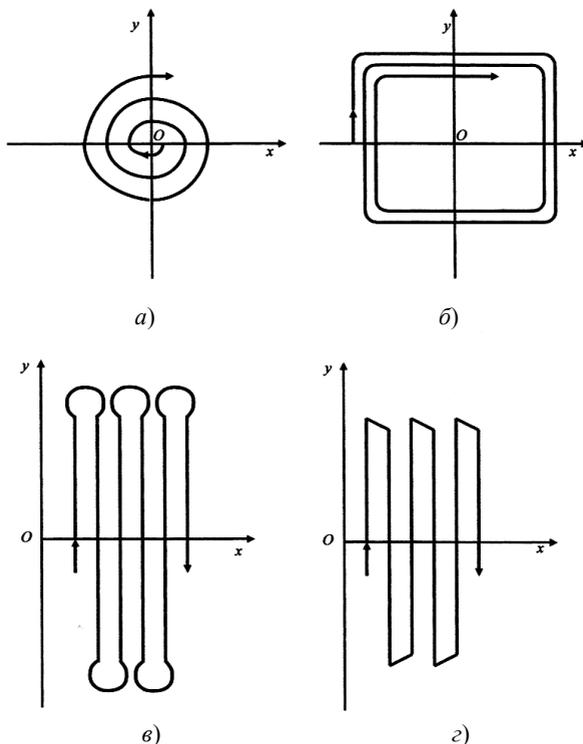


Рисунок 9 – Возможные траектории обработки поверхности

В [1, 2] предложена радионавигационная система определения текущих координат подвижных объектов с использованием разнесенных передающих станций. Описанная система может использоваться для дистанционного управления движением МТА как по прямым траекториям, так и для обеспечения автоматического разворота с отслеживанием предыдущих траекторий движения.

Текущие декартовы координаты положения МТА могут быть определены из решения квадратного уравнения, коэффициенты которого определяются разностями фаз, приходящих от разных станций сигналов навигационной системы на выходе приемного устройства, расположенного на управляемой машине [3].

Пусть на участке обработки со сторонами D расположены станции-излучатели ст1, ст2, ст3 разностно-дальномерной системы (рисунок 10). Для определения текущих координат x, y положения рабочего агрегата обозначим расстояния от МТА до ст1, ст2, ст3 соответственно r_1, r_2, r_3 .

На выходе приемного устройства на МТА получим величины $a = r_3 - r_1$ и $b = r_2 - r_1$, пропорциональные разности фаз сигналов излучателей ст1-ст3 и ст1-ст2 соответственно. Из геометрических соображений можно записать:

$$\begin{aligned} r_2^2 &= (D - y)^2 + r_1^2 - y^2; \\ r_3^2 &= (D - x)^2 + r_1^2 - x^2; \\ r_1^2 &= x^2 + y^2. \\ r_2^2 - r_1^2 &= D^2 - 2Dy; \\ r_3^2 - r_1^2 &= D^2 - 2Dx; \\ r_1^2 &= x^2 + y^2. \end{aligned} \tag{1}$$

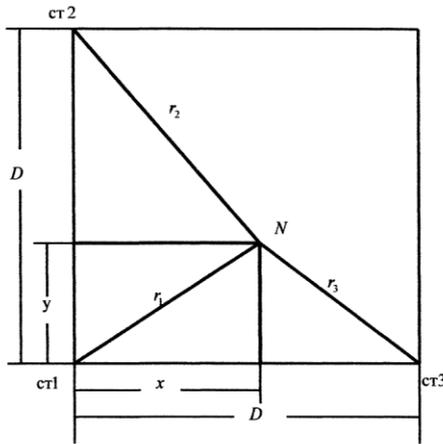


Рисунок 10 – Геометрическая схема разностно-дальномерной системы определения координат объекта

Систему (1) легко привести к виду:

$$\begin{aligned} a(a + 2r_1) &= D^2 - 2Dx; \\ b(b + 2r_1) &= D^2 - 2Dy; \\ r_1^2 &= x^2 + y^2. \end{aligned} \tag{2}$$

Исключая r_1 , получим:

$$\left(\frac{D^2 - 2Dx - a^2}{2a} \right)^2 = x^2 + y^2; \tag{3}$$

$$\frac{D^2 - 2Dx - a^2}{a} = \frac{D^2 - 2Dy - b^2}{b}. \tag{4}$$

Определив y из (4) и подставив его в (3), приходим к уравнению:

$$Ax^2 + Bx + C = 0. \quad (5)$$

Аналогично может быть получено уравнение:

$$A_1y^2 + B_1y + C_1 = 0. \quad (6)$$

В (5) и (6), соответственно, использованы следующие обозначения:

$$\begin{aligned} A &= A_1 = a^2 + b^2 + D^2; \\ B &= \frac{D^2(D^2 - a^2) + b(a - b)(D^2 + ab)}{D}; \\ B_1 &= \frac{D^2(D^2 - b^2) + a(b - a)(D^2 + ab)}{D}; \\ C &= \frac{(a - b)^2(D^2 + ab)^2 - D^2(D^2 - a^2)^2}{4D^2}; \\ C_1 &= \frac{(a - b)^2(D^2 + ab)^2 - D^2(D^2 - b^2)^2}{4D^2}. \end{aligned}$$

Из (5), (6) находим текущие значения координат x , y местоположения МТА в виде

$$\begin{aligned} x_{1,2} &= \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}; \\ y_{1,2} &= \frac{-B_1 \pm \sqrt{B_1^2 - 4AC_1}}{2A}. \end{aligned}$$

Следует отметить, что при этом из физической сущности в алгоритме расчета используются действительные значения корней уравнения.

Из анализа возможных траекторий движения МТА при различных технологических процессах их работы следует, что все траектории движения можно разбить на элементарные участки, которые состоят в общем случае из движения по прямой линии и разворота по определенному закону, имеющему конкретное математическое описание в виде формул, или заданному отдельными дискретными значениями (точками), получаемыми, например, при первом пробном проходе траектории. Такой подход к заданию трассы движения агрегатов соответствует в общем случае заданию движения по прямой в виде уравнения

$$ax + by = c, \quad (7)$$

а уравнение разворота может быть обобщенно представлено как

$$f(x, y) = 0. \quad (8)$$

Формирование задания для движения МТА и измерение разности фаз сигналов, производимое фазовой навигационной системой, позволяет выработать алгоритм определения отклонения движения агрегата от заданной траектории (рисунок 11), включающий в себя следующие элементы:

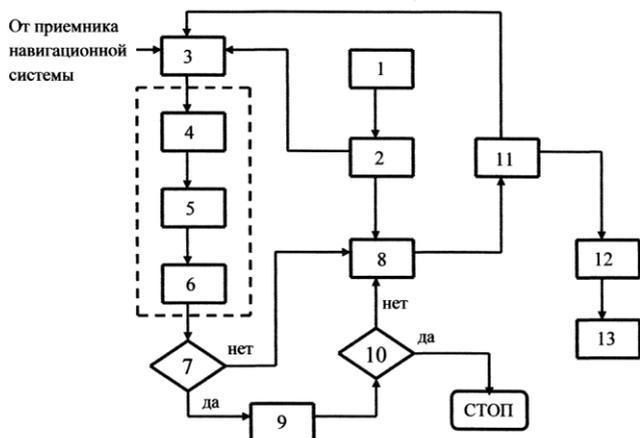


Рисунок 11 – Схема, реализующая алгоритм определения отклонений движения рабочего агрегата от заданной траектории

1 – блок записи исходной информации о размерах рабочего участка, расстоянии между передатчиками навигационной системы, о коэффициентах уравнения первой прямой, ширине захвата рабочего органа и закона разворота МТА;

2 – блок формирования задания на начало движения;

3 – блок измерения текущих разностей фаз сигналов;

4, 5, 6 – блоки определения коэффициентов квадратного уравнения;

7, 10 – устройства сравнения;

8 – блок определения рассогласования;

9 – блок перехода к другой части задания;

11 – блок вывода сигнала рассогласования;

12 – регулятор;

13 – исполнительный механизм.

Исходная информация, заложенная в блоке 1, поступает в блок 2 формирования задания на начало движения, в котором вырабатывается сигнал для включения блока 3 устройства измерения текущих разностей фаз. После этого информация о разности фаз поступает в блоки 4, 5, 6 определения коэффициентов квадратного уравнения. С учетом анализа разности фаз определяются текущие координаты МТА x и y , которые поступают на устройство сравнения 7, где происходит смена частей задания траектории движения объекта в зависимости от его местоположения. При необходимости смены задания управление передается в блок 9, где происходит переход к другой части задания, после чего блок 10 производит проверку на окончание обработки заданного участка. В противном случае управление передается блоку 8, где происходит сравне-

ние текущей траектории движения МТА с заданной (эталонной) и вырабатывается сигнал рассогласования, который в блоке 11 выводится на регулятор 12. Кроме того, блок 11 формирует сигнал, управляющий блоком 3 и инициирующий повторение цикла.

Выходные сигналы приемника навигационной системы, представляющие разности фаз, соответствующие величинам a и b , могут быть преобразованы и выданы для последующей обработки как в аналоговом, так и в дискретном виде. Анализ возможностей аналоговой обработки сигналов при реализации алгоритма управления, представленного на рисунке 11, показывает, что точность вычисления параметров управления не превышает величины 10^{-3} . Использование дискретной обработки выходных сигналов разностно-дальномерной системы позволяет добиться большей точности управления [3]. В связи с этим выходные сигналы фазоизмерительной системы должны быть представлены в цифровом коде, и для решения задачи необходимо использовать цифровое вычислительное устройство.

Текущие значения координат МТА x и y можно определить двумя способами. Первый способ заключается в использовании специализированного вычислительного устройства, позволяющего определять текущие значения координат x и y путем непрерывного решения уравнений со скоростью, достаточной для заданной точности автоматического дистанционного управления при выбранном виде траектории движения МТА.

Второй способ заключается в предварительном разбиении заданной трассы на рабочей поверхности на достаточно большое количество точек, число и расстояние между которыми определяются необходимой точностью управления. После этого по формулам (2) для каждой i -й точки определяются значения a_i^0 и b_i^0 . Данные полученной матрицы заносятся в память вычислительного устройства, расположенного на подвижном агрегате. Впоследствии в дешифраторе путем сравнения текущих значений a_i и b_i с a_i^0 и b_i^0 определяется рассогласование текущих координат движущейся машины.

На практике сначала определяются параметры первого прохода МТА, записываемые в качестве эталонных и задающие характер уравнений движения МТА. Далее в навигационной системе определяются текущие разности фаз, дающие параметры a_i и b_i , исходя из значений которых находятся координаты x_i и y_i , которые отличаются от задаваемых на величину ошибки, вычисляемую по формуле:

$$d = \sqrt{(x_i^0 - x_i')^2 + (y_i^0 - y_i')^2},$$

где x_i^0 , y_i^0 – эталонные,

x_i' , y_i' – фактические координаты МТА.

При превышении рассогласования допустимых отклонений вырабатывается команда управления на исполнительные механизмы, минимизирующая увод агрегата от заданной траектории.

Результаты исследований

Программное обеспечение алгоритма определения координат x и y подвижного МТА реализуется с помощью специализированного вычислительного устройства на базе микропроцессора с использованием языка символического кодирования, содержащего команды и коды, и обеспечивает требования задачи дистанционного управления МТА в части достаточной точности автоматического дистанционного управления и оперативности отслеживания уводов от заданной траектории. Так, измерение разности фаз цифровым фазометром осуществляется с точностью не ниже $0,036^\circ$. Это приводит к определению текущих координат объекта с погрешностью, не превышающей ± 5 см, что является вполне допустимым для большинства технологических процессов МТА.

Заключение

1. Предлагаемый алгоритм диагностики и коррекции увода МТА от заданной траектории обеспечивает выполнение требований автоматического дистанционного управления движением МТА.

2. Для успешной работы комплекса без чрезмерного усложнения аппаратуры необходим точный вывод агрегата в начальную точку для обеспечения повторяемости траекторий движения при повторных циклах обработки, поэтому целесообразно определять координаты в отдельных дискретных точках, а между ними использовать системы слежения.

3. Системы слежения допускают сочетание предложенных методов с известными. Например, системы пространственной обработки могут ставиться перед системами отслеживания траекторий. Это существенно упрощает схемы реализации и увеличивает эффективность комплекса в целом.

4. Для оптимизации работы системы необходимо осуществить комплекс измерений, связанных с особенностями функционирования конкретного рабочего агрегата и свойствами поверхности разрабатываемых грунтов.

06.07.12

Литература

1. Кононов, А.Д. Алгоритм формирования сигналов управления в системах следящего дистанционного управления землеройно-транспортными машинами / А.Д. Кононов, Ю.В. Авдеев, А.А. Кононов // Изв. вузов. Строительство. – 2010. – № 1. – С. 81–86.

2. К вопросу исследования радиоволнового канала системы дистанционного управления землеройно-транспортными машинами / Ю.В. Авдеев [и др.] // Изв. вузов. Строительство. – 2010. – № 10. – С. 86–92.
3. Маршаков, В.К. Система определения координат для автоматического управления мобильными объектами / В.К. Маршаков, А.А. Кононов, В.Н. Аникин // Сб. докладов XVII Междунар. науч.-техн. конф. «Радиолокация, навигация, связь». – Воронеж, 2011. – Т. 2. – С. 1118–1125.

УДК 631.312

**Н.Д. Лепешкин, А.А. Точицкий,
Н.С. Высоцкая**

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

**К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ
ТИПА РАБОЧИХ ОРГАНОВ
ДЛЯ ПОСЛЕУБОРОЧНОГО
ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ОСТАТКОВ
ДЛИННОСТЕБЕЛЬНЫХ
КУЛЬТУР**

Введение

В процессе интенсификации земледелия возрастает значение биологических свойств почвы в формировании высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Существенному улучшению биологических свойств почвы способствует внесение свежего органического вещества в виде соломы и других растительных остатков культур, особенно высокостебельных: рапса, кукурузы на зерно и корма, зеленых удобрений. По сведениям статистического ежегодника 2010 года, площади посевов данных культур составляли 1138 тыс. га, то есть 20 % от всей посевной площади (5600 тыс. га) в республике. Внесенные растительные остатки и навоз являются основными источниками пополнения органического вещества в почве. Однако для получения максимального эффекта внесенные растительные остатки должны быть, как показывают исследования почвоведов, качественно измельчены и заделаны в почву.

Тщательное измельчение растительной массы и заделка ее в почву обеспечивают быстрое разложение органики за счет деятельности аэробных почвенных бактерий, перерабатывающих целлюлозу. Многолетний опыт послеуборочной заделки растительных остатков рапса, кукурузы и зеленых удобрений имеющимися техническими средствами (дисковыми боронами, культиваторами, дисколаповыми агрегатами) показывает, что не обеспечивается требуемое качество измельчения и заделки в почву остатков длинностебельных культур. В результате растительные остатки не полностью разлагаются к началу проведения позднелетних и весенне-полевых работ, что снижает биологическую активность почвы и увеличивает количество токсических веществ и зараженность возбудителями болезней. Все это отрицательно сказывается на развитии растений нового посева [1].

Основная часть

В последнее десятилетие на заводах республики освоено производство двухрядных дисковых борон (дискаторов), а в ЗАО «Славянская технология» разработан и освоен в производстве агрегат АДУ-6 АКД с четырьмя рядами сферических дисков (рисунок 12).

Практика использования двух- и четырехрядных дисковых агрегатов показывает, что они недостаточно качественно измельчают длинно-стебельные культуры. Первые два ряда сферических дисков подкапывают и укладывают растительные стебли. Два следующих ряда дисков уже следуют в рыхлой среде, что снижает эффективность резания стеблей, особенно кукурузных.



Рисунок 12 – Агрегат почвообрабатывающий дисковый АДУ-6 АКД

В 2011 году прошел приемочные испытания новый агрегат почвообрабатывающий многофункциональный АПМ-6 (рисунок 13), разработанный РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства».



Рисунок 13 – Агрегат почвообрабатывающий многофункциональный АПМ-6

Испытания и производственная проверка агрегата показали, что он способен работать на всех типах почв и выполнять все технологические операции обработки почвы в севообороте как в отвальной, так и безотвальной системах земледелия. Это достигается благодаря набору рабочих органов и блочно-модульной конструкции, обеспечивающей путем несложной перестановки местами блоков рабочих органов или замены их сменными блоками возможность составлять технологические схемы агрегата, наиболее полно отвечающие составляющие технологическим процессам обработки различных агрофонов. Это основная особенность, отличающая его от всех известных почвообрабатывающих орудий отечественного и зарубежного производства.

Агрегат АПМ-6 в комплектации «2 ряда сферических дисков + 2 ряда волнистых дисков + катки с зубчатыми дисками» более качест-

венно, чем все ранее упомянутые агрегаты, обрабатывает агрофоны с растительными остатками (стерня зерновых и зернобобовых, гречиха, травы и зеленые удобрения). Однако АПМ-6 недостаточно качественно измельчает и заделывает в почву стерню длинностебельных культур (рапса, кукурузы на зерно и на корм). Требуется разработка специальной комплектации рабочих органов для качественного измельчения и заделки в почву растительных остатков длинностебельных культур.

Фирмой «Kverneland» создан и воспроизведен в ОАО «Брестский электромеханический завод» агрегат ИС-7.1 с активными рабочими органами, приводимыми от вала отбора мощности (рисунок 14). Агрегат предназначен для измельчения и разброса по поверхности поля растительных остатков.



Рисунок 14 – Измельчитель стерни ИС-7.1

Агрегат подготавливает измельченную массу для дальнейшей заделки ее в почву дисковыми орудиями.

Испытаниями агрегата в ГУ «Белорусская МИС» в 2011 году установлено, что он имеет низкую производительность, большой расход топлива (более 10 кг/га) и не обеспечивает заделки остатков в почву.

В России в ряде научных учреждений, большей частью в ВИМе и его Северо-Кавказском филиале, проведены обширные исследования по изысканию наиболее эффективных технологических приемов мульчирующей обработки почвы после пропашных крупностебельных предшественников и созданию новых типов машин для измельчения стеблей и мульчирования ими обработанного слоя почвы при возделывании озимых и яровых зерновых культур в южных степных районах страны на землях, подверженных ветровой эрозии [2].

Одним из наиболее эффективных и доступных средств защиты почвы от эрозии является сохранение на ее поверхности растительных остатков возделываемых культур. Мульчирование позволяет предотвратить дефляцию, резко снизить сток и смыв почвы, улучшить ее водопроницаемость.

В южных степных районах 30...45 % пашни отводится под пропашные высокостебельные культуры: кукурузу, подсолнечник, клецвину, сорго. После уборки этих культур на поле остается 30...80 ц/га непродуктивной растительной массы (стеблей, листьев, стерни и корней), расположенных в верхнем слое почвы), которая может служить надежным почвозащитным средством.

При обработке почвы после таких предшественников орудия должны обеспечивать качественное рыхление пласта и измельчение стеблевых и корневых остатков с сохранением максимального количества их на поверхности обработанного слоя.

В процессе исследований установлено:

1. Для повышения почвозащитной роли все крупностебельные остатки должны быть измельчены на частицы длиной 5–15 см и толщиной менее 10 мм.

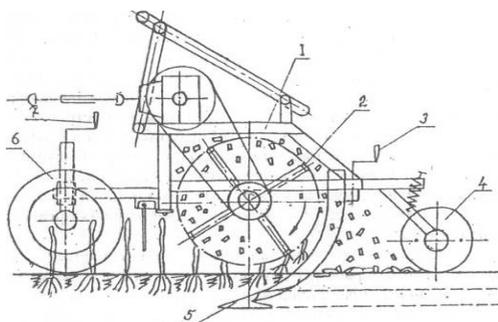
2. Наилучшее качество мульчирующей обработки почвы под посев озимых зерновых культур обеспечивалось в опытах рыхлением поверхностного слоя за 4 прохода в разных направлениях дисковыми лущильниками на глубину 4–5 см с последующей обработкой лаповыми культиваторами на глубину 8–10 см.

3. Наиболее перспективными являются технологические приемы мульчирующей обработки, обеспечивающие предварительное измельчение всех растительных и корневых остатков стеблеизмельчителями, работающими без контакта с почвой, с последующей или одновременной обработкой почвы.

4. Для осуществления мульчирующей обработки почвы после пропашных крупностебельных культур как под озимые, так и под яровые культуры целесообразно создание комбинированной машины, выполняющей за один проход следующие операции:

- измельчение стеблей, стерневых и корневых остатков предшествующей культуры;
- рыхление почвы на глубину 8–12 см с максимальным сохранением измельченных растительных остатков на поверхности поля;
- выравнивание и уплотнение верхнего мульчированного слоя почвы.

На основе выполненных исследований разработаны агротехнические требования и предложение промышленности по созданию комбинированной машины для мульчирующей обработки почвы к трактору Т-150 К (рисунок 15).



- 1 – рама;
- 2 – стеблеизмельчитель;
- 3 – регулировка глубины обработки почвы;
- 4 – каток;
- 5 – лапы рыхлителя;
- 6 – опорное колесо;
- 7 – регулировка высоты среза стеблей

Рисунок 15 – Машина для мульчирующей обработки почвы

Известны более обоснованные и практикой проверенные технические решения для измельчения длинностебельных культур в США и других странах американского континента [3]. Там в целях противоэрозионной защиты почвы создана специальная техника для тщательного измельчения растительных остатков и покрытия ими почвы. Особый интерес представляет агрегат Turbo-Chopper (рисунок 16), который оборудован и дисками, и ножевидными катками.



Рисунок 16 – Агрегат почвообрабатывающий Turbo-Chopper

Благодаря такой комплектации, происходит резка стеблей в продольном и поперечном направлениях, в результате достигается качественное измельчение растительных остатков. Растительные остатки остаются на поверхности почвы для ее защиты от эрозии.

Заключение

Проанализировав известные исследования и результаты практики послеуборочного измельчения растительных остатков длинностебельных культур, можно сделать следующие основные выводы:

- технологический процесс послеуборочной обработки агрофонов длинностебельных культур в условиях Республики Беларусь и других районов с умеренным климатом должен включать операции измельчения растительных и корневых остатков до частиц длиной 5–15 см, заделку их в слой почвы 8–10 см, выравнивание и подуплотнение взрыхленного слоя;
- в условиях континентального климата технологический процесс измельчения растительных остатков и обработки почвы должен быть почвозащитным.

Программа поисковых исследований технологического процесса и рабочих органов для условий умеренного климата должна включать три основных варианта с набором рабочих органов: спирально-ножевые катки (СНК), волнистые диски (ВД), сферические диски (СД) и спирально-планчатые катки (СПК) (рисунок 17).

Для выполнения технологического процесса измельчения растительных остатков и почвозащитной мульчирующей обработки почвы в условиях континентального климата в комплект рабочих органов должны входить: спирально-ножевые катки (СНК), волнистые диски (ВД), игольчатые диски (ИД), плоскорезные лапы (ПЛ), выравниватели ружинные (ВП) и спирально-планчатые катки (СПК).

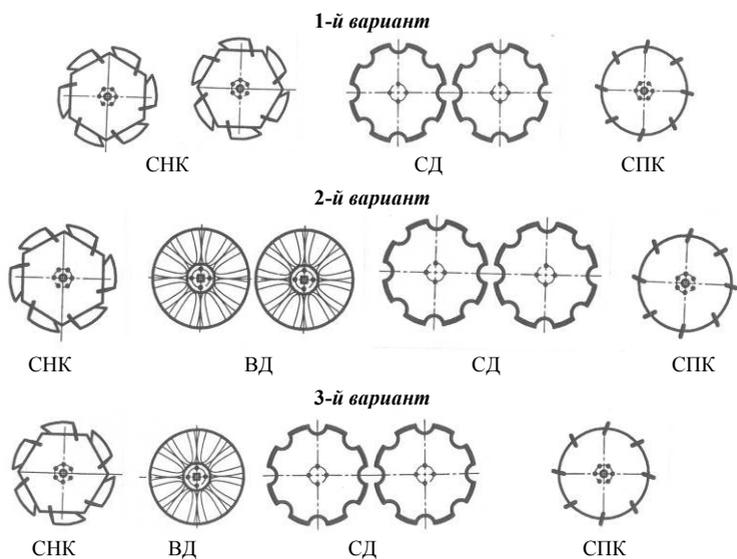


Рисунок 17 – Варианты с набором рабочих органов для обработки почвы

Возможные варианты комплектов (рисунок 18):

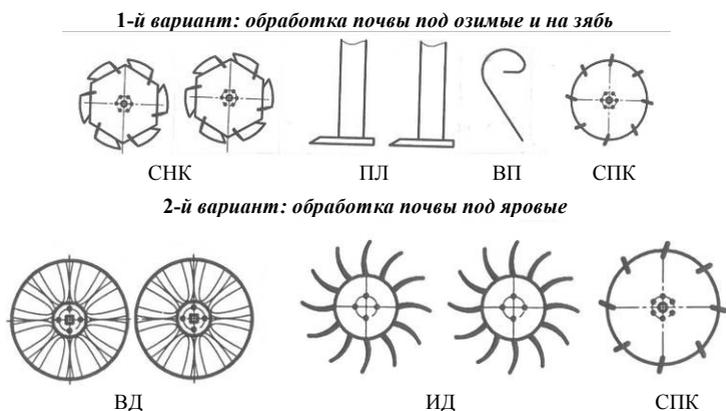


Рисунок 18 – Возможные варианты комплектов рабочих органов для обработки почвы под озимые и на зябь; под яровые

Таким образом, для выполнения поисковых исследований технологических процессов послуборочной обработки агрофонов длинностебельных культур как в условиях отвального, так и безотвального земледелия необходимо разработать и исследовать экспериментальные ра-

бочие органы: спирально-ножевые катки; плоскорезные лапы; игольчатые диски; пружинные выравниватели; спирально-планчатые катки.

Все рабочие органы должны быть размещены в блоках секций агрегата почвообрабатывающего многофункционального АПМ-6.

04.06.12

Литература

1. Корневые гнили озимой пшеницы в условиях почвозащитного земледелия / А.А. Бенкен [и др.]. // Тр. ВИМ. – М., 1973. – Т. 63: Защита почв от эрозии на Северном Кавказе. – С. 54–58.
2. Спири́н, А.П. Мульчирующая обработка почвы: монография / А.П. Спири́н. – М.: ВИМ, 2001. – С. 5–8.
3. Организация мероприятий по обработке почвы от «Джон Дир» [Электронный ресурс]. – 2007. – Режим доступа: [http:// www.deere.com/ua-UA/products.../index.html](http://www.deere.com/ua-UA/products.../index.html). – Дата доступа: 15.06.2012.

УДК 631.312.65

**Н.Д. Лепешкин, И.И. Федорович,
А.Н. Юрин, Н.С. Высоцкая**
*(РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

**РЕЗУЛЬТАТЫ
ИССЛЕДОВАНИЙ
РАБОТЫ АГРЕГАТА
ДЛЯ БЕЗОТВАЛЬНОЙ
ОБРАБОТКИ ПОЧВ АБТ-4**

Введение

Интенсификация сельскохозяйственного производства помимо позитивных имеет и негативные последствия, проявляющиеся в ухудшении некоторых свойств почвы. Самой серьезной проблемой является уплотнение почвы, возникающее вследствие естественных и искусственно вызванных косвенных влияний. Уплотненные почвы отличаются более высокой объемной массой, низкой пористостью, что затрудняет аэрацию для проникновения воды, воздуха. Одновременно повышается сопротивляемость почвы при ее обработке, подготовка почвы к посеву затрудняется, урожай культур снижаются или остаются на одном и том же уровне.

Искусственным фактором, влияющим на уплотнение почвы, являются многократные проходы по полю сельскохозяйственной техники. Наиболее актуальной проблема уплотнения почв колесами тракторов и машин стала в последнее время, что связано с ростом в стране парка тяжелых энергонасыщенных тракторов и комплекса машин к ним [1].

Кроме того, применение вспашки почвы отвальными плугами ежегодно на одну глубину, тем более в одном и том же направлении,

приводит к образованию так называемой плужной подошвы, в результате чего ухудшается питательный, водно-воздушный режим сельскохозяйственных растений (рисунок 19). При внесении органических удобрений на почвах с наличием плужной подошвы может происходить так называемая токсикация растений из-за повышенной концентрации элементов питания, особенно азота. В условиях переувлажнения почвы может происходить удушение корневой системы с последующим ее загниванием, что приводит к ослабленному развитию либо частичному выпадению культурных растений.



Рисунок 19 – Схема плужной подошвы

Поэтому содержание почвы в рыхлом состоянии при определенной плотности имеет решающее значение для получения высокого, устойчивого урожая возделываемых культур.

Основная часть

Для разрушения плужной подошвы в настоящее время применяются чизельные орудия и глубокорыхлители, которые не обеспечивают обработку поверхностного слоя почвы [2].

В то же время за рубежом большое распространение получили дисколаповые бороны фирмы «Simba» (Великобритания) (рисунок 20), Tгіo фирмы «Sumo» (Великобритания) (рисунок 21), DXRV фирмы «Gregoire-Besson» (Франция) (рисунок 22), культиваторы Tiger фирмы «Horsch» (Германия) и др.



Рисунок 20 – Дисколаповая борона фирмы «Simba» (Великобритания)



Рисунок 21 – Дисколаповая борона фирмы «Sumo» (Великобритания)



*Рисунок 22 –Борона дисколаповая складывающаяся
фирмы «Gregoire-Besson» (Франция)*

Агрегаты выполняют послойное безотвальное рыхление, при котором верхний слой рыхлят дисковые рабочие органы [3].

В этой связи становится очевидным, что для комплексной борьбы с переуплотнением почвы и плужной подошвой в республике необходим новый вид машин, способный совмещать операции рыхления поверхностного слоя почвы с обработкой почвы на глубину вспашки. Достичь этого можно за счет применения дисковых рабочих органов и глубокорыхлителей.

С 2010 года в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» лаборатория обработки почвы и посева разрабатывает агрегат для глубокой безотвальной обработки почв АБТ-4.

АБТ-4 предназначен для безотвальной обработки почв на глубину до 30 см, полупаровой осенней обработки зяби, осенней обработки полей после уборки кукурузы, свеклы и картофеля, ранневесенней обработки зяби (закрытие влаги и заделка минеральных удобрений).

Агрегат является полунавесной машиной и состоит из следующих основных узлов: несущей рамы 1; сницы 2; прицепного устройства 3; колесного хода 4; четырех батарей 5 с вырезными дисками; рамки подвесной 6 с рыхлительными рабочими органами 7; трех зубчатых катков 8; двух механизмов регулировки углов атаки передних и задних секций батарей 9; гидросистемы; талрепа 10 и двух подножек 11.

Агрегат должен работать на всех типах минеральных почв с удельным сопротивлением до 0,07 МПа, засоренных камнями средним размером не более 100 мм, с абсолютной влажностью в обрабатываемом слое не выше 25 %. Уклон поля не должен превышать 8°. Микрорельеф должен быть ровным или мелкогребнистым (допускаются неровности высотой не более 7 см).

Технологический процесс, выполняемый агрегатом (рисунок 23), заключается в следующем: сначала агрегат с помощью гидросистемы трактора переводится в рабочее положение, включается одна из рабочих передач трактора и начинается движение по полю (по длине гона). При

движении агрегата передние секции дисковых батарей производят разрезание и дробление растительных остатков и рыхление почвы, рыхлительные рабочие органы с лапами рыхлят почву на необходимую глубину, задняя секция батарей производит дополнительное рыхление почвы и мульчирование обрабатываемого слоя почвы растительными остатками, а зубчатые катки при движении, вращаясь, дробят почвенные комки, выравнивают и уплотняют верхний слой почвы.

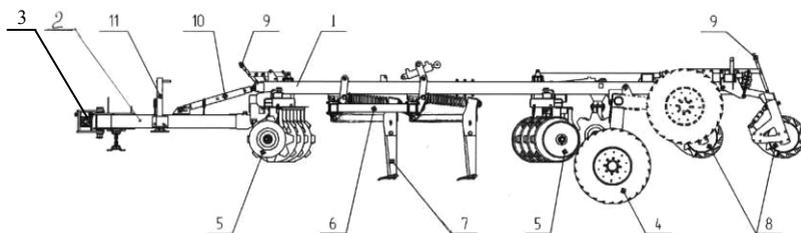


Рисунок 23 – Агрегат для безотвальной обработки почв АБТ-4

Лабораторно-полевые исследования агрегата для безотвальной обработки почв АБТ-4 проводились на полях РУП «Витебский зональный институт сельского хозяйства НАН Беларуси», п. Тулово Витебского района Витебской области, в осенний период 2011 года (рисунок 24).



Рисунок 24 – Агрегат для безотвальной обработки почв АБТ-4 в работе

В результате проведенных исследований было установлено, что агрегат удовлетворительно выполняет технологический процесс безотвальной обработки почвы на глубину 30 см по фону стерни зерновых. Рабочая скорость движения агрегата по фону стерни зерновых при глубине обработки 30 см составила 7,2–9,06 км/ч, что превосходит диапазон требований ТКП 080–2007 (6–8 км/ч), а отклонение средней глубины обработки от заданной при глубине обработки почвы 30 см состави-

ло 1,0 см, что соответствует ТКП 080–2007 (± 2 см). По качеству крошения почвы агрегат удовлетворяет требованиям ТКП 080–2007 (фракции размером до 4 см должны составлять не менее 80 %). Количество комков размером до 4 см составило 89,4–90,3 %. Плотность почвы после прохода агрегата составила в слое 0–5 см 0,988 г/см³, в слое 5–10 см – 0,932 г/см³, в слое 10–15 см – 1,058 г/см³, а в слое 15–20 см – 1 г/см³. Производительность за один час основного времени при глубине обработки 30 см составила 2,88–3,62 га, что соответствует ТКП 080–2007 (2,4–3,2 га), даже превосходит верхний предел.

В весенний период 2012 года исследования агрегата для безотвальной обработки почв АБТ-4 были продолжены на весенних фонах на полях колхоза «Ольговский», д. Ольгово Витебского района Витебской области.

Анализ результатов данных исследований также показал, что агрегат АБТ-4 соответствует своему назначению, обеспечивает обработку почвы в соответствии с агротехническими требованиями также на весенних фонах. При этом среднеквадратическое отклонение от глубины обработки не превышало 1 см. Гребнистость почвы соответствовала требованиям технического задания и составила 3,2–3,8 см. Крошение почвы – 80–90 %.

Заключение

1. Анализ имеющихся в мире сельскохозяйственных агрегатов для обработки почв показывает, что для комплексной борьбы с переуплотнением почвы и плужной подошвой необходим новый вид машин, способный совмещать операции рыхления поверхностного слоя почвы с обработкой почвы на глубину вспашки.

2. Испытания агрегата для безотвальной обработки почв АБТ-4 показали, что он соответствует своему функциональному назначению и в полной мере удовлетворяет агротехническим требованиям к поверхностной глубокой безотвальной обработке.

04.06.12

Литература

1. Кузнецов, Ю.И. Исследование физико-механических свойств почвенных комьев (глыб) / Ю.И. Кузнецов, В.Н. Гуляев // Теория и расчет почвообрабатывающих машин: сб. науч. тр. ВИМ. – М.: ВИМ, 1989. – Т. 120. – С. 44–47.
2. Труфанов, В.В. Глубокое чизелевание почвы / В.В. Труфанов. – М.: ВО «Агропромиздат», 1989. – С. 7–9.
3. Лепешкин, Н.Д. Анализ конструкций рабочих органов для глубокой безотвальной обработки почвы / Н.Д. Лепешкин, Н.С. Высоцкая, А.Н. Юрин // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 19–20 октября 2010 г. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – С. 120–125.

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

ОБОСНОВАНИЕ КОМПЛЕКСА МАШИН ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПОСЕВА НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ

Введение

Почвы Республики Беларусь в большинстве своем не относятся к высокоплодородным. Около 70 % площади пашни расположено на легких супесчаных и песчаных почвах, большая часть которых подстилается песками. Почвы данной группы подвержены ветровой эрозии, имеют постоянный дефицит влаги.

29,8 % площади пахотных земель, особенно в центральной и северной зонах республики, расположены на склонах. Здесь широко распространена водная эрозия. Традиционная отвальная система обработки почвы и посева на склоновых землях усиливает эрозионные процессы, снижает плодородие почвы и урожайность возделываемых культур. По данным института почвоведения и агрохимии [1], ежегодные потери от эрозионных процессов составляют 14–16 т твердой массы с 1 га пашни. Вместе с почвой безвозвратно теряется до 150–200 кг гумусовых веществ, до 10 кг азота, 6 кг фосфора и калия, 5–6 кг кальция и магния. В результате смыва питательных веществ и дефицита влаги урожайность возделываемых культур на склоновых землях на 15–20 % ниже, чем на обычных.

Ежегодные потери плодородия и урожая на склоновых землях объясняются прежде всего тем, что на них все еще применяется агротехника равнинных территорий. Многолетние исследования, проведенные в 70–80-х годах белорусскими институтами ЦНИИМЭСХ и БелНИИПА, показали, что, применяя специальные почвозащитные севообороты и агротехнические приемы, можно остановить эрозионные процессы, потери питательных веществ и урожайности на этих землях.

Основная часть

В зависимости от степени эродированности различают 6 категорий склоновых земель [2]. Для правильного использования земель каждой категории требуются свои агротехнические подходы.

Земли 1-й категории с крутизной склонов от 0 до 1° не подвержены эрозии и могут быть использованы в любом севообороте.

Земли 2-й категории с крутизной 1–3° слабо подвержены эрозии и также могут использоваться в полевых севооборотах, включающих возделывание зерновых, пропашных и технических культур.

Земли 3-й категории с крутизной 3–5° средне подвержены эрозии, представлены среднесмытыми почвами. Почвы этой категории отводят

под почвозащитные севообороты, в которых 40–50 % составляют зерновые культуры и 50–60 % – многолетние злаково-бобовые травы.

Земли 4-й категории с крутизной склонов 5–8° сильно подвержены эрозии. Сильно смытые почвы можно использовать под почвозащитные севообороты, применяя на них специальные противоэрозионные приемы обработки почвы.

Земли 5-й категории с крутизной 8–10° и более очень сильно подвержены эрозии и мало пригодны для обработки, поэтому их наиболее целесообразно использовать под культурные сенокосы и пастбища. Организация культурных пастбищ требует коренной их мелиорации и проведения противоэрозионных мероприятий.

Земли 6-й категории с крутизной склонов более 15° непригодны для земледелия, сенокосов и пастбищ. Это эрозионно опасные земли.

При противоэрозионной организации работ на склоновых землях очень важна правильная оценка почвозащитных свойств возделываемых культур и севооборотов. По противоэрозионной эффективности все культуры можно разделить на следующие основные группы: очень хорошо защищают почвы от разрушения (многолетние травы); хорошо защищают почву (зерновые с подсевом трав); средне защищают почву (однолетние бобовые); плохо защищают почву (пропашные культуры). Из зерновых колосовых озимые имеют более высокую почвозащитную эффективность, чем яровые, так как защищают почву осенью и весной в период стока талых вод.

Наукой и практикой прошлых лет разработан комплекс противоэрозионных мер, направленных на прекращение процесса эрозии и восстановление эффективного плодородия склоновых земель. Среди этих мер важнейшее место занимают агротехнические приемы как наиболее быстродействующие и не требующие дополнительных затрат. При этом первое место принадлежит правильной противоэрозионной обработке. Основная ее цель – задержание осадков на месте их выпадения и перевод поверхностного стока во внутрипочвенный. Это достигается, с одной стороны, безотвальной мульчирующей обработкой верхнего слоя из стерни, растительных и пожнивных остатков, а с другой – глубоким осенним рыхлением почвы. Опыт работы английских фермеров показывает [3], что для получения стабильных высоких урожаев зерновых культур необходимо проводить ежегодное подпочвенное рыхление. Это способствует влагонакоплению, а также развитию корневой системы растений в нижних горизонтах, что позволяет им лучше использовать запасы влаги в сухой летний период.

Обработка почвы и посев в севооборотах на землях 1-й и 2-й категорий может выполняться теми же комплексами машин, что и на равнинах. При этом больше внимания должно уделяться минимальной бесплужной обработке и глубокому рыхлению почвы в севообороте под

пропашные и технические культуры. Для этого в республике имеется вся необходимая техника: плуги, глубокорыхлители, дисковые бороны, чизельные культиваторы, специальные комбинированные агрегаты для минимальной обработки почвы, сеялки и комбинированные почвообрабатывающе-посевные агрегаты.

На землях 3-й, 4-й и 5-й категорий крутизны необходимо использовать почвозащитные севообороты, специальные противоэрозионные приемы обработки почвы и специальную технику.

Так, на средне- и сильноосмытых почвах крутизной 3–8° рекомендуется 5- и 6-польные почвозащитные севообороты, в которых три-четыре поля отводят под многолетние злаково-бобовые травы (преимущественно клевер с тимофеевкой), посев которых является одним из лучших способов борьбы с эрозией почв и окультуривания эродированных земель. Два поля занимают яровыми и озимыми культурами. Примерная схема таких севооборотов: 1 – яровые зерновые с подсевом многолетних трав; 2–4 – травы первого, второго и третьего года пользования; 5 – озимые зерновые.

Почвозащитная система обработки почвы и посева может быть следующей. После уборки озимых зерновых необходимо провести глубокое (30–40 см) безотвальное рыхление, которое предотвратит размыв почвы от стока талых вод, а также обеспечит накопление влаги от осенне-зимне-весенних осадков. По данным исследований ЦНИИМЭСХ и БелНИИПА, глубокое осеннее рыхление зяби на склоновых землях увеличивает запасы продуктивной влаги в метровом слое до 30 мм, повышая при этом урожайность зерна до 3 ц/га. Обработку полей желательно проводить по горизонталям склона, что способствует лучшему накоплению влаги осенне-весенних осадков.

При осенней безотвальной обработке склоновых земель лушение стерни не является обязательным агроприемом, так как оно не оказывает положительного влияния на урожай зерновых культур. Борьбу с сорняками необходимо проводить химическим способом.

Для выполнения глубокого рыхления в республике освоены в производстве агрегат комбинированный АКР-3 (ДП «Минойтовский ремонтный завод») и глубокорыхлитель ГР-70 (ОАО «Брестский электромеханический завод») (рисунки 25).

Весной на склоновых землях при первой возможности выхода в поле необходимо провести сев яровых зерновых с подсевом многолетних трав. Сегодня в республике отсутствует специальная сеялка для выполнения этой операции. Посев существующими посевными машинами можно выполнить только за два прохода агрегата, что снижает противоэрозионную и экономическую эффективность приема.



а)



б)

а) агрегат комбинированный АКР-3; б) глубокорыхлитель ГР-70

Рисунок 25 – Техника для глубокого рыхления

Осенью после уборки яровых зерновых необходимо провести противозерозионное щелевание поперек склона посевов многолетних трав на глубину 40–45 см. Данную операцию необходимо проводить и дальше каждую осень на посевах многолетних трав 1-го, 2-го и 3-го года. Противозерозионная эффективность приема достаточно глубоко изучена в ГНУ Воронежский НИИСХ Россельхозакадемии. По данным исследований [4], запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы возрастали до 30 мм. Щелевание многолетних трав следует проводить дифференцированно в зависимости от крутизны склонов. На склонах до 3° расстояние между щелями должно быть 12–15 м, до 5° – 10 м и свыше 5° – 3–5 м.

Кроме осеннего щелевания, на каждом поле многолетних трав весной необходимо проводить подкормку азотными удобрениями с аэрацией посевов бороной с игольчатыми дисками. По данным исследований ЦНИИМЭСХ (70–80 г/га), подкормка с аэрацией посевов многолетних трав боронами с игольчатыми дисками повышает урожайность на 10 ц/га.



Рисунок 26 – Агрегат почвообрабатывающий дисковый АПД-6

Принимая во внимание обозначенные выше проблемы, в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» ведутся работы по обоснованию и разработке ряда машин: специальной сеялки для смешанных посевов в отвальной и безотвальной системах земледелия, универсального блочно-модульного рыхлителя-щелевателя, игольчатых дисков как сменных рабочих органов к уже созданному агрегату почвообрабатывающему дисковому АПД-6 (АПД-БИ), производство которого осваивается в ОАО «Бобруйсксельмаш» (рисунок 26).

На четвертом году севооборота после уборки трав 3-го года необходимо провести химическую обработку оставшегося травостоя, после

чего выполнить предпосевную обработку поля на глубину 16–20 см агрегатом почвообрабатывающим многофункциональным АПМ-6, производство которого освоено в ОАО «Бобруйксельмаш» (рисунок 27).



Рисунок 27 – Агрегат почвообрабатывающий многофункциональный АПМ-6

Посев озимой ржи можно выполнить любой сеялкой с дисковыми сошниками. Перед уходом посевов в зиму необходимо провести щелевание почвы на глубину 40–45 см через 3–5 м.

Земли 5-й категории крутизной 8–10° и более используют, в основном, под культурные сенокосы и пастбища, организация которых требует коренной их мелиорации и проведения противоэрозионных мероприятий. Коренная мелиорация сложного моренно-холмистого рельефа включает комплекс мероприятий по изменению рельефа, водного режима и плодородного слоя поля. В результате создаются благоприятные условия для произрастания растений и эксплуатации техники.



Рисунок 28 – Сеялка зернотукотравяная прямого посева СПП-3,6

Для выполнения данной операции в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработана и освоена в производстве ОАО «Брестский электромеханический завод» сеялка зернотукотравяная прямого сева СПП-3,6 (рисунок 28).

Необходимо разработать подобную более производительную сеялку шириной захвата 6 м.

Заключение

Почти треть пахотных земель Республики Беларусь расположена на склонах.

Почвы склоновых земель подвержены водной и механической эрозии, в результате чего ежегодно безвозвратно смывается часть гумусового слоя и питательных веществ, недобирается 15–20 % урожая.

Для защиты почв склоновых земель от эрозии необходимо широко применять почвозащитные севообороты и специальные агротехнические приемы обработки почвы и посева: глубокие (40–45 см) рыхление и щелевание, бесплужную мульчирующую обработку верхнего слоя почвы, стерневой посев зерновых культур, азотные подкормки многолетних трав с аэрацией дернины, прямой подсев трав.

Для качественного выполнения почвозащитных технологий обработки почвы и посева на склоновых землях необходимо ускорить разработку недостающей техники:

- сеялки для смешанных посевов в отвальной и безотвальной системах земледелия;
- универсального блочно-модульного рыхлителя-щелевателя;
- модификации агрегата почвообрабатывающего дискового АПД-6 с игольчатыми дисками;
- сеялки зернотукотравяной шириной захвата 6 м.

В целях ускорения защиты почв склоновых земель от эрозии и повышения урожая возделываемых культур необходимо в районных и областных комитетах по сельскому хозяйству соответствующих зон более широко обсуждать проблему, разрабатывать и проводить необходимые мероприятия.

12.03.12

Литература

1. Валько, В.П. Некоторые экономико-биологические проблемы интенсификации земледелия / В.П. Валько // Белорусское сельское хозяйство. – 2011. – № 7. – С. 38–42.
2. Кулаковская, Т.Н. Защита почв от эрозии в западном регионе СССР (Белорусская ССР, Литовская ССР, Латвийская ССР, Эстонская ССР) / Т.Н. Кулаковская. – Минск: Ураджай, 1978. – С. 7–10.
3. Allen P.R., Stewart B.A., Unger P.W. Conservation tillage and energy. – Journal of soil and water conservation, 1977. – V. 32. – № 2. – P. 84–87.
4. Турусов, В.И. Приемы обработки почвы в условиях засухи / В.И. Турусов, М.И. Сальников / ГНУ Воронежский НИИСХ Россельхозакадемии // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Засуха: научно обоснованные подходы к решению проблемы в аграрном производстве», 6 июня–6 июля 2011 г. Доклад № 20 / <http://ariser.narod.ru/konferenciya2011-sek2>.

Введение

Развитие животноводства в республике зависит от создания прочной кормовой базы, значительную часть которой составляют травяные корма. Однако продуктивность природных сенокосов и пастбищ, как правило, низкая.

Поэтому необходимо создание культурных сенокосов и пастбищ с посевом бобово-злаковых травосмесей, позволяющих при соответствующей агротехнике возделывания повысить продуктивность лугов до 5...7 тыс. кормовых единиц с 1 га [1].

Основная часть

Бобово-злаковые травосмеси, рекомендованные для возделывания в Беларуси, в основном состоят из бобовых (клевер, вика, горох и др.) и злаковых (ежа сборная, райграс, овсяница луговая, лисохвост и др.). Возделывание этих компонентов в чистом виде или смесях возможно с минимальным использованием ручного труда, как правило, все операции механизированы.

Вместе с этим имеются определенные трудности при высеве современными сеялками с катушечными дозирующими элементами семян злаковых трав с пониженной сыпучестью или вообще несипучих: их невозможно дозировать с требуемой равномерностью. Это связано с невозможностью стабильного и равномерного заполнения семенами желобков катушки только под воздействием гравитационных сил посевного материала.

В связи с этим требуется внешнее дополнительное принудительное воздействие, для осуществления которого необходимо введение в севающее устройство специальных конструктивных элементов – нагнетателей.

Известно, что трудносипучие и несипучие семена имеют довольно низкую плотность. Они рыхлые и, как среда, способны деформироваться, т.е. уменьшаться в объеме (уплотняться) от внешнего воздействия. При этом у них высокий коэффициент внутреннего трения частиц между собой, соответствующий углу естественного откоса, достигающему 70 и даже 90° (райграс, лисохвост) [2].

Все эти свойства необходимо учитывать при разработке конструктивных и эксплуатационных параметров нагнетателя. Его производительность должна согласовываться с производительностью дозирующего эле-

мента. Характер взаимодействия с посевным материалом не должен вызывать напряжения сдвига в его слоях, что способствует возникновению механических повреждений, снижающих всхожесть. Степень уплотнения должна соответствовать допустимому нормальному напряжению.

Выполнение этих требований в чистом виде для каждого вида семян с их частными физико-механическими свойствами возможно только при использовании нагнетателей с индивидуальными характеристиками, что для практики неприемлемо.

Необходима разработка универсального типа нагнетателя.

На основании анализа литературных данных можно сделать вывод о том, что наиболее приемлемой схемой в силу простоты конструктивного исполнения и удобства в изменении функциональных свойств является нагнетатель роторного типа.

С этой точки зрения наибольший интерес представляет нагнетатель с радиальными лопатками одинаковой кривизны, т.е. из одной дуги круга.

Предлагаемый высевашающий аппарат с нагнетателем состоит из бункера 1 (рисунок 29), высевашающего окна 2 с катушечно-желобчатым дозирующим устройством 3 и лопастного нагнетателя 4, закрепленного на горизонтальном валу 5, который установлен над высевашающим окном 2.

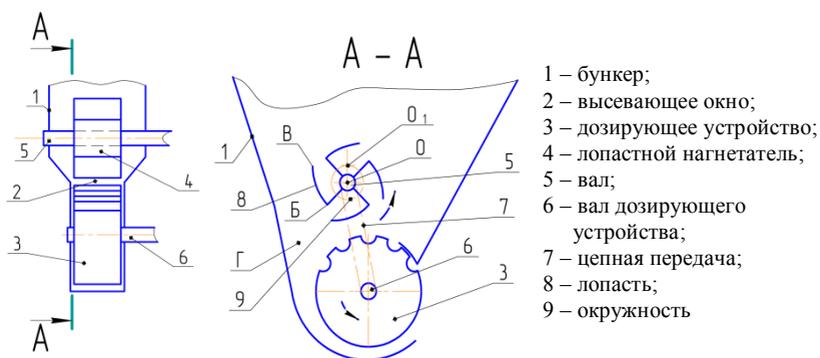


Рисунок 29 – Схема высевашающего аппарата с нагнетателем

Причем лопасти 8 нагнетателя 4 в поперечном сечении имеют цилиндрический профиль с центром вращения образующей « O_1 », который расположен на окружности 9, соосной с центром « O » вала 5 нагнетателя, а радиус вращения передней « B » грани лопасти меньше радиуса вращения задней « B » грани. Форма лопастей нагнетателя и их пространственное расположение обеспечивают угол скольжения уплотняющей поверхности меньше угла трения посевного материала. Этим исключается возникновение послышного сдвига, происходит заполнение желобков катушки и повышается равномерность посева. Вал 6 дозирующего устройства 3 связан цепной передачей 7 с валом 5 нагнетателя 4.

Высевающий аппарат с нагнетателем работает следующим образом.

В бункер 1 засыпается посевной материал. При движении сеялки вал 6 дозирующего устройства 3 вращается с частотой, обеспечивающей требуемую норму высева, и через цепную передачу 7 приводится в движение вал 5 нагнетателя 4. Одновременно лопасти 8 нагнетателя 4 вследствие разности между радиусами вращения их передней «Б» и задней «В» граней после пересечения передней гранью «Б» горизонтальной плоскости, проходящей через центр вращения «О» вала 5 нагнетателя 4, начинают подуплотнять посевной материал в высевающем аппарате будет происходить при прохождении задней гранью «В» лопасти 8 нагнетателя 4 вертикальной плоскости, проходящей через центр «О» вала 5 нагнетателя 4.

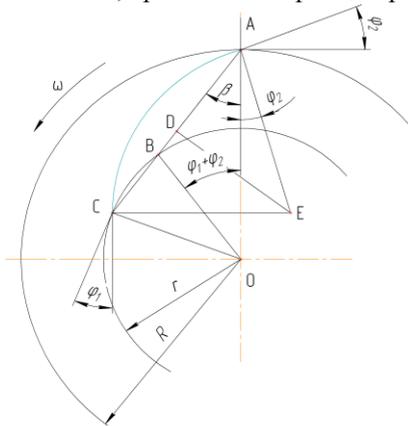


Рисунок 30 – Построение профиля лопатки нагнетателя

Методика построения профиля лопатки нагнетателя в достаточном приближении может быть заимствована из проектирования лопаточных машин для жидкостей и газов.

Предлагается следующий порядок построения профиля лопатки нагнетателя (рисунок 30).

Из конструктивных условий априори принимаем наружный и внутренний радиусы R и r нагнетателя, согласованные с геометрическими параметрами сопрягаемых элементов высевающего аппарата.

Определяем минимальные и максимальные значения углов трения для высеваемых материалов по металлической поверхности φ_1 и φ_2 .

Строим из одного центра «О» две окружности радиусом R и r .

На любом радиусе OA в центре «О» строим угол $\varphi_1 + \varphi_2$ до пересечения стороны этого угла с окружностью радиусом r в точке B .

Прямую AB продолжаем до пересечения ее с окружностью радиусом r в точке C .

Перпендикуляр из D точки прямой AC дает искомый центр E при пересечении со стороной угла φ_2 , построенного на AO у точки A . Отрезок EC является искомым радиусом окружности профиля лопатки.

Правильность этого построения следует из того, что

$$\varphi_1 + \varphi_2 + \beta = \angle OBC = \angle OCB;$$

$$\varphi_2 + \beta = \angle EAC = \angle ECA,$$

следовательно, путем вычисления:

$$\varphi_1 = \angle OCB - \angle ECA = \angle OCE.$$

Полученный профиль лопатки имеет угол скольжения передней грани (точка С), равный минимальному углу трения φ_1 , а задней грани (точка А) – максимальному φ_2 . Следовательно, он изменяется с возрастанием по дуге СА, и при определенном его значении в сыпучей массе посевного материала возникнут касательные напряжения, способствующие более компактному заполнению желобков катушки.

Заключение

На основании полученных результатов, исходя из требуемой нормы высева, можно определить геометрические параметры нагнетателя и режим его работы, обеспечивающие дозирование трудносыпучих и несыпучих семян в соответствии с агропотребованиями.

19.06.12

Литература

1. Новоселов, Ю.К. Резервы увеличения производительности растительного белка / Ю.К. Новоселов, А.А. Кутузов. – М.: Колос, 1972. – 231 с.
2. Карпенко, А.Н. Процесс питания и работа катушечного аппарата при нижнем высеве / А.Н. Карпенко: труды Всесоюзного научно-исследовательского института механизации сельского хозяйства. – Т. 12. – Москва, 1949. – 285 с.

УДК 631.531.011

**Н.Д. Лепешкин, Ю.Л. Салапура,
В.В. Мижурин, Д.В. Зубенко**

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

**ИССЛЕДОВАНИЕ
УСАДКИ СЕМЯН
КОРМОВЫХ ТРАВ**

Введение

Одной из основных задач растениеводства, кроме производства зерна для пищевых и фуражных целей, является обеспечение животноводства сбалансированными грубыми кормами из смеси бобовых и злаковых трав. В рационе крупнорогатого скота такие корма составляют 60–70 % [1]. Поэтому снижение себестоимости животноводческой продукции непосредственно связано со стоимостью травяных кормов, которая зависит от урожайности составляющих компонентов.

Важным условием успешного выполнения данного требования является осуществление процесса посева трав в соответствии с агротехническими требованиями.

Основная часть

Разнообразие размеров семян кормовых трав, их форма и состояние внешней оболочки создают определенные трудности при выполнении данного процесса, т.к. они имеют разную степень сыпучести. По этому показателю семена подразделяются на четыре основные группы.

Большинство семян бобовых трав имеют повышенную сыпучесть, и проблем при их высеве не возникает. Значительная же часть семян злаковых трав имеет пониженную сыпучесть (ежа сборная, овсяница луговая и др.) или являются несипучими (райграсс, лисохвост луговой, мятлики и др.). Процесс дозирования таких семян, особенно при минимальных нормах высева, трудновыполним в части соблюдения агротребований по неустойчивости высева (способности подачи в систему высева одинакового количества высеваемого материала за любой равный промежуток времени). Это обусловлено образованием свода (сверху) или колодца (снизу), стенки их стойки и не осыпаются. Поэтому сначала уменьшается количество высеваемых семян, а потом высева и вовсе прекращается, что приводит к образованию чередующихся изреженных и загущенных посевов.

Все это свидетельствует о необходимости разработки дозирующего устройства, позволяющего высевать трудносыпучие и несипучие семена кормовых трав в соответствии с агротехническими требованиями.

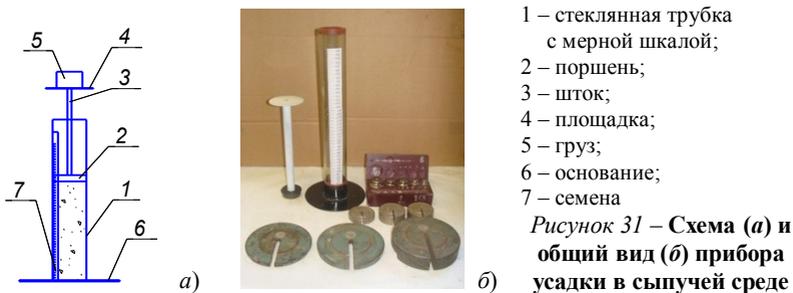
При разработке дозирующего устройства для высева трудносыпучих семян наибольший интерес представляет частный случай, когда сыпучая среда находится в замкнутом объеме, уменьшающемся в направлении перемещения посевного материала. Этот объем с двух сторон ограничен боковыми стенками корпуса высевающего аппарата, с третьей – задней стенкой и дном, с четвертой – катушкой. Сыпучая среда (семена) в этом объеме (кроме находящихся в желобках катушки) будет пребывать в состоянии движения. При этом будет происходить внутреннее скольжение частиц друг относительно друга, т.е. будет формироваться так называемый активный слой посевного материала.

Создание таких условий для высева трудносыпучих и несипучих семян кормовых трав только за счет активирования их желобчатой катушкой невозможно по причине значительных сил сцепления между отдельными семенами и малой плотности. Поэтому требуется определенное силовое воздействие на посевной материал, находящийся в корпусе высевающего аппарата, дополнительными конструктивными элементами высевающих устройств.

Для определения оптимальных геометрических и технологических параметров таких элементов необходимо установить максимальные значения нормальных напряжений τ для семян каждого вида высеваемых трав.

Для определения нормального напряжения и степени деформации было отобрано четыре культуры: лисохвост, ежа, райграсс и костер. По механическим свойствам их семена относятся к трудносыпучим, поэтому представляют особый интерес для определения степени деформации.

Исследования проводились на приспособлении, схема и общий вид которого представлены на рисунке 31.



Для проведения эксперимента брались семена влажностью 14–17 %, напряжение с интервалом 0,37 МПа создавалось с помощью грузов, начальная высота слоя семян, засыпаемых в стеклянную трубку, равнялась 300 мм.

Коэффициент относительной усадки (в процентах) определялся как отношение высоты слоя семян до и после воздействия нагрузки. Результаты исследований представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Экспериментальные значения коэффициента усадки при различной нагрузке

| Культура | Нагрузка, МПа | | | | | | | | | | |
|--------------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0,37 | 0,74 | 1,11 | 1,48 | 1,85 | 2,22 | 2,59 | 2,96 | 3,33 | 3,7 | 4,08 |
| Лисохвост луговой | 12,9 | 20,5 | 25 | 28 | 31 | 33,7 | 35 | 37 | 38 | 40 | 41 |
| Райграс пастбищный | 4 | 6,7 | 8,7 | 10 | 12 | 12,7 | 13,7 | 15 | 16 | 16,7 | 17 |
| Ежа сборная | 6,3 | 10 | 12,7 | 14,6 | 17 | 18,7 | 20,3 | 21,7 | 22,7 | 23,7 | 25 |
| Костер безостый | 11,7 | 16,3 | 19,3 | 21,7 | 24 | 25,7 | 27 | 28 | 29,7 | 30 | 31,7 |

Для наглядности данные таблицы 4 представлены графически (рисунок 32).

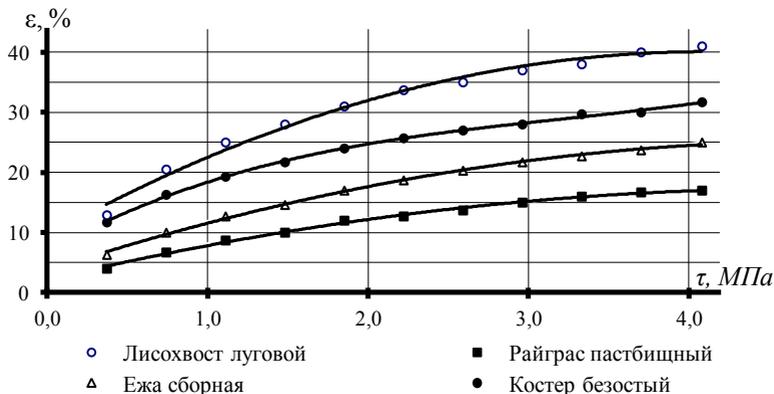


Рисунок 32 – Зависимость коэффициента усадки ϵ от нагрузки τ

Заключение

Из графика следует, что при одинаковых значениях нагрузки наибольшую усадку имеет лисохвост луговой, а наименьшую – райграс. Увеличение нагрузки свыше 4,08 МПа практически не вызывает изменений усадки, поэтому ее можно принять как предельно допустимую при расчете геометрических и эксплуатационных параметров дозирующего устройства с активирующими элементами для высева трудносыпучих семян кормовых трав.

19.06.12

Литература

1. Новоселов, Ю.К. Резервы увеличения производительности растительного белка / Ю.К. Новоселов, А.А. Кутузов. – М.: Колос, 1972. – 231 с.

УДК 631.356-52

В.П. Буяшов, Г.Ч. Калей,

В.Е. Кругленя

(УП «Тэкс Транс»,

г. Минск, Республика Беларусь)

В.М. Бурдыко

(Минсельхозпрод Республики Беларусь,

г. Минск, Республика Беларусь)

Й. Моска (*«Lemken», Германия*)

Т. Шольц (*«Schmitz», Германия*)

Ф. Нойманн (*«Gaugele», Германия*)

У. Поллекс (*«Avila», Германия*)

**АВТОМАТИЧЕСКОЕ
ВОЖДЕНИЕ СЕЛЬСКО-
ХОЗЯЙСТВЕННЫХ
АГРЕГАТОВ ПО
УЗКОПРОФИЛЬНЫМ
ГРЕБНЯМ ПРИ
ВОЗДЕЛЫВАНИИ
ПРОПАШНЫХ
КУЛЬТУР**

Введение

В мировой практике наметилась тенденция применения самоходных специализированных сельскохозяйственных машин. На полях нашей страны работают сложные зерноуборочные комбайны Дон-1500Б, КЗС-10К, КЗР-10, комбайны фирм «Claas», «New Holland», «Case», «John Deere»; кормоуборочные комбайны КПК-3000, «Ягуар»; свеклоуборочные фирм «Kleine», «Holmer», КСН-6М (ПО «Гомсельмаш»); появился самоходный почвообрабатывающе-посевной агрегат «Бриллиант» фирмы «Lemken».

Основная часть

Самоходные машины имеют высокую производительность, лучшие показатели качества работы, хорошую проходимость и маневренность.

Самоходные картофелеуборочные машины (КУМ) выпускаются в Бельгии, США, Канаде, Германии, Нидерландах и других странах [1]. Разработкой самоходных комбайнов занимались немецкая фирма

«Grimme», бельгийские фирмы «АВР» и «Dewulf», голландская «Amaks». Производительность самоходного комбайна выше производительности полуприцепного на 10–20 %. Так, например, выпускавшийся ПО «Рязсельмаш» самоходный четырехрядный картофелеуборочный комбайн-погрузчик КСК-4-1 способен за сезон убрать картофель с площади до 300 га. Каждая такая машина может заменить два-три полуприцепных двухрядных комбайна, что позволяет снизить затраты труда в 3 раза и расход горючего на уборку каждого гектара в 2 раза [2].

Вместе с тем, как показала широкая хозяйственная проверка, усложнились функции комбайнера-машиниста самоходной машины, поскольку он должен совмещать обязанности оператора и водителя, а также контролировать рабочие органы комбайна, что в условиях герметизации и звукоизоляции кабины и значительного удаления их от места машиниста затруднительно. Машинист картофелеуборочного комбайна (КУК) должен включать и выключать привод рабочих органов, направлять колеса комбайна вдоль убираемых грядок картофеля, управлять положением выгрузного транспортера, опускать и поднимать подкапывающие рабочие органы, взаимодействовать с водителем идущего рядом транспортного средства, изменять скорость комбайна в зависимости от чистоты клубней на переборочном столе, и, естественно, в его обязанности входит контроль за работой двигателя, узлов и механизмов машины. Все это приводит к быстрой утомляемости комбайнера-машиниста и, как следствие, снижению производительности комбайна и качества уборки картофеля.

Поэтому согласно техническому заданию на разработку четырехрядного самоходного КУК были намечены работы по автоматизации этой машины, включающие следующие системы:

- контроля надежности технологического процесса;
- стабилизации глубины хода лемехов;
- контроля поступательной скорости КУК;
- автоматического вождения;
- для регулирования режимов рабочих органов;
- для регулирования высоты падения клубней при выгрузке в транспортное средство;
- автоматического регулирования загрузки комбайна.

Вождение представляет собой наиболее тяжелый процесс управления, обуславливающий основную часть психофизической нагрузки механизатора. Так, исследования процесса ручного вождения колесного трактора показали [3], что на 6-м часу работы интенсивность управляющих воздействий опытного водителя на рулевой механизм возрастает в 4–6 раз, на 9-м часу работы – в 8,6 раза, среднеквадратическая ошибка вождения увеличивается на 43 % и продолжительность реакции

выбора возрастает в 1,5–2,0 раза. В результате снижаются производительность и качество работы, возрастает износ рулевого механизма.

При испытании колесных тракторов с системой автоматического вождения (САВ) на пахоте установлено [4], что по сравнению с ручным вождением энергозатраты тракториста снижаются в 2 раза, мышечное утомление развивается в 3–4 раза медленнее, а утомляемость сердечной мышцы в 1,5 раза меньше. При этом за счет повышения качества вождения (вследствие исключения фактора усталости водителя) производительность агрегата повышается на 6 % и обеспечивается в 1,5 раза более высокая стабильность ширины захвата, не зависящая от скорости движения и дневного или ночного времени работы.

В связи с этим возникла необходимость решить задачу автоматического вождения сельскохозяйственных агрегатов.

Автоматизация вождения имеет не только экономическое, но и большое социальное значение, ибо, помимо непосредственного улучшения условий труда и повышения производительности агрегата, она повышает культуру производства, культурно-технический уровень механизатора. В результате выполнения НИОКР были созданы САВ, работающие по различным схемам: зерно-, свекло-, картофеле-, кукурузоуборочных машин и других сельскохозяйственных агрегатов.

До настоящего времени не найдено бесспорного научного решения задачи автоматизации вождения сельскохозяйственных агрегатов и самоходных машин. Вначале САВ не получили практического применения не только из-за несовершенства их конструкций, но и из-за того, что сам трактор как объект в САВ по своей конструкции и своим динамическим качествам не был приспособлен для работы в них [4].

Современные тракторы и самоходные машины имеют более совершенную конструкцию, а разработка и применение САВ является одной из актуальных практических задач. В настоящее время должны найти применение САВ на рабочем гоне, причем основной интерес представляют САВ машин по естественным базовым траекториям (борозда, грядка, ряд растений и т.д.), а также с помощью систем глобального позиционирования (GPS), которые стремительно завоевывают популярность. Наиболее часто их используют для параллельного вождения в автоматическом режиме.

Более 15 лет GPS успешно используется в растениеводстве для документирования выполненных работ и оптимизации технологических операций. Системы параллельного вождения на базе технологии GPS стали широко применяться в полеводстве лишь в последние 10 лет [5].

Принцип их работы заключается в том, что сначала трактором или самоходной машиной делается первый проход и фиксируется в системе как базовая колея. После того как система получает информацию о ши-

рине захвата, она может обеспечить прохождение следующих гонов параллельно первоначальному.

По техническому исполнению эти системы подразделяются на три группы: ручные системы параллельного вождения; системы частичного автопилотирования и системы автоматического вождения (автопилоты).

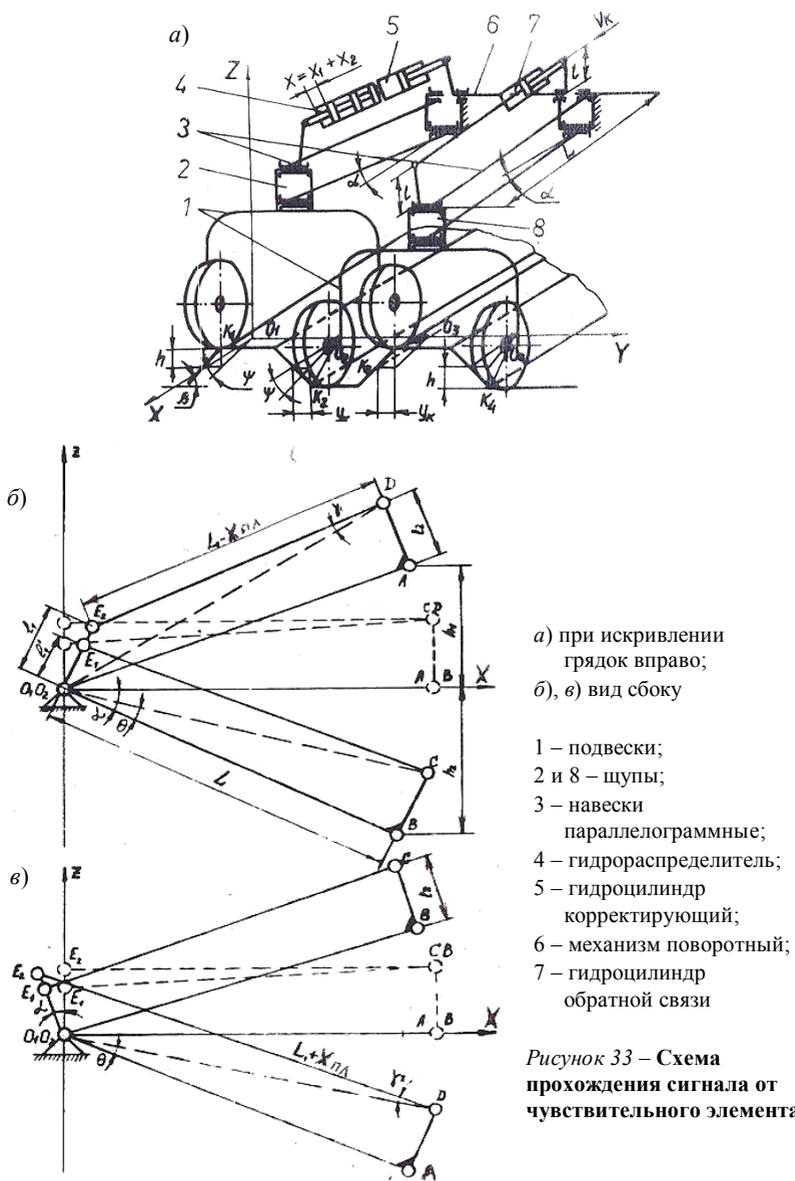
Точность системы параллельного вождения зависит от используемой системы GPS и от корректирующих сигналов. В ручных системах добавляются еще ошибки водителя. Лучшие системы с высокоточными корректирующими сигналами достигают точности $\pm 1-2$ см. Системы со спутниковыми корректирующими сигналами достигают точности порядка $\pm 5-10$ см.

Работы по созданию автомата вождения для самоходного КУК КСК-4, пропашного трактора и высвобождаемого энергетического модуля ВЭМ-220 проводились с 1975 г. в БИМСХ-БГАТУ совместно с ЦНИИМЭСХ, НПО ВИСХОМ и ГСКБ по машинам для возделывания и уборки картофеля (г. Рязань).

На основании технической документации, разработанной на кафедре «Сельскохозяйственные машины» и в студенческом КБ, и решения объединенного заседания научно-технических советов Государственного комитета СССР по производственно-техническому обеспечению сельского хозяйства, Министерства сельского хозяйства и Министерства тракторного и сельскохозяйственного машиностроения, Минским опытным механическим заводом Госкомсельхозтехники БССР и опытным заводом НПО ВИСХОМ были изготовлены САВ в количестве 27 шт. гидромеханического (рисунок 33) и электрогидравлического типа (рисунок 34).

Щупы 2 и 8 (рисунок 33) с помощью продольных параллелограммных навесок 3 шарнирно соединены с рамой КУК. К передней части навесок щупов соответственно шарнирно крепятся гидрораспределитель 4 с реверсивным золотником и корректирующим гидроцилиндром 5, а также гидроцилиндр обратной связи 7, штоки которых посредством регулируемых рычагов, жестко установленных на валу 6, кинематически связаны между собой. В гидравлическую систему входят насосная установка, включающая два гидронасоса, резервуар для масла, два предохранительных клапана, насос-дозатор с гидрораспределителем рулевого управления, гидроцилиндр управляемых колес КУК.

При движении щупов в зоне искривления грядок, например, вправо или при смещении агрегата от их направления влево на угол φ катки правого щупа 2 поднимаются по линиям O_1K_1 , O_3K_3 вверх, а катки левого 8 опускаются по линиям O_2K_2 , O_4K_4 вниз на величину h . При этом подвеска 3 правого щупа повернется на угол α вверх и переместит золотник на расстоянии X_1 , а подвеска левого щупа опустится вниз на такой же угол α и через рычаги и вал 6 переместит корпус гидрораспределителя на величину X_2 .



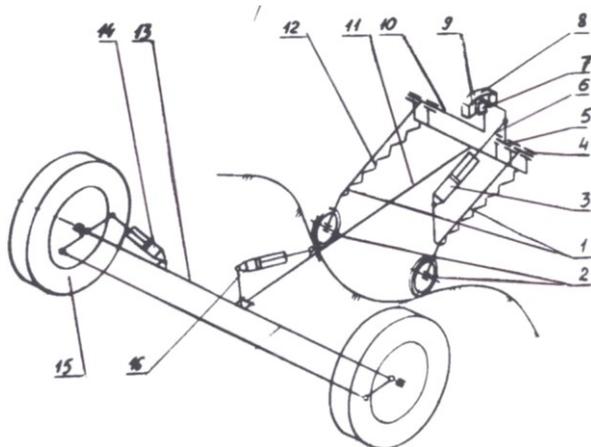
а) при искривлении
 грядок вправо;
 б), в) вид сбоку

1 – подвески;
 2 и 8 – шупы;
 3 – навески
 параллелограммные;
 4 – гидрораспределитель;
 5 – гидроцилиндр
 корректирующий;
 6 – механизм поворотный;
 7 – гидроцилиндр
 обратной связи

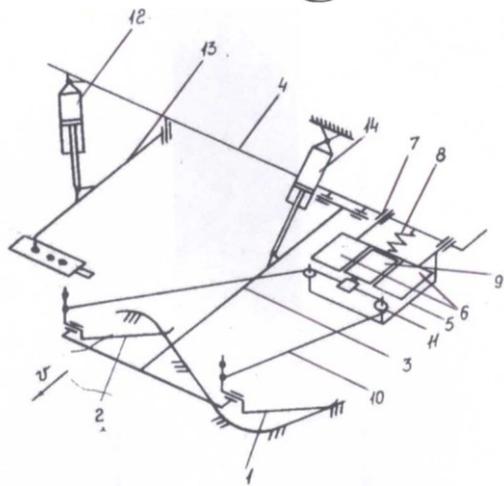
Рисунок 33 – Схема
 прохождения сигнала от
 чувствительного элемента

На рисунке 33 б, в изображены в продольно-вертикальной плоскости два положения механизма передачи сигнала от каждого шупа, причем рисунок 33б аналогичен рисунку 33а – грядки искривляются вправо, а на рисунке 33в – искривляются влево. В первом случае золотник и

корпус гидрораспределителя перемещаются навстречу друг другу, а во втором – в противоположные стороны. При этом звено $E_2D = L - X_{пл}$ укорачивается (поворот направо) на величину суммарного перемещения золотника и корпуса гидрораспределителя $X_{пл}$, а при повороте грядок налево звено $E_2D = L + X_{пл}$ удлиняется на величину $X_{пл}$.



а)



б)

- а) 1 – шуп; 2 – каток; 3, 14, 16 – гидроцилиндры; 4, 5, 10 – валы; 6 – шток; 7 – пластинка; 8 – кронштейн; 9 – преобразователь; 11 – рама; 12 – пружина; 13 – балка; 15 – колесо; б) 1, 2 – шуп; 3 – рамка; 4 – рама; 5 – кронштейн; 6 – преобразователь; 7 – направляющая; 8 – пружина; 9 – пластинка металлическая; 10 – трос; 11 – шкив; 12, 14 – гидроцилиндры; 13 – прицепная сница

Рисунок 34 – Принципиальные схемы САВ трактора (а) МТЗ-102 и комбайна (б) КПК-3

Для определения суммарного перемещения $X_{\text{пл}}$ рассмотрим треугольник E_2O_2D и применим теорему синусов:

$$\frac{E_2D}{\sin E_2O_2D} = \frac{E_2O_2}{\sin E_2DO_2} = \frac{O_2D}{\sin O_2E_2D}.$$

Подставив значения углов и длину сторон треугольника E_2O_2D и решив относительно перемещения $X_{\text{пл}}$, получим суммарное перемещение золотника и корпуса гидрораспределителя при искривлении грядок вправо (п) и влево (л):

$$x_{\text{пл}} = x_1 + x_1 = \pm \sqrt{(l_1 - l_2)^2 + L^2} \pm \pm \sqrt{l_1^2 + l_2^2 + L \pm 2 \cdot l_1 \sqrt{l_2^2 + L^2} \cdot \sin(\alpha \pm \arctg l_2/L)},$$

где l_1 и l_2 – соответственно длина рычага, на котором закреплены золотник гидрораспределителя и шток гидроцилиндра коррекции;
 L – длина продольных навесок щупов.

Данное выражение аппроксимируется уравнением чисто линейного усилительного звена при отклонениях агрегата в зоне агротехнического допуска $\pm \Delta_{\text{п}}$, если принять $Y_{\text{к}}$ за вход, $X_{\text{пл}}$ – выход звена:

$$X_{\text{пл}} = (2 \cdot L^{-1} \cdot l_1 \cdot \text{tg } \beta) Y_{\text{к}},$$

где β – угол наклона боковой поверхности грядки к горизонту;

$Y_{\text{к}}$ – отклонение точки копирования от траектории ориентации;

$K_{\text{чз}} = 2 \cdot L^{-1} \cdot l_1 \cdot \text{tg } \beta$ – коэффициент усиления чувствительного элемента.

Для автоматического вождения агрегатов при возделывании и уборке картофеля были разработаны САВ трактора МТЗ-80, МТЗ-102 и полуприцепного КУК КПК-3 электрогидравлического типа [6, 7, 8] (рисунок 34). Электрогидравлическая САВ трактора (рисунок 34) состоит из двух щупов 1 с копирующими катками 2, установленных шарнирно на раме 11 с помощью радиальных подвесок. Катки 2 прижимаются к боковым поверхностям грядок пружинами 12. На правом щупе шарнирно закреплен гидроцилиндр 3 обратной связи, шток которого установлен на кронштейне 8 вместе с преобразователями 9. Правый щуп жестко связан с валом 4, кронштейн 8 – с валом 5, а левый щуп – с валом 10, на конце которого установлена металлическая пластинка 7. Рама 11 САВ шарнирно закреплена к балке 13 переднего моста трактора, поворот управляемых колес 15 которого осуществляется с помощью гидроцилиндра 14. Гидроцилиндр 16 переводит раму 11 в транспортное положение. В транспортном положении щупов поворот управляемых колес 15 происходит при вращении рулевого колеса и подаче рабочей жидкости насосом-дозатором в гидроцилиндр 14. Система работает следующим образом. При работе трактора рама 3 опущена (рисунок 34а), щупы 1 и 2 движутся по боковым поверхностям борозды,

выключатель замкнут, электрическая схема получает питание, а золотник секции гидрораспределителя трактора переведен в рабочее положение, например, «Подъем», для осуществления гидропитания электрогидрораспределителя. В рабочем положении щупы катятся по боковым поверхностям двух соседних грядок. Если в процессе движения трактор отклоняется, например, вправо от грядок, то копирующее колесо 2 правого щупа 1 будет подниматься, а колесо левого щупа – опускаться. При этом кронштейн повернется вместе с валом 5 вперед, а металлическая пластинка 7 вместе с валом 10 – назад и зайдет в сквозной паз заднего преобразователя 9, на выходе которого появится сигнал. При этом сработает реле и через свои контакты подаст питание на один из электромагнитов гидрораспределителя, переместив его золотник. Рабочая жидкость от насосной станции направится через насос-дозатор в штоковую полость гидроцилиндра 3 обратной связи. Из бесштоковой полости этого гидроцилиндра рабочая жидкость поступит в одноименную полость гидроцилиндра 14, повернув управляемые колеса влево, а кронштейн 8 – назад. Взаимодействие между преобразователем и металлической пластинкой 7 прекратится, и золотник гидроцилиндра возвратится в нейтральное положение, соответствующее определенному углу поворота управляемых колес. При отклонении агрегата в другую сторону система обработает сигнал на поворот управляемых колес вправо.

Электрогидравлическая система направления комбайна КПК-3 включает два щупа 1 и 2 (рисунок 34б), шарнирно закрепленных на рамке 3, которая установлена в шарнирах на раме 4 машины. На раме 4 закреплен гидроцилиндр 12, соединенный штоком с шарнирной прицепной сницей 13. С целью подъема щупов 1 и 2 в транспортное положение рамка 3 может поворачиваться относительно рамы 4 с помощью гидроцилиндра 14. Кронштейн 5 с преобразователями 5 типа ПИЩ-6-1 установлен на раме 4 с возможностью перемещения в направляющих 7 и подпружинен относительно рамы 4 посредством пружины растяжения 8. Металлическая пластина 9 связана с тросом 10, который перекинут через шкивы 11, установленные на кронштейне 5 равноудаленно от преобразователя 6. Если в процессе движения комбайна его подкапывающие органы отклоняются от борозд, например, вправо по ходу движения машины, то щуп 1 опускается, а щуп 2 – поднимается. Это вызывает движение троса 10, пластинка 9 перемещается к одному из преобразователей 6 и вызывает его срабатывание. В результате подачи напряжения на соответствующий электромагнит золотник гидрораспределителя смещается из нейтрального положения, и рабочая жидкость под давлением поступает к гидроцилиндру 12, вызывая смещение передней части КУК с подкапывающими органами влево относительно трактора. При возвращении подкапывающих органов в исходное положение относительно продольных осей борозд щупы 1 и 2 и пластинка 9 также возвращаются в исходное положение,

при достижении которого движение штока гидроцилиндра 12 прекращается. Для подбора необходимой чувствительности системы точки крепления троса 10 к шупам 1 и 2 могут регулироваться по высоте.

При исследованиях САВ в полевых условиях использовалась киносъемка (рисунок 35). На киноплёнке фиксировались отклонения нулевой отметки линейки от осевой линии грядки, обозначенной белым шнуром, при различных скоростях движения машины без подкапывания грядок как при ручном, так и при автоматическом вождении. При ручном вождении в качестве комбайнеров были задействованы студенты БИМСХ-БГАТУ Й. Моска, Т. Шольц, Ф. Нойманн и У. Поллекс.



Рисунок 35 – Определение точности вождения САВ

В результате были получены оценки среднеквадратического отклонения лемеха КУК относительно базовой линии (таблица 5).

Таблица 5 – Точность вождения при различных скоростях движения

| Тип управления | $V_M, \text{см}$ | $\sigma_{Y_{\text{нз}}}, \text{см}$ | $V_M, \text{м/с}$ | $\sigma_{Y_{\text{нз}}}, \text{см}$ | $V_M, \text{м/с}$ | $\sigma_{Y_{\text{нз}}}, \text{см}$ |
|----------------|------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| Ручное | 0,9 | 2,33 | 1,2 | 1,84 | 1,8 | 1,52 |
| Автоматическое | 0,9 | 2,86 | 1,2 | 1,84 | 1,8 | 0,41 |

Анализ результатов таблицы показывает, что точность автоматического вождения выше по сравнению с ручным на скорости движения 1,2 и 1,8 м/с. С увеличением скорости движения с 0,9 до 1,8 м/с среднеквадратическое отклонение носка лемеха относительно базовой линии при одинаковых настроечных параметрах САВ уменьшается с 2,86 до 0,41. При изменении коэффициентов усиления чувствительного элемента и обратной связи достигается точность вождения агрегатов в зоне агротехнического допуска $\pm 5 \text{ см}$.

В результате государственных испытаний самоходных КУК на Западной МИС выявлены рост производительности КУК КСК-4-1 в варианте с САВ по сравнению с КУК без САВ за час эксплуатационного времени на 4,9 %, снижение затрат труда на эксплуатацию машины в 1,9 раза и улучшение условий труда механизатора.

Лучшие показатели работы КУК с САВ получены за счет повышения рабочей скорости из-за более точного вождения, уменьшения напряжен-

ности труда комбайнера, появившейся возможности больше внимания уделять наблюдению за выполнением ТП, что привело к уменьшению времени устранения технологических отказов с 0,76 до 0,63 ч.

Годовой экономический эффект применения САВ на КУК КСК-4-1 составляет 772 у.е. [2].

Хозяйственные испытания трактора МТЗ-102 с САВ на полях колхоза «Красная Звезда» Столбцовского района Минской области при возделывании и уборке картофеля показали, что при ручном управлении механизатор поворачивает рулевое колесо 8–16 *раз/мин.* на окучивании при скорости 1,5 *м/с* и 3–9 *раз/мин.* на уборке картофеля при скорости движения 0,63–1,04 *м/с* [7]. При включенной САВ механизатор практически не воздействует на рулевое колесо. Ручную коррекцию он применяет при отсутствии базовой поверхности или нарушенном профиле борозды. В современных условиях целесообразно применение разработанных нами электрогидравлических САВ на рабочем гоне: пропашных тракторов при возделывании сельхозкультур на узкопрофильных гребнях, на полуприцепных КУК с боковым подкапыванием грядок ККБ-1 и ККБ-2 и самоходных ККС-2.

Заключение

В настоящее время разработка и внедрение САВ сельскохозяйственных агрегатов в растениеводстве является актуальной проблемой. САВ по естественным базовым траекториям при возделывании корнеклубнеплодов и овощей на узкопрофильных гребнях наиболее приемлемы для условий Республики Беларусь, так как САВ по технологии GPS очень дорогие.

29.02.12

Литература

1. Typentabelle – Kartoffelsammelroder / R. Peters // Kartoffelbau. – 1999. – № 7. – S. 260–269.
2. Буяшов, В.П. Автоматическое вождение картофелеуборочных машин: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.07 / В.П. Буяшов. – Минск, 1985. – 178 л.
3. Литинский, С.А. Влияние скорости движения тракторного агрегата на показатели качества его вождения / С.А. Литинский, М.П. Пензин // Тракторы и сельхозмашины. – 1969. – № 1. – С. 18–20.
4. Бутов, Н. Трактор К-700 с устройством для автоматического вождения / Н. Бутов, Ю. Толстоухов // Техника в сельском хозяйстве. – 1973. – № 3. – С. 49–51.
5. До свидания, маркер! Сравнение 16 систем параллельного вождения // Новое сельское хозяйство. – 2006. – № 3. – С. 82–86.
6. Устройство для автоматического направления сельскохозяйственной машины: а. с. 1510738 СССР / Л.А. Вергейчик, В.П. Буяшов, П.Е. Орлов и др.; БИМСХ; № 4281457; заявл. 29.06.87 // Бюллетень изобретений, 1989. – № 3. – С. 5.

7. Автоматическое вождение агрегатов при возделывании и уборке картофеля: Отчет о НИР / БИМСХ; рук. темы В.П. Буяшов. – Минск, 1990. – 18 с. – № ГР 01900040019.
8. Разработка и исследование средств автоматического направления подкапывающих органов КПК-3: отчет о НИР / БИМСХ, рук. темы В.П. Буяшов. – Минск, 1989. – 24 с. – № ГР 01900045108, инв. № 02900036679.

УДК 631.374

А.Н. Смирнов,

Н.Д. Лепешкин

(РУП «НПЦ НАН Беларуси

по механизации сельского хозяйства»,

г. Минск, Республика Беларусь)

**РАСЧЕТ НЕКОТОРЫХ
КИНЕМАТИЧЕСКИХ
И ДИНАМИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ
ПОГРУЗОЧНОГО
ОБОРУДОВАНИЯ
ОДНОКОВШОВОГО
ФРОНТАЛЬНОГО
ПОГРУЗЧИКА**

Введение

Гидравлические фронтальные погрузчики широко применяются в строительстве, на железнодорожном транспорте, в лесной промышленности, сельском хозяйстве и других отраслях для погрузки и транспортирования сыпучих и кусковых материалов, а также выполнения других работ. Для расширения области применения погрузчиков используют сменное рабочее оборудование.

В современных конструкциях фронтального погрузочного оборудования исключительное применение имеет гидравлическое управление, обеспечивающее простоту привода, высокие силовые параметры и долговечность.

Гидропривод подъема и опускания рабочего органа обычно выполняется непосредственным действием гидроцилиндров на стрелу, данный гидромеханизм является безрычажным. Технологические движения рабочего органа осуществляются гидравлически с помощью поворотных механизмов. По характеру действия гидроцилиндров на рабочий орган механизмы бывают рычажные (перекрестные, параллелограммные) и безрычажные [1, 2].

Кинематические и динамические параметры гидромеханизмов подъема стрелы и поворота рабочего органа (например, ковша) гидравлического фронтального погрузчика имеют большое значение при синтезе кинематики погрузочного оборудования, так как определяют его скоростные и силовые характеристики. Правильный, рациональный выбор этих параметров обеспечивает необходимые кинематические и силовые показатели погрузочного оборудования.

В работе [3] приведен расчет выходных характеристик механизма подъема фронтального погрузчика. Однако такие параметры, как ход стреловых гидроцилиндров и радиус вращения стрелы, здесь входят в исходные данные для расчета, хотя при проектировании гидромеханизма подъема стрелы они являются неизвестными и методика их расчета отсутствует.

Предложенный метод аналитического расчета некоторых кинематических и динамических параметров гидромеханизмов подъема стрелы и поворота ковша погрузчика одноковшового фронтального погрузчика позволяет решить эту проблему и является предпосылкой к исследованию скоростных и силовых характеристик погрузочного оборудования.

Основная часть

Безрычажные схемы гидромеханизмов подъема стрелы и поворота ковша погрузчика являются идентичными, поэтому рассмотрим первую из них (рисунок 36).

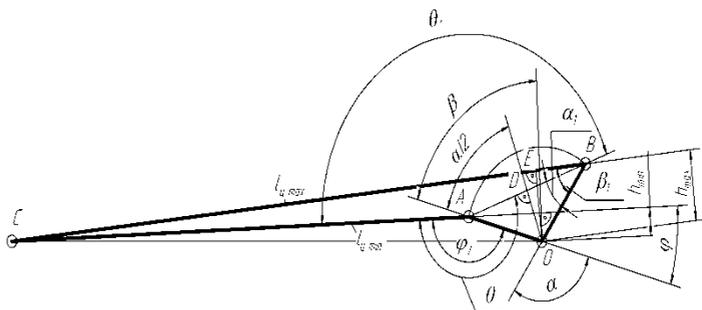


Рисунок 36 – Схема для расчета гидромеханизма подъема стрелы погрузчика

Исходными данными в этом случае являются:

l_0 – условная длина стрелового гидроцилиндра стрелы без учета полного хода поршня S (при $S = 0$);

α – полный угол поворота стрелы;

h_1, h_2 – плечи стрелового гидроцилиндра соответственно при его минимальной $l_{i \min}$ и максимальной $l_{i \max}$ длине.

Необходимо определить ход гидроцилиндра S и радиус вращения стрелы R . Данная задача всегда имеет место при расчете кинематики и ее решение путем подбора, особенно при необходимости варьирования исходными данными, без системного подхода является весьма трудоемким процессом и занимает немало времени при проектировании.

Из рисунка 36 следует, что $\beta = \arccos(h_1/R)$;

$$\varphi = 90^\circ - \beta = 90^\circ - \arccos(h_1/R);$$

$$\varphi_1 = 180^\circ - \varphi = 90^\circ + \arccos(h_1/R); \quad (1)$$

$$\beta_1 = \arcsin(h_2/R). \quad (2)$$

Принимаем

$$AC = l_{y \min} = l_0 + S; \quad (3)$$

$$BC = l_{y \max} = l_0 + 2S; \quad (4)$$

$$AO = BO = R.$$

Из треугольников АОС и ВОС после преобразований имеем:

$$\begin{aligned} OC^2 &= AO^2 + AC^2 - 2AO \cdot AC \cdot \cos \varphi_1 = \\ &= R^2 + (l_0 + S)^2 + 2R(l_0 + S) \sin \arccos(h_1/R); \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} OC^2 &= BO^2 + BC^2 - 2BO \cdot BC \cdot \cos \beta_1 = \\ &= R^2 + (l_0 + 2S)^2 - 2R(l_0 + 2S) \cos \arcsin(h_2/R). \end{aligned} \quad (6)$$

Приравнявая (5) и (6), получим:

$$(l_0 + S)^2 + 2R(l_0 + S) \sin \arccos \frac{h_1}{R} = (l_0 + 2S)^2 - 2R(l_0 + 2S) \cdot \cos \arcsin \frac{h_2}{R}. \quad (7)$$

Уравнение (7) содержит два неизвестных S и R , а также не учитывает полный угол α поворота стрелы.

Учитывая, что $\theta = \varphi_1 + 90^\circ - \alpha/2$;

$$\theta_1 = 360^\circ - \theta = 270^\circ - \varphi_1 + \alpha/2, \quad (8)$$

составляем второе уравнение.

Из треугольника АВС, с учетом (8) и (1), после преобразований имеем:

$$\begin{aligned} BC^2 &= AC^2 + AB^2 - 2AC \cdot AB \cdot \cos \theta_1 \text{ или } (l_0 + 2S)^2 = \\ &= (l_0 + S)^2 + 4R^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2} + 4(l_0 + S)R \sin \frac{\alpha}{2} \cos \left(\arccos(h_1/R) - \frac{\alpha}{2} \right). \end{aligned} \quad (9)$$

Из выражений (7) и (9) получаем систему нелинейных уравнений с двумя неизвестными:

$$\left\{ \begin{aligned} (l_0 + S)^2 + 2R(l_0 + S) \sin \arccos \frac{h_1}{R} &= (l_0 + 2S)^2 - 2R(l_0 + 2S) \cos \arcsin \frac{h_2}{R}; \end{aligned} \right. \quad (10)$$

$$\left\{ \begin{aligned} (l_0 + 2S)^2 &= (l_0 + S)^2 + 4R^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2} + 4(l_0 + S)R \sin \frac{\alpha}{2} \times \cos \left(\arccos \frac{h_1}{R} - \frac{\alpha}{2} \right). \end{aligned} \right. \quad (11)$$

Для решения системы уравнений (10) и (11) на ЭВМ необходимо задать начальные приближения, определение которых требует построения графиков функций. Так как переменные S и R заданы неявно, то графики построить невозможно. Поэтому, вычитая из (11) выражение (10), после преобразований получаем нелинейное уравнение $S(R)$:

$$S = \frac{l_0 \cos \left(\arcsin \frac{h_2}{R} \right) + l_0 \sin \left(\arccos \frac{h_1}{R} \right) - 2R \sin^2 \frac{\alpha}{2} - 2l_0 \sin \frac{\alpha}{2} \cos \left(\arccos \frac{h_1}{R} - \frac{\alpha}{2} \right)}{2 \sin \frac{\alpha}{2} \cos \left(\arccos \frac{h_1}{R} - \frac{\alpha}{2} \right) - 2 \cos \left(\arcsin \frac{h_2}{R} \right) - \sin \left(\arccos \frac{h_1}{R} \right)}. \quad (12)$$

Задавшись исходными параметрами l_0 , h_1 , h_2 и α , по зависимости (12) в среде Mathcad строим график $S(R)$. По его кривой определяем начальные приближения, используя которые, решаем на ЭВМ уравнения (10) и (11) и выбираем положительные значения S и R .

По исходным данным и найденным S и R определяем текущее силовое плечо h_T стрелового гидроцилиндра в зависимости от его текущего хода S_T .

Из выражения (7), с учетом (2), (3) и (4), имеем:

$$\beta_1 = \arccos \frac{(l_{y \min} + S_T)^2 - l_{y \min}^2 - 2Rl_{y \min} \sin \arccos(h_1/R)}{2R(l_{y \min} + S_T)}.$$

Тогда

$$h_T = R \sin \beta_1 = R \sin \left(\arccos \frac{(l_{y \min} + S_T)^2 - l_{y \min}^2 - 2Rl_{y \min} \sin \arccos(h_1/R)}{2R(l_{y \min} + S_T)} \right). \quad (13)$$

Часто необходимо иметь плечо h_T как функцию текущего угла α_T .

Из треугольника АОВ (рисунок 36):

$$AD = BD = AB/2; AD = R \cdot \sin(\alpha_T/2); AB = 2 R \cdot \sin(\alpha_T/2).$$

Из треугольника АВС:

$$BC^2 = AC^2 + AB^2 - 2AC \cdot AB \cdot \cos \theta_1;$$

или после преобразований имеем:

$$S_T^2 + 2l_{y \min} S_T - 4R \sin(\alpha_T/2) \times \{R \sin(\alpha_T/2) + l_{y \min} \cos[\arccos(h_1/R) - \alpha_T/2]\} = 0,$$

откуда, принимая положительные значения S_T , получим:

$$S_T = -l_{y \min} + \sqrt{l_{y \min}^2 + 4R \sin(\alpha_T/2) \times \{R \sin(\alpha_T/2) + l_{y \min} \cos[\arccos(h_1/R) - \alpha_T/2]\}}. \quad (14)$$

Зависимость $h_T = f(\alpha_0)$ можно определить, подставляя (14) в уравнение (13).

Для динамических расчетов необходимо знать h_T как функцию времени t .

Так как

$$S_T = \int_0^{t_T} V_{III} dt, \quad (15)$$

где h_T – текущий момент времени;

$V_{III} = f(t)$ – мгновенная скорость штока гидроцилиндра,

то, подставляя (15) в (13), получим:

$$h_T = R \cdot \sin \arccos \frac{(l_{y \min} + \int_0^{t_T} V_{III} dt)^2 - l_{y \min}^2 - 2Rl_{y \min} \sin \arccos(h_1/R)}{2R(l_{y \min} + \int_0^{t_T} V_{III} dt)} = \frac{\omega_c}{V_{III}},$$

где ω_c – мгновенная угловая скорость вращения стрелы.

Переменная величина h_T является кинематической передаточной функцией скорости, отношением мгновенных скоростей звеньев: вы-

ходного (стрелы) и входного (штока гидроцилиндра), дифференцированием которой по времени можно определить кинематическую передаточную функцию ускорения для проведения динамических расчетов.

Выводы

1. Данная методика расчета была реализована на ЭВМ в среде Mathcad при проектировании погрузчиков «Амкодор» и показала свою эффективность благодаря уменьшению трудоемкости выбора кинематических и силовых показателей погрузочного оборудования и сокращению времени на разработку.

2. Предложенная методика расчета является универсальной и может быть распространена на любые машины (в том числе сельскохозяйственные), имеющие безрычажные схемы гидромеханизмов поворота звеньев.

11.11.11

Литература

1. Базанов, А.Ф. Самоходные погрузчики / А.Ф. Базанов, Г.В. Забегалов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 406 с.
2. Справочник конструктора дорожных машин / И.П. Бородачев [и др.]; под ред. И.П. Бородачева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1973. – 503 с.
3. Тарасов, В.Н. Аналитическое исследование механизма подъема стрелы фронтального погрузчика / В.Н. Тарасов, А.Н. Подсвилов // Гидропривод и системы управления строительных, тяговых и дорожных машин: межвуз. сб. – Новосибирск, 1978.

УДК 631.374:621.86.072

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

**ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ
КООРДИНАТ УСТАНОВКИ
ГИДРОЦИЛИНДРОВ
ПОДЪЕМА СТРЕЛЫ
ПОГРУЗЧИКА**

Введение

При проектировании гидромеханизма подъема стрелы одноковшового фронтального погрузчика, широко используемого в сельском хозяйстве, исходными параметрами обычно являются полный угол α поворота стрелы, условная длина l_0 стрелового гидроцилиндра без учета полного хода поршня S (при $S = 0$), а также плечи h_1 , h_2 стрелового гидроцилиндра соответственно при его минимальной $l_{ц\ min}$ и максимальной $l_{ц\ max}$ длине. Необходимо определить ход S гидроцилиндра и радиус R вращения стрелы. Методика решения этой задачи изложена в статье [1].

Следует отметить, что это решение не является единственным, и на его основе можно получить вариант установки гидроцилиндра с другим радиу-

сом вращения стрелы и координатами крепления гидроцилиндра к порталу, но с одинаковыми остальными параметрами (α ; S ; h_1 ; h_2 ; $l_{y \min}$; $l_{y \max}$).

Поскольку указанная методика является универсальной, то ее можно применить к любым другим сельскохозяйственным машинам, например к широкозахватной сеялке.

Основная часть

Рассмотрим оба варианта установки стреловых гидроцилиндров.

Первый вариант.

Из статьи [1] радиус R_1 вращения стрелы определяется решением системы нелинейных уравнений на ЭВМ в среде Mathcad. Определяем координаты крепления стреловых гидроцилиндров к порталу (рисунок 37).

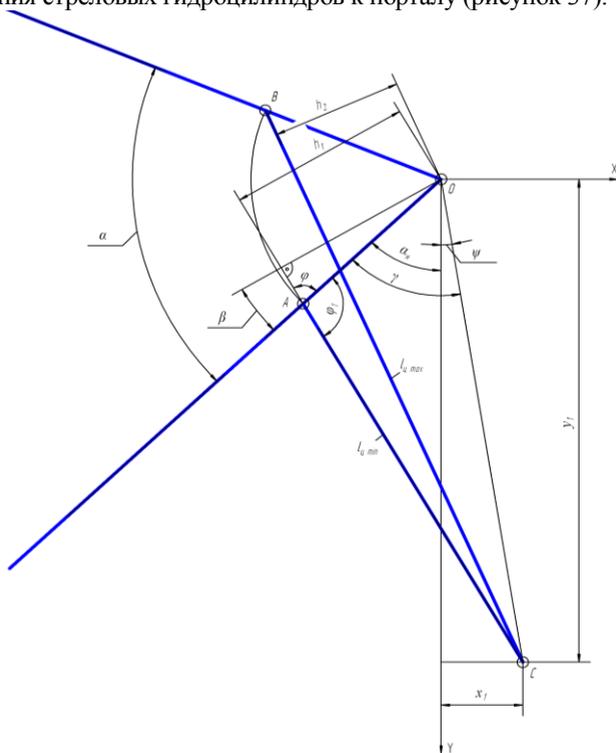


Рисунок 37 – Схема для расчета координат крепления стреловых гидроцилиндров (первый вариант)

Выбираем систему прямоугольных координат $x - y$ с началом в точке O вращения стрелы.

$$AO = R_1; \beta = \arccos(h_1 / R_1); \varphi = 90^\circ - \beta = 90^\circ - \arccos(h_1 / R_1);$$

$$\varphi_1 = 180^\circ - \varphi = 90^\circ + \arccos(h_1 / R_1).$$

Из треугольника АОС:

$$OC = (AO + AC - 2AO \cdot AC \cdot \cos \varphi_1)^{1/2} = [R_1^2 + l_{y \min}^2 + 2R_1 l_{y \min} \times \\ \times \sin \arccos(h_1/R_1)]^{1/2}.$$

По теореме синусов:

$$OC/\sin \varphi_1 = AC/\sin \gamma, \text{ отсюда } \sin \gamma = AC \sin \varphi_1/OC;$$

$$\gamma = \arcsin(AC \sin \varphi_1/OC) = \arcsin(l_{y \min} \sin \varphi_1/OC); \quad \psi = \gamma - \alpha_n.$$

Следовательно,

$$x_1 = OC \sin \psi = OC \sin(\gamma - \alpha_n); \quad (1)$$

$$y_1 = OC \cos \psi = OC \cos(\gamma - \alpha_n). \quad (2)$$

Второй вариант.

На рисунке 37 стрела АО при выдвигании штока гидроцилиндра АС перемещается вверх (поворачивается по часовой стрелке).

Применяем метод инверсии (обращенного движения). Придаем гидромеханизму обратное вращательное движение. При этом стрела АО становится неподвижной (стойкой), а точка С получает вращательное движение против часовой стрелки. Движения звеньев АС и ОС по отношению к звену АО при этом не изменяются, следовательно, текущее плечо h_T гидроцилиндра АС при выдвигании штока при этом остается таким же, как в первом варианте. Значит, можно путем соответствующих преобразований получить идентичный гидромеханизм, но с различным радиусом R_2 вращения стрелы и координатами x_2 и y_2 крепления стреловых гидроцилиндров к portalу (стойке). В данном случае стрела АО становится стойкой, а линия ОС будет принадлежать стреле. Это решение можно осуществить графическим и аналитическим способами.

1) Графический способ.

Здесь существует несколько вариантов решения, предложим один из них.

На линии стрелы АО (рисунок 37) отложим отрезок ОС, который будет являться новым радиусом R_2 вращения стрелы. Из точки О проводим окружность радиусом $r = h_1$ (рисунок 38) и касательно к ней из полученной точки С проводим прямую, на которой откладываем отрезок АС, равный $l_{ц \min}$. В итоге получаем другое исходное положение гидромеханизма АОС.

2) Аналитический способ.

Из рисунка 38 следует, что

$$x_2 = AO \sin \psi = AO \sin(\gamma - \alpha_n); \quad (3)$$

$$y_2 = AO \cos \psi = AO \cos(\gamma - \alpha_n). \quad (4)$$

Учитывая (1), (2), (3) и (4), получим:

$$x_1/x_2 = OC/AO; \text{ отсюда } x_2 = AO x_1/OC = R_1 x_1/R_2;$$

$$y_1/y_2 = OC/AO; \text{ отсюда } y_2 = AO y_1/OC = R_1 y_1/R_2.$$

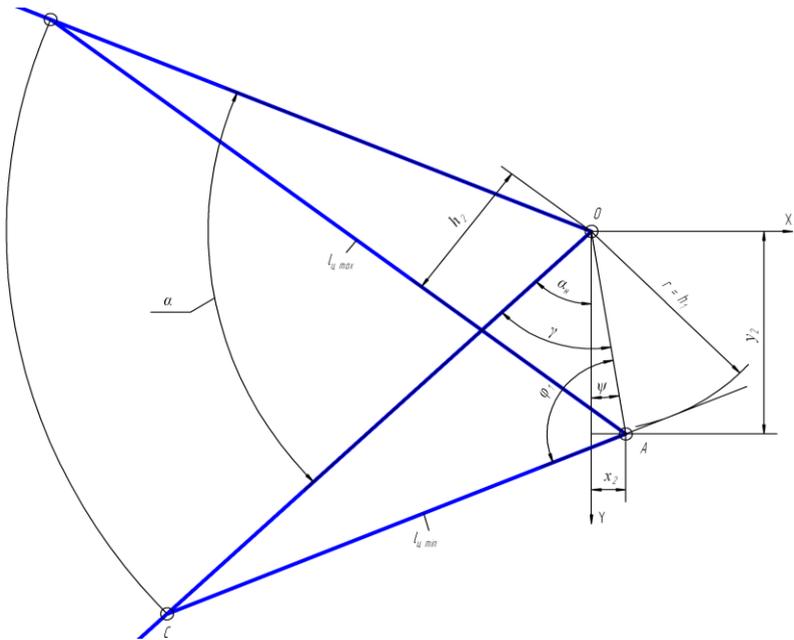


Рисунок 38 – Схема для расчета координат крепления стреловых гидроцилиндров (второй вариант)

Итак, получаем два идентичных гидромеханизма АОС с одинаковым текущим плечом h_T , но с различными радиусами вращения стрелы R_1 , R_2 и координатами x_1 , x_2 , y_1 , y_2 крепления стрелового гидроцилиндра к порталу.

Выводы

1. Предлагаемая методика дает конструктору возможность выбора такого варианта компоновки гидромеханизма стрелы, который является оптимальным в условиях ограниченного пространства или по другим соображениям, и поэтому часто может быть единственным, что расширяет возможности, сокращает время и повышает качество проектных работ.

2. Данная методика расчета была реализована при проектировании погрузчиков «Амкодор», является универсальной и может быть распространена на любые машины (в том числе сельскохозяйственные), имеющие безрычажные схемы гидромеханизмов поворота звеньев.

30.05.12

Литература

1. Смирнов, А.Н. Расчет некоторых кинематических и динамических параметров погрузочного оборудования одноковшового фронтального погрузчика / А.Н. Смирнов, Н.Д. Лепешкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 64–68.

Введение

Для расширения области применения фронтальных погрузчиков, которые используются в строительстве, на железнодорожном транспорте, в лесной промышленности, сельском хозяйстве и других отраслях для погрузки и транспортирования сыпучих и кусковых материалов, а также для выполнения других работ, применяют сменное рабочее оборудование (ковши, вилы грузовые и сельскохозяйственные, челюстные и штыревые захваты, грейферы, стрелы крановые безблочные и т.д.).

В процессе подъема стрелы различают механические и гидравлические системы сохранения уровня ковша. При механической системе сохранение уровня ковша достигается кинематически с помощью рычажного механизма. Гидравлическая система слежения имеет автоматический клапан, гидроцилиндр или другие устройства, обеспечивающие порционную подачу рабочей жидкости в соответствующую полость ковшового гидроцилиндра и сохранение его уровня при подъеме.

Гидропривод подъема и опускания рабочего органа обычно выполняется непосредственным действием гидроцилиндров на стрелу, и данный гидромеханизм является безрычажным. Технологические движения рабочего органа осуществляются гидравлически с помощью поворотных механизмов. По характеру действия гидроцилиндров на рабочий орган механизмы бывают рычажные (перекрестные, параллелограммные) и безрычажные [1].

Погрузочное оборудование в большинстве случаев оснащено системой с механическим слежением с помощью рычажного механизма. При этом применяют два основных вида оборудования: с перекрестным и параллелограммным рычажными механизмами [1].

Погрузочное оборудование с перекрестным поворотным механизмом наиболее выгодно, т.к. самая тяжелая операция – запрокидывание ковша при наполнении – выполняется замедленно поршневой полостью гидроцилиндра поворота при наибольшем усилии, а его разгрузка – ускоренно штоковой полостью; он хорошо скомпонован и виден с пульта управления.

Недостатками перекрестного поворотного механизма являются отсутствие кинематического сохранения уровня рабочего органа, которое особенно важно при выполнении погрузочно-разгрузочных работ с грузовыми вилами, а также повышенные энергозатраты при работе с ос-

новным ковшом и другими сменными рабочими органами, поскольку в зависимости от кинематики они могут запрокидываться на некоторые дополнительные углы в верхнем положении стрелы по сравнению с минимально допускаемыми, на что затрачивается определенная работа.

Параллелограммный рычажный механизм обеспечивает кинематическое сохранение уровня рабочего органа, но в соответствии с компоновкой переднего моста у погрузчиков он расположен рычажной системой сверху стрелы. Запрокидывание ковша осуществляется штоковой полостью гидроцилиндра поворота, что уменьшает вырывное усилие, время запрокидывания, его наполнение и является недостатком.

Для возврата ковша в положение черпания при его разгрузке применяют разгрузку на упор (на определенный ход ковшового гидроцилиндра), осуществить которую по условиям кинематики и компоновки рычажного механизма не всегда представляется возможным.

В качестве примера может быть предложена механическая система слежения и управления рабочим органом одноковшового фронтального погрузчика «Амкодор 332С», содержащая два четырехзвенника, первый из которых является перекрестным поворотным механизмом [2].

Недостатками данной конструкции являются:

- отсутствие кинематического сохранения уровня рабочего органа при выполнении погрузочно-разгрузочных работ с грузовыми вилами;
- повышенные энергозатраты при работе с основным ковшом и другими сменными рабочими органами;
- отсутствие возврата ковша в положение черпания при его разгрузке.

Основная часть

Для устранения указанных недостатков предложена система слежения и управления рабочим органом одноковшового фронтального погрузчика, сочетающая достоинства перекрестного и параллелограммного рычажных механизмов, которая обеспечивает кинематическое сохранение уровня рабочего органа, максимальное использование функциональных возможностей ковшового гидроцилиндра, а также осуществление возможности автоматического возврата ковша в положение черпания [3].

Система слежения и управления рабочим органом одноковшового фронтального погрузчика содержит стрелу, рабочий орган и три четырехзвенника: первый и третий представляют собой перекрестные поворотные механизмы, причем третий четырехзвенник геометрически подобен первому, а второй рычажный механизм является параллелограммом. При этом ковшовый гидроцилиндр, входящий во второй четырехзвенник, закреплен на цапфах, выполненных в виде осей, сваренных соосно в гильзу ковшового гидроцилиндра и опирающихся на подшипники. Это уменьшает его габариты и металлоемкость и позволяет легко скомпоновать дан-

ную рычажную систему, а также обеспечить автоматический возврат ковша из положения разгрузки в положение черпания, что сокращает время рабочего цикла и повышает удобство работы оператора.

Система работает следующим образом.

После наполнения ковша 13 в нижнем положении стрелы 14 оператор производит его запрокидывание на полный ход ковшового гидроцилиндра 7 (рисунок 39).

При подъеме стрелы 14 указанные соотношения между четырехзвенниками сохраняются: первый 1, 2, 3, 4 четырехзвенник сохраняет геометрическое подобие третьему 9, 10, 6, 11 четырехзвеннику, а второй 5, 6, 7, 8 четырехзвенник является параллелограммом, что обеспечивает строго поступательное движение любого сменного рабочего органа 13 в течение всего цикла подъема.

Разгрузка ковша 13 происходит на упор при длине звена 7 (ковшового гидроцилиндра), равной длине звена 7 в положении черпания (рисунок 40).

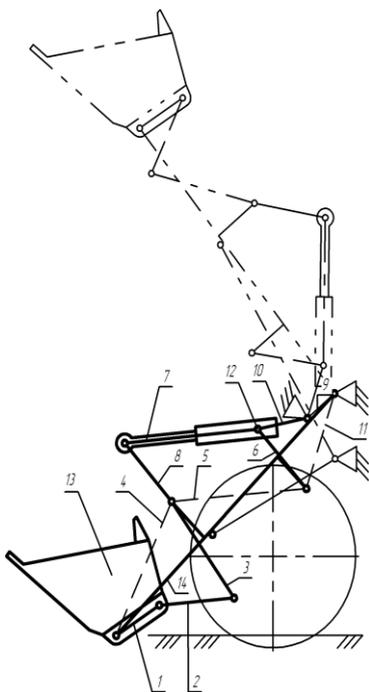


Рисунок 39 – Нижнее и верхнее положения погрузочного оборудования

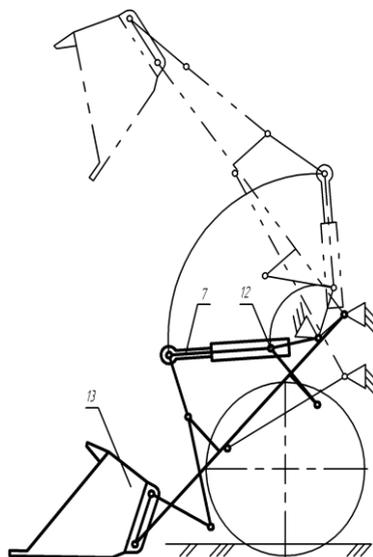


Рисунок 40 – Возврат ковша из положения разгрузки в положение черпания

Это условие легко достигается тем, что ковшовый гидроцилиндр входит во второй четырехзвенник и закреплен на цапфах 12 на длине, необходимой для автоматического возврата ковша 13 в положение черпания при опускании стрелы 14 (рисунок 40).

Из подобия третьего 9, 10, 6, 11 и первого 1, 2, 3, 4 четырехзвенников следует, что передаточное отношение входного звена третьего четырехзвенника и выходного звена первого четырехзвенника, определяющееся как отношение угловых скоростей звена 9 и звена 1 в обратном движении, равно единице:

$$i_{9,1} = \omega_9 / \omega_1 = 1,$$

то есть третий четырехзвенник 9, 10, 6, 11 имеет обратное передаточное отношение к первому 1, 2, 3, 4. Таким образом, общее передаточное отношение механизма при вращении стрелы равно единице.

Звено 7 (ковшовый гидроцилиндр) закреплено на цапфах 12, выполненных в виде осей, опирающихся на подшипники. Размещение цапф 12 на звене 7 обеспечивает возврат рабочего органа, например ковша 13, из положения разгрузки при верхнем положении стрелы 14 в положение черпания при ее нижнем положении, причем длина ковшового гидроцилиндра в положениях разгрузки и черпания одинакова.

Заключение

Таким образом, данное изобретение позволило создать единую универсальную систему слежения и управления рабочим органом одноковшового фронтального погрузчика, обеспечивающую строго поступательное движение рабочих органов (ковша, вил и др.), уменьшить энергозатраты и при этом максимально использовать функциональные возможности ковшового гидроцилиндра (наибольшее вырывное усилие и наполнение ковша, наименьшее время его разгрузки), автоматический возврат ковша в положение черпания. Тем самым уменьшается время цикла, повышается производительность выполняемых работ, улучшаются условия опорожнения ковша и повышается удобство работы оператора.

09.07.12

Литература

1. Базанов, А.Ф. Самоходные погрузчики / А.Ф. Базанов, Г.В. Забегалов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 406 с.
2. Шасси погрузочные многофункциональные Амкодор 332С и Амкодор 342С: руководство по эксплуатации 332С.00.00.000РЭ. – Минск: ОАО «Амкодор», 2000. – 115 с.
3. Система слежения и управления рабочим органом одноковшового фронтального погрузчика: пат. 16237 Респ. Беларусь, МПК 16237 С2 Е 02F 343 / А.Н. Смирнов; заявитель ОАО «Амкодор». – № а 20091596; заявл. 12.11.09; опубл. 30.08.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 4. – С. 109.

**ОБОСНОВАНИЕ ВЗАИМНОГО
РАСПОЛОЖЕНИЯ СЛОЯ
ЛЬНОТРЕСТЫ И ДИСКОВ
В СЛОЕФОРМИРУЮЩЕЙ
МАШИНЕ****Введение**

Известно, что на процесс утонения слоя льнотресты в слоеформирующей машине существенное влияние оказывают, среди прочих параметров, расположение дисков на валах, ширина слоя льнотресты и расположение его перед слоеформирующей машиной. В [1] предложена вероятностная модель движения слоя между двумя зубчатыми дисками на одном валу, показано, что от расстояния между дисками на валах зависит величина изменения угла дезориентации стеблей в слое. Одним из критериев оценки работы машины предложен показатель вероятной доли стеблей, которая успешно обрабатывается парой зубчатых дисков на одном валу (без разворота стеблей), зависящий также от расположения слоя по отношению к зубчатым дискам.

В [2] усовершенствована предложенная модель с учетом различий в сцепленности стеблей в комлевом и вершинном участках слоя, установлено влияние различий в сцепленности на расстояние между дисками на валу и расположение слоя, при этом основой совершенствования осталась вероятностная оценка неразворота стеблей.

В [3, 4] приведены результаты исследований по оптимизации расположения слоя по отношению к зажимным транспортерам трепальной машины и влиянию ширины слоя стеблей на этот параметр. Критерием для оптимизации параметров в исследованиях принят показатель пригодности слоя к обработке трепанием, впервые предложенный А.М. Ипатовым [5]. Под пригодностью слоя к обработке трепанием понимается вероятная часть стеблей слоя льнотресты по массе, которая может быть зажата в обоих конвейерах трепальной машины. В отличие от ранее использовавшегося при оценке качества показателя пригодности тресты [6, с. 65] предложенный показатель включает параметры распределения стеблей в слое по длине, разброс их по комлям и углу дезориентации и является статистическим показателем. До сих пор этот показатель использовался только в теоретических исследованиях.

Таким образом, можно отметить, что ранее выполненные исследования важных для слоеутонения параметров имеют теоретический характер, реализованы для машин с двумя линиями утонения, экспериментальное подтверждение их результатов отсутствует.

Очевидно, что влияние на конечный результат исходного положения слоя стеблей и изменения их расположения в машине с тремя утоняющими линиями отличается от исследованного. Поэтому целью данной работы являлось экспериментальное исследование влияния этих факторов на результаты работы слоеформирующей машины и их оптимизация.

Метод исследований

На основании ранее выполненных исследований установлено, что наиболее существенными факторами (без учета физико-механических свойств стеблей), влияющими на выход волокна, являются расстояние между дисками крайних линий утонения слоеформирующей машины, а также расположение слоя льнотресты по отношению к зажимным конвейерам трепальных секций. Однако оценка результатов опытов непосредственно по выходу длинного волокна невозможна из-за влияния на этот показатель многих факторов при обработке тресты в мяльно-трепальном агрегате. В то же время достаточно объективно позволяет оценить влияние исследуемых параметров показатель пригодности слоя к обработке трепанием, который и был принят нами в качестве параметра оптимизации. Для его экспериментального определения использовали несколько видоизмененный метод и оборудование (лабораторные зажимные колодки и гребень) для определения пригодности тресты [6, с. 66].

Исследования проводились на экспериментальном образце слоеформирующей машины МС-6,97 с тремя линиями утонения, в котором была предусмотрена возможность изменения расстояния между крайними и средним диском каждого вала. Соответствующая возможность была предусмотрена и для полозков.

Для варьирования расположением слоя относительно зажимных конвейеров трепальной машины делали их привязку к дискам среднего ряда слоеформирующей машины. За линию отсчета принимали осевую линию слоя тресты, которую смещали относительно среднего ряда дисков в сторону комлевой и вершинной его частей.

Таким образом, *параметр оптимизации* – пригодность слоя к обработке трепанием P_T (доли единицы), *факторы*: расстояние между дисками крайних линий утонения слоеформирующей машины d_d (см); смещение оси слоя на входе в слоеформирующую машину от осевой линии слоеформирующей машины (средней линии утонения) x_o (см).

Факторы, уровни и интервалы варьирования факторов приведены в таблице 6.

Учитывая, что длина стеблей – одно из важных свойств льнотресты, но как фактор является трудноуправляемым, эксперименты по поиску оптимальных значений факторов проводили на тресте различной горстевой длины ($L_{Г1} \approx 60$ см, $L_{Г2} \approx 70$ см).

Таблица 6 – Уровни и интервалы варьирования факторов

| Факторы | Уровни | | | Интервалы варьирования |
|--|--------|----|----|------------------------|
| | +1 | 0 | -1 | |
| X_1 – расстояние между дисками крайних линий утонения слоеформирующей машины (d_d), см | 32 | 35 | 38 | 3 |
| X_2 – смещение оси слоя на входе слоеформирующей машины относительно осевой линии слоеформирующей машины (x_0), см | -5* | 0 | 5 | 5 |

* Знак «-» означает смещение оси слоя в сторону комлевой его части.

С учетом вышесказанного параметр оптимизации Y_1 для $L_{Г1} \approx 60$ см, Y_2 для $L_{Г2} \approx 70$ см.

Эксперимент был поставлен по программе центрального композиционного ротатбельного планирования второго порядка [7].

Для проведения экспериментальных исследований использовались фрагменты слоя льнотресты с различной длиной стеблей из двух рулонов, сформированных прессом ПРЛ-150 с внутренней прокладкой двух нитей шпагата.

Фрагмент слоя льнотресты, полученный путем размотки рулона, располагался на конвейерном столе слоеформирующей машины при сохранении его структуры. Отбирались пробы льнотресты и по [8] определялись горстевая длина, растянутость стеблей в слое, а также линейная плотность слоя. Характеристики слоя льнотресты приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Характеристики льнотресты

| Наименование показателя | Значение показателя | |
|-------------------------------|---------------------|------|
| Горстевая длина, см | 62 | 71 |
| Растянутость, раз | 1,24 | 1,20 |
| Линейная плотность слоя, кг/м | 1,85 | 1,94 |
| Угол дезориентации, град. | 5 | 5 |

Фрагмент исходного слоя пропускался через механизм утонения экспериментального образца слоеформирующей машины при вращении рабочих органов (зубчатых дисков) в ручном режиме. Выходящий из слоеформирующей машины слой при сохранении его структуры размещался на столе, имеющем отметку, соответствующую оси зажимно-транспортующего механизма первой секции трепальной машины (рисунок 41). От слоя отбиралась проба шириной примерно 35 см, которая взвешивалась на весах (ВТНг-10М) и затем на участке, соответствующем отметке, зажималась в лабораторную колодку.

Зажатые в колодке стебли льнотресты прочесывали с помощью гребня (рисунок 42) со стороны комлевой части. Следует отметить, что

при прочесе комлевой части наряду с удалением не попавших в зажим стеблей устранялась дезориентация в оставшихся стеблях.

Однако это соответствует явлениям, происходящим при трепании, и не оказывает негативного влияния на результат эксперимента. После прочеса комлевой части слой зажимался второй колодкой, расположенной на расстоянии 17 см от первой со стороны вершинной части и также прочесывался. Учитывая, что при прочесе выделялось существенное количество костры, непосредственное взвешивание оставшихся стеблей и вычисление пригодности по принятой в [6, с. 66] формуле привело бы к высокой погрешности. Поэтому из очеса выбирали целые стебли, их взвешивали, а экспериментальное значение пригодности рассчитывали по формуле:

$$P_t = 1 - \frac{m_{ст}}{m_o}, \quad (1)$$

где P_t – пригодность слоя льнотресты к обработке трепанием;

$m_{ст}$ – масса стеблей в очесах, кг;

m_o – общая масса порции, кг.

Показатель пригодности вычисляли по (1) с точностью до 0,001 г с последующим округлением до 0,01 г.

После прочеса пяти порций (необходимое количество повторностей определялось по результатам серии предварительных опытов) изменяли значения факторов в соответствии с планом эксперимента и повторяли опыт.

Результаты исследований

В результате обработки опытных данных (проверки гипотезы воспроизводимости дисперсий по G-критерию Кохрена, значимости коэффициентов регрессии по t-критерию Стьюдента) получены модели зависимости параметра оптимизации от исследуемых факторов, которые в натуральных значениях переменных имеют вид:

$$Y_1 = -2,64089 + 0,20222d_d - 0,0062x_o - 0,00289d_d^2 - 0,00548x_o^2; \quad (2)$$

$$Y_2 = -0,12489 + 0,06222d_d + 0,009x_o - 0,00089d_d^2 - 0,0014x_o^2. \quad (3)$$

Проверка по F-критерию Фишера показала, что модели (2, 3) адекватны результатам экспериментов.



Рисунок 41 – Выходящий из слоеформирующей машины слой льнотресты



Рисунок 42 – Прочес льнотресты

Анализ полученных зависимостей показал, что расстояние между дисками крайних линий утонения слоеформирующей машины d_d и смещение слоя на входе слоеформирующей машины относительно осевой линии слоеформирующей машины x_o являются значимыми факторами и оказывают существенное влияние на пригодность слоя льнотресты к трепанию. Зависимости параметра оптимизации от каждого из факторов имеют параболический характер, следовательно, имеют экстремум, соответствующий оптимальному значению параметра.

Поиск оптимальных значений факторов осуществляли следующим образом.

Приравнивая к нулю частные производные $\frac{\partial Y_1}{\partial d_d}$, $\frac{\partial Y_1}{\partial x_o}$ в (2) и $\frac{\partial Y_2}{\partial d_d}$, $\frac{\partial Y_2}{\partial x_o}$

в (3) и решая полученные уравнения, находили значения факторов, соответствующие экстремуму функций, и, подставляя полученные значения факторов в исходное уравнение, определяли значение функции, соответствующее экстремуму параметра оптимизации. Расчеты показали, что эти значения попадают в исследуемый диапазон факторов. Максимальное значение функция (2) принимает в точке с координатами $d_d = 35,00$ см; $x_o = -57,00$ см ($Y_1 = 0,898$). Функция (3) – в точке с координатами $d_d = 35,00$ см; $x_o = 3,21$ см соответственно ($Y_2 = 0,977$).

Графическое изображение поверхностей отклика и их сечений по результатам обработки экспериментальных данных, выполненных с помощью программы «Statistica», представлено на рисунках 43, 44.

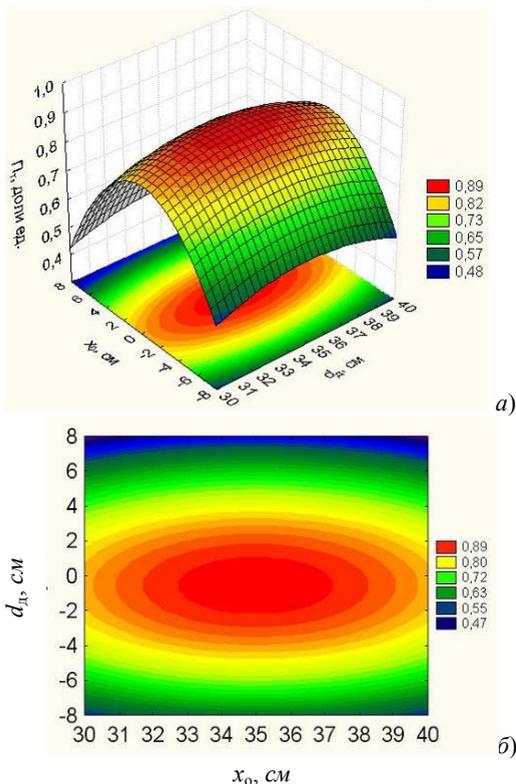


Рисунок 43 – Поверхность отклика (а) и сечения поверхности отклика уравнения регрессии (б) для слоя с горстековой длиной 62 см

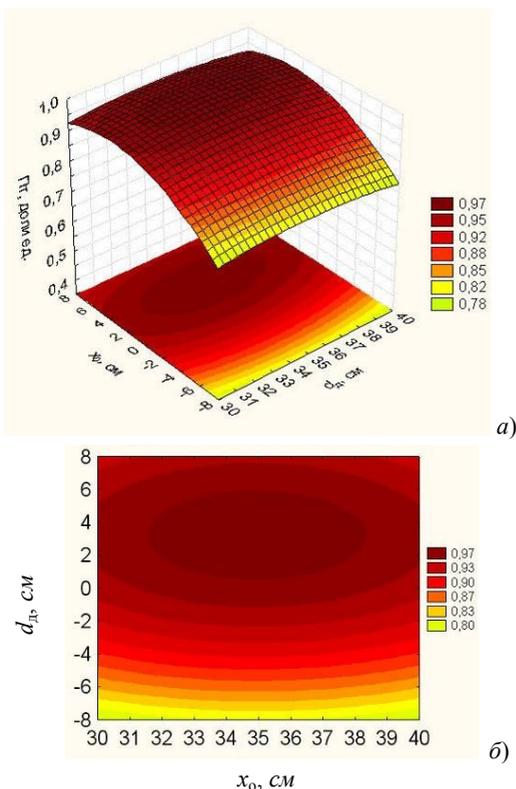


Рисунок 44 – Поверхность отклика (а) и сечения поверхности отклика уравнения регрессии (б) для слоя с горстевой длиной 71 см

ной стеблей к трепанию от расположения зубчатых дисков на валах и расположения слоя на конвейерном столе слоеформирующей машины.

2. По полученным зависимостям определено оптимальное значение расстояний между зубчатыми дисками на валах слоеформирующей машины.

3. Показана необходимость смещения слоя льнотресты перед слоеутонением при изменении длины стеблей льнотресты.

29.06.12

Литература

1. Неманов, В.А. Рациональное расположение на валу зубчатых дисков для утонения слоя стеблей льна / В.А. Неманов [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2001. – № 12. – С. 14–15.

Учитывая, что интервалы рациональных значений d_d для слоя с различной горстевой длиной стеблей практически одинаковы и в каждом случае оптимум функции достигается при $d_d = 35,00$ см, то целесообразно устанавливать диски крайних линий утонения в слоеформирующей машине на данном расстоянии. Кроме того, в целях упрощения конструкции слоеформирующей машины можно отказаться от регулирования расстояния между дисками крайних линий утонения.

Выводы

1. В результате выполненного двухфакторного эксперимента получены математические модели зависимостей пригодности слоя льнотресты с различной дли-

2. Маянский, С.Е. Вероятностная оценка угловой дезориентации стеблей при слоеутонении / С.Е. Маянский, Е.Л. Пашин, А.В. Смирнов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010. – № 5. – С. 32–36.
3. Баринов, А.А. Оптимизация расположения льняного слоя при обработке на мяльно-трепальном агрегате / А.А. Баринов, С.Е. Маянский, Е.Л. Пашин // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009. – № 1. – С. 31–34.
4. Баринов, А.А. Влияние ширины слоя стеблей льна на его оптимальное расположение перед мяльно-трепальным агрегатом / А.А. Баринов, С.Е. Маянский // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010. – № 8. – С. 17–18.
5. Ипаатов, А.М. Влияние дезориентации стеблей и угла перекоса слоя перед мяльной машиной на его пригодность к трепанию / А.М. Ипаатов, В.А. Мараманов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1986. – № 2. – С. 26–29.
6. Испытание лубоволокнистых материалов / В.В. Городов [и др.]. – М.: Легкая индустрия, 1969. – 208 с.
7. Спиридонов, А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов / А.А. Спиридонов. – М.: Машиностроение, 1981. – С. 71.
8. Треста льняная. Требования при заготовках: СТБ 1194–2007. (Взамен СТБ 1194–94). – Введ. 2007.07.01. – Минск: Госстандарт, 1999. – 14 с.

УДК 677.021

Е.В. Кислов

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

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТУРА СЕЧЕНИЯ МЯЛЬНЫХ ВАЛЬЦОВ

Введение

При исследовании процессов первичной переработки стеблей лубяных культур, в том числе и процесса мятья, приходится решать задачи, связанные со взаимодействием рабочих органов с обрабатываемым материалом. При этом немаловажное значение имеют форма и размеры рабочих органов, их взаимное расположение по отношению друг к другу и к обрабатываемому материалу (стеблям или другому волокнистому материалу) в тот или иной момент времени. Как правило, эти задачи решались графическим либо графоаналитическим методами, которые позволяли визуально оценить решение задачи, но давали приближенный результат и являлись весьма трудоемкими.

Аналитический метод решения указанных задач является более предпочтительным, а использование современных вычислительных средств позволяет представить решение задачи сразу в графическом виде, приемлемом для визуальной оценки результатов.

Объект и методы исследований

Объектом исследований являются рабочие органы мяльной машины для льна – мяльные вальцы.

В мяльной машине посредством взаимодействия мяльных вальцов со стеблями льна происходит разрушение древесины стебля на мелкие части – костру, нарушение связи волокна с кострой и ее частичное удаление. Мятые стебли, наряду с трепанием, является основным процессом первичной переработки льна и других лубяных культур.

Принципы рационального построения процесса мятя сформулированы в [2]. Значительная часть этих принципов базируется на заданном изменении взаимного расположения различных участков поверхности рифлей при вращении вальцов мяльной пары. Поэтому основными элементами при проектировании мяльной машины являются профиль вальцов, определяемый профилем рифлей, и геометрические характеристики рифлей. Профиль мяльных вальцов принято графически изображать сечением мяльного вальца плоскостью, перпендикулярной его оси. Классификация вальцов по профилю рифлей приведена в [1], согласно которой вальцы подразделяются на три основных типа: круговые, острогранные и радиальные. При ближайшем рассмотрении сечений мяльных вальцов всех названных типов можно отметить, что линии их контуров представляют собой комбинации сопряженных между собой дуг окружностей и отрезков прямых. В зависимости от профиля вальца размеры и расположение элементов линии контура меняются, в отдельных случаях некоторые из них отсутствуют.

Задачей данной работы являлось моделирование контура сечения отдельного мяльного вальца и на его основе двух вальцов, представляющих собой мяльную пару.

Для решения поставленной задачи выведем общее уравнение контура сечения мяльного вальца.

Рассмотрим радиальный валец, так как его контур представляет собой наиболее общий случай вальцов указанных выше типов. Контур кругового и острогранного вальцов можно рассматривать как частные случаи радиального, так как у кругового вальца в линии контура отсутствуют отрезки прямых, у острогранного – радиусы вершин и впадин зубьев близки к нулю.

Контур сечения рассматриваемого вальца характеризуют следующие основные геометрические параметры (рисунок 45):

- радиус вершин рифлей R_6 ;
- радиус впадин R_{6n} ;
- радиус кривизны вершин рифлей r_6 ;
- радиус кривизны впадин r_{6n} ;
- угловой шаг зубьев $\varphi_l = 2\pi/Z$, где Z – число рифлей вальца.

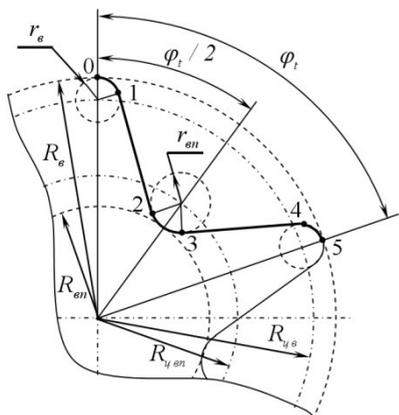


Рисунок 45 – Фрагмент линии контура сечения вальца

Кроме основных геометрических параметров, для характеристики контура сечения вальца используются производные от основных параметры:

- радиус центров кривизны вершин рифлей $R_{\psi e} = R_e - r_e$;
- радиус центров кривизны впадин $R_{\psi en} = R_{en} - r_{en}$;
- угол между радиусами, проходящими через центры кривизны вершины рифли и впадины, который для рифлей симметричного профиля равен $\varphi_1/2$.

Рассмотрим фрагмент линии контура, расположенный между двумя радиусами, проходящими через вершины двух смежных рифлей.

Уравнение этого фрагмента линии выразим в полярных координатах, то есть в виде $\rho = \rho(\varphi)$ [3, с. 196]. Угол φ будем отсчитывать от радиуса, проходящего через вершину рифли (точку 0).

Из рисунка 45 видно, что на рассматриваемом фрагменте линии можно выделить пять участков, представляющих собой три дуги окружностей, ограниченных точками 0–1, 2–3, 4–5, сопряженных между собой двумя отрезками прямых 1–2 и 3–4. Очевидно, что уравнение всей линии будет складываться из периодически повторяющихся уравнений всех ее участков с периодом $2\pi/Z$.

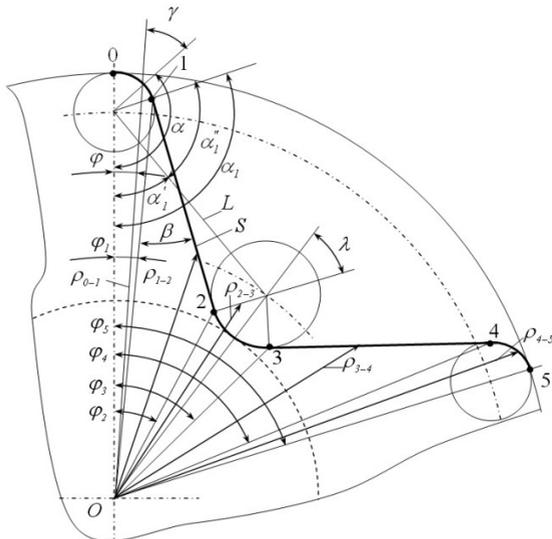


Рисунок 46 – Расчетная схема

На рисунке 46 показана расчетная схема с необходимыми для вывода уравнения величинами и построениями.

Рассмотрим участок исследуемой линии, ограниченный точками 0–1. Полярный радиус определим из теоремы косинусов:

$$\rho_{0-1} = \sqrt{r_e^2 + R_{ye}^2 - 2r_e R_{ye} \cos \alpha}. \quad (1)$$

Входящий в эту формулу $\cos \alpha$ выразим через угол φ следующим образом. Из рисунка 46

$$\alpha = \pi - (\varphi + \gamma) \Rightarrow \cos \alpha = -\cos(\varphi + \gamma). \quad (2)$$

Угол γ найдем, применяя теорему синусов:

$$\frac{r_e}{\sin \varphi} = \frac{R_e - r_e}{\sin \gamma} \Rightarrow \gamma = \arcsin \frac{R_{ye} \sin \varphi}{r_e}. \quad (3)$$

Подставляя (2) с учетом (3) в (1), получим:

$$\rho_{0-1} = \sqrt{r_e^2 + R_{ye}^2 + 2r_e R_{ye} \cos \left(\varphi + \arcsin \frac{R_{ye} \sin \varphi}{r_e} \right)}. \quad (4)$$

Следует отметить, что для программного решения задачи упрощение полученного и последующих выражений не принципиально, поэтому оставляем его в полученном виде.

Граничными для первого участка линии будут начальный угол $\varphi_0 = 0$ (по построению) и соответствующий ему полярный радиус $\rho_0 = R_e$ (точка 0); конечные угол φ_1 и полярный радиус ρ_1 . Угол φ_1 найдем следующим образом. Вначале рассчитываем угол α_1 . Из рисунка 46

$$\alpha_1 = \alpha'_1 + \alpha''_1, \quad (5)$$

где
$$\alpha'_1 = \arcsin \frac{R_{ye} \sin \frac{\varphi_1}{2}}{L}; \quad (6)$$

$$\alpha''_1 = \arccos \frac{r_e + r_{an}}{L}. \quad (7)$$

Выражение для L в (6) и (7) найдем по теореме косинусов:

$$L = \sqrt{R_{ye}^2 + R_{ye}^2 - 2R_{ye} R_{ye} \cos \frac{\varphi_1}{2}}. \quad (8)$$

Затем, используя теорему синусов, получим:

$$\frac{R_{ye}}{\sin(\pi - (\alpha_1 + \varphi_1))} = \frac{r}{\sin \varphi_1},$$

откуда после преобразований найдем

$$\varphi_1 = \arctg \frac{r_e \sin \alpha_1}{R_{ye} - r_e \cos \alpha_1}. \quad (9)$$

Соответствующий этому углу полярный радиус ρ_1 будет равен:

$$\rho_1 = \sqrt{r_e^2 + R_{ye}^2 - 2r_e R_{ye} \cos \alpha_1}. \quad (10)$$

Угол α_1 в (9) и (10) рассчитывается по (5) с учетом (6), (7) и (8).

Второй участок исследуемой линии, ограниченный точками 1 и 2 (рисунки 45, 46), как отмечалось ранее, представляет собой отрезок прямой. Используя для этого участка теорему синусов и свойства внутренних углов треугольника, получим:

$$\rho_{1-2} = \frac{\rho_1 \sin \beta}{\sin(\pi - (\beta + (\varphi - \varphi_1)))}, \quad (11)$$

где

$$\beta = \frac{\pi}{2} - (\pi - (\alpha_1 + \varphi_1)). \quad (12)$$

С учетом (12) выражение (11) примет вид

$$\rho_{1-2} = \frac{\rho_1 \cos(\alpha_1 + \varphi_1)}{\cos(\alpha_1 + \varphi)}. \quad (13)$$

Граничными для второго участка линии будут начальный угол φ_1 и соответствующий ему полярный радиус ρ_1 , рассчитываемые по (9) и (10); конечные угол φ_2 и полярный радиус ρ_2 , которые найдем следующим образом.

По теореме синусов

$$\frac{S}{\sin(\varphi_2 - \varphi_1)} = \frac{\rho_1}{\sin(\pi - (\beta + (\varphi_2 - \varphi_1)))}, \quad (14)$$

где

$$S = L \sin \alpha_1''; \quad (15)$$

$$\sin(\pi - (\beta + (\varphi_2 - \varphi_1))) = -\cos(\alpha_1 + \varphi_2). \quad (16)$$

Выражая из (14) φ_2 после подстановки S из (15), синуса угла из (16) и преобразований, получим:

$$\varphi_2 = \arctg \frac{L \sin \alpha_1'' \cos \alpha_1 - \rho_1 \sin \varphi_1}{L \sin \alpha_1'' \sin \alpha_1 - \rho_1 \cos \varphi_1},$$

где α_1 и α_1'' рассчитываются по (5) и (7).

Заменяя в (13) φ на φ_2 , получим выражение для граничного значения:

$$\rho_2 = \frac{\rho_1 \cos(\alpha_1 + \varphi_1)}{\cos(\alpha_1 + \varphi_2)}.$$

Третий участок, ограниченный точками 2 и 3, представляет собой дугу окружности. Теорема косинусов для этого участка запишется следующим образом:

$$r_{en}^2 = \rho_{2-3}^2 + R_{y\ en}^2 - 2\rho_{2-3} R_{y\ en} \cos \lambda, \quad (17)$$

где $\lambda = \frac{\varphi_t}{2} - \varphi$.

Решая уравнение (17) относительно ρ_{2-3} с учетом того, что при $\rho_{2-3} > R_{y\ en}$ (знак "+" перед корнем) уравнение описывает дугу, противоположную интересующей нас, получим:

$$\rho_{2-3} = R_{у_{en}} \cos\left(\frac{\varphi_t}{2} - \varphi\right) - \sqrt{r_{en}^2 - R_{у_{en}}^2 \sin^2\left(\frac{\varphi_t}{2} - \varphi\right)}. \quad (18)$$

Конечный угол φ_3 для третьего участка линии будет

$$\varphi_3 = \frac{\varphi_t}{2} + \left(\frac{\varphi_t}{2} - \varphi_2\right) = \varphi_t - \varphi_2,$$

а полярный радиус

$$\rho_3 = R_{у_{en}} \cos\varphi_2 - \sqrt{r_{en}^2 - R_{у_{en}}^2 \sin^2 \varphi_3}.$$

Аналогично второму для четвертого участка (точки 3–4) искомые параметры

$$\rho_{3-4} = \frac{\rho_3 \cos(\alpha_1 + \varphi_2)}{\cos(\varphi - (\alpha_1 + \varphi_2 + \varphi_3))} \quad (19)$$

и конечные значения

$$\begin{aligned} \varphi_4 &= \varphi_t - \varphi_1; \\ \rho_4 &= \frac{\rho_3 \cos(\alpha_1 + \varphi_2)}{\cos(\alpha_1 + \varphi_1)}. \end{aligned}$$

Для пятого участка (точки 4–5) аналогично

$$\rho_{4-5} = R_{у_{e}} \cos(\varphi - \varphi_4) + \sqrt{r_e^2 - R_{у_{e}}^2 \sin^2(\varphi - \varphi_4)} \quad (20)$$

и конечные значения: $\varphi_5 = \varphi_t$ и $\rho_5 = R_e$.

Таким образом, общее уравнение контура сечения вальца с учетом (4), (11), (18)–(20) будет иметь вид:

$$\rho(\varphi) = \begin{cases} \sqrt{r_e^2 + R_{у_{e}}^2 + 2r_e R_{у_{e}} \cos\left(\varphi + \arcsin \frac{R_{у_{e}} \sin \varphi}{r_e}\right)}, & \text{при } k \leq \varphi \leq \varphi_1 + k; \\ \frac{\rho_1 \cos(\alpha_1 + \varphi_1)}{\cos(\alpha_1 + \varphi)}, & \text{при } \varphi_1 + k < \varphi \leq \varphi_2 + k; \\ R_{у_{en}} \cos\left(\frac{\varphi_t}{2} - \varphi\right) - \sqrt{r_{en}^2 - R_{у_{en}}^2 \sin^2\left(\frac{\varphi_t}{2} - \varphi\right)}, & \text{при } \varphi_2 + k < \varphi \leq \varphi_3 + k; \\ \frac{\rho_3 \cos(\alpha_1 + \varphi_2)}{\cos(\varphi - (\alpha_1 + \varphi_2 + \varphi_3))}, & \text{при } \varphi_3 + k < \varphi \leq \varphi_4 + k; \\ R_{у_{e}} \cos(\varphi - \varphi_4) + \sqrt{r_e^2 - R_{у_{e}}^2 \sin^2(\varphi - \varphi_4)}, & \text{при } \varphi_4 + k < \varphi < \varphi_5 + k. \end{cases} \quad (21)$$

В этом уравнении $k = i\varphi_t$, где $i = 0, 1, 2, \dots, (Z - 1)$.

Результаты исследований

Полученное общее уравнение (21) было положено в основу алгоритма для компьютерного моделирования контура сечения мяльного

вальца. Моделирование по разработанной для этого программе на языке VBA заключается в последовательном вычислении при заданных постоянных значениях параметров вальца и его рифлей переменных значений полярного радиуса ρ при возрастающем с определенным шагом значении угла φ . Для графической интерпретации результатов расчетов в программе строятся точки, соответствующие концу вычисленного значения полярного радиуса в масштабе. С этой целью значения полярного радиуса приводятся к параметрическому виду по известным формулам [3, с. 200]. Учитывая, что в мяльной паре взаимодействуют вальцы с одинаковым контуром, моделирование мяльной пары в программе производится путем расчета значений полярного радиуса ρ по уравнению (21), дополнительно повернутого на угол, равный половине углового шага рифлей, относительно полярной оси, смещенной по вертикали на расстояние S_6 , равное межосевому расстоянию вальцов.

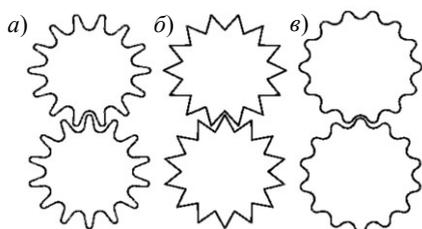


Рисунок 47 – Результаты компьютерного построения пар мяльных вальцов

На рисунке 47 в качестве примера показаны построенные по разработанному алгоритму модели мяльных пар для контуров сечений вальцов основных типов: радиального (а), острогранного (б) и кругового (в). Значения параметров вальцов приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Параметры мяльных вальцов

| Параметр | Значение параметра для вальцов | | |
|---------------------|--------------------------------|-------------------|---------------|
| | радиального (а) | острогранного (б) | кругового (в) |
| Z | 14 | | |
| $R_6, \text{мм}$ | 59 | | |
| $S_6, \text{мм}$ | 105 | 105 | 111 |
| $R_{6н}, \text{мм}$ | 42 | 42 | 50 |
| $r_6, \text{мм}$ | 2 | 0,01 | 7 |
| $r_{6н}, \text{мм}$ | 8 | 0,01 | 8 |

Сравнение графического изображения моделей различных контуров сечений мяльных вальцов, построенных в программе по разработанному алгоритму, показывает, что оно хорошо согласуется с результатами, полученными при решении задачи графическим методом [4, 5].

Выводы

1. Получено уравнение контура сечения мяльного вальца в зависимости от его технологических параметров, оказывающих основное влияние на процесс мятья стеблей льнотресты, – количества рифлей, размеров вальца, профиля и размеров его рифлей.

2. На основании полученного уравнения разработан алгоритм моделирования мяльной пары вальцов различного контура, применяемого в существующих мяльных машинах.

3. Полученный алгоритм целесообразно использовать при проектировании мяльных вальцов и для дальнейшего моделирования взаимодействия мяльных вальцов со слоем обрабатываемого материала в их взаимном движении.

29.06.12

Литература

1. Смирнов, Б.И. Классификация мяльных пар / Б.И. Смирнов // Изв. вузов. Технология текстил. промышленности. – 1971. – № 3. – С. 39–42.
2. Дьячков, В.А. Теоретические основы технологии производства лубяных волокон / В.А. Дьячков. – Кострома: Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2009. – С. 107–108.
3. Бронштейн, И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – 13-е изд., исправленное. – М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 544 с.
4. Смирнов, Б.И. Проектирование профилей мяльных валков (первая часть) / Б.И. Смирнов // Изв. вузов. Технология текстил. пром-ти. – 1980. – № 5. – С. 18–21.
5. Смирнов, Б.И. Проектирование профилей мяльных валков (вторая часть) / Б.И. Смирнов // Изв. вузов. Технология текстил. пром-ти. – 1981. – № 1. – С. 19–21.

УДК 631.352

М.Н. Трибуналов

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

М.М. Гарост

(УО «БНТУ», г. Минск, Республика Беларусь)

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ
ОЦЕНКА
ЭФФЕКТИВНОСТИ
ТЕХНОЛОГИЙ
УБОРКИ ЛЬНА**

Введение

К основным эксплуатационным параметрам сельскохозяйственных уборочных агрегатов относят скорость и ширину захвата, определяющие производительность агрегата, себестоимость уборочных работ, расход топлива и т.д. Задачу выбора оптимальных параметров чаще всего рассматривают в рамках однокритериальной оптимизации – по минимуму приведенных затрат. В условиях дефицита ресурсов в каждом конкретном случае могут ставиться и другие цели (снижение энергозатрат, капитальных и материальных вложений и т.д.).

Нередко показатель оптимизации нельзя определить однозначно, поэтому применяют методы многокритериальной оптимизации, например метод с использованием функции желательности, в котором частный параметр оптимизации преобразуется в показатель желательности путем

арифметических действий с матрицы [1]. Применение ЭВМ позволяет быстро переводить функцию отклика в функцию желательности, а затем – в обобщенную функцию желательности. Алгоритм обоснования и расчета показателей, составляющих функцию желательности, описан в работе [2].

Используемые в настоящее время методы сравнительной оценки отдельных машин и технологических комплексов по экономическим показателям (приведенным затратам, себестоимости и др.) недостаточны, чтобы судить об уровне интенсификации производства, обусловленном применением новых машин. Существующие методы связаны с показателями, имеющими значительные, определяемые политикой ценообразования, колебания. В условиях рыночной экономики оценка изделия осуществляется, прежде всего, с точки зрения потребителя. Успешно реализуются лишь изделия, которые по качественным показателям превосходят товары-аналоги, а цена соответствует уровню качества.

Основная часть

На основании анализа рассмотренных выше методов оценки эффективности машин и агрегатов можно сделать вывод о том, что наиболее приемлемым методом оценки эффективности технологий уборки льна в Республике Беларусь является геометрический способ [3]. Его суть в том, что по техническим характеристикам однотипных агрегатов определяются условные функции затрат в виде объемов параллелепипедов. Оптимальный вариант выбирается по оценочной функции, которая представлена объемом трех параллелепипедов.

В нашей задаче для определения геометрическим способом оптимальной технологии уборки льна в Республике Беларусь рассмотрены четыре комплекса машин (таблица 9), применяемых при различных технологиях уборки льна.

Технико-экономические показатели льноуборочных машин, применяемых в технологиях уборки льна, приведены в таблице 10.

Чтобы выбрать наиболее предпочтительный комплекс машин, необходимо было учитывать эксплуатационную производительность машины $P_{эм}$, затраты труда Z и денежных средств C , полные удельные энергозатраты \mathcal{E} , расход металла μ и мощность N по комбинированному критерию.

Из перечисленных показателей наиболее сложен в определении энергетический, который характеризует прямые и косвенные затраты энергии на добычу (производство или переработку) материалов. При его определении затраты живого труда, топлива, металла необходимо оценивать в единых сопоставимых единицах ($MДж$, $MДж/га$, $MДж/ч$).

Используя данные из таблиц 9, 10 и учитывая эксплуатационную производительность каждой машины $P_{эм}$, мы определили по каждому варианту затраты труда Z , денежных средств C , удельные энергозатраты

Э, расход металла μ и потребляемую мощность N по комбинированному критерию. Оценочная функция была представлена суммой трех параллелепипедов, по которым определялась минимальная функция затрат, что и соответствует оптимальному варианту.

Таблица 9 – Комплексы машин для уборки льна

| Технология уборки льна | Обозначение | Комплекс машин | Приведенная масса машины, кг* | Производительность агрегата ** |
|--|-------------|---|-------------------------------|-----------------------------------|
| Комбайновая (прицепным льнокомбайном) | Т1 | «Беларус-820» + ЛК-4А + 2ПТС-4; | 250+2200+200 | 0,6 га/ч |
| | | «Беларус-820» + 2ПТС-4; КСПЛ-0,9 | 250+200 5200 | 2,0 м/ч 0,9 га/ч |
| Комбайновая (самоходным льнокомбайном) | Т2 | КЛС-3,5; «Беларус-820» + 2ПТС-4; КСПЛ-0,9 | 6800 | 0,7 га/ч |
| | | | 250+200 5200 | 2,0 м/ч 0,41 га/ч |
| Раздельная (с очесом семенных коробочек в поле) | Т3 | ТСЛ-2,4; «NecaHy»; | 7200 | 1,5 га/ч |
| | | «Беларус-820» + 2ПТС-4 | 6800 | 0,7 га/ч |
| Раздельная (с очесом семенных коробочек на заводе) | Т4 | ТСЛ-2,4; «Беларус-800» + 2ПТС-4; | 7200 | 1,5 га/ч |
| | | ОМ-1 СКП-1,0 | 250+200 1500 3600 | 2,0 га/ч 0,45 га/ч 0,5 га/ч |

* Приведенные массы машин определены с учетом годовой загрузки машины и времени использования ее на уборке льна.

** При перевозке льновороха на расстояние 5 км и урожайности льновороха 2,0 м/га.

Таблица 10 – Техничко-экономические показатели машин для уборки льна

| Марка машины | Масса, кг | Годовая загрузка машины, ч | Производительность, га/ч | Расход топлива, кг/га (электроэнергии, кВт/ч) | Цена машины, в долларах США |
|---------------|-----------|----------------------------|--------------------------|---|-----------------------------|
| ТСЛ-2,4 | 7000 | 150 | 1,50 | 10 | 215000 |
| ЛК-4 | 2100 | 150 | 0,60 | 9,6 | 22000 |
| КЛС-3,5 | 6800 | 150 | 0,70 | 14 | 70000 |
| «NecaHy» | 5200 | 150 | 0,70 | 22,5 | 276000 |
| 2ПТС-4 | 2700 | 1000 | – | – | 5800 |
| ОМ-1 | 3500 | 1000 | 0,45 | (20 кВт/ч) | 40000 |
| КСПЛ-0,9 | 28400 | 1000 | 0,41 | 86,2 | 174000 |
| СКП-1,0 | 10200 | 4000 | 2,2 | (50 кВт/ч) | 300000 |
| «Беларус-820» | 3900 | 1500 | – | 10 | 15800 |

Полученные данные, отнесенные на 1 га убранный площади льна, представлены на рисунке 48.

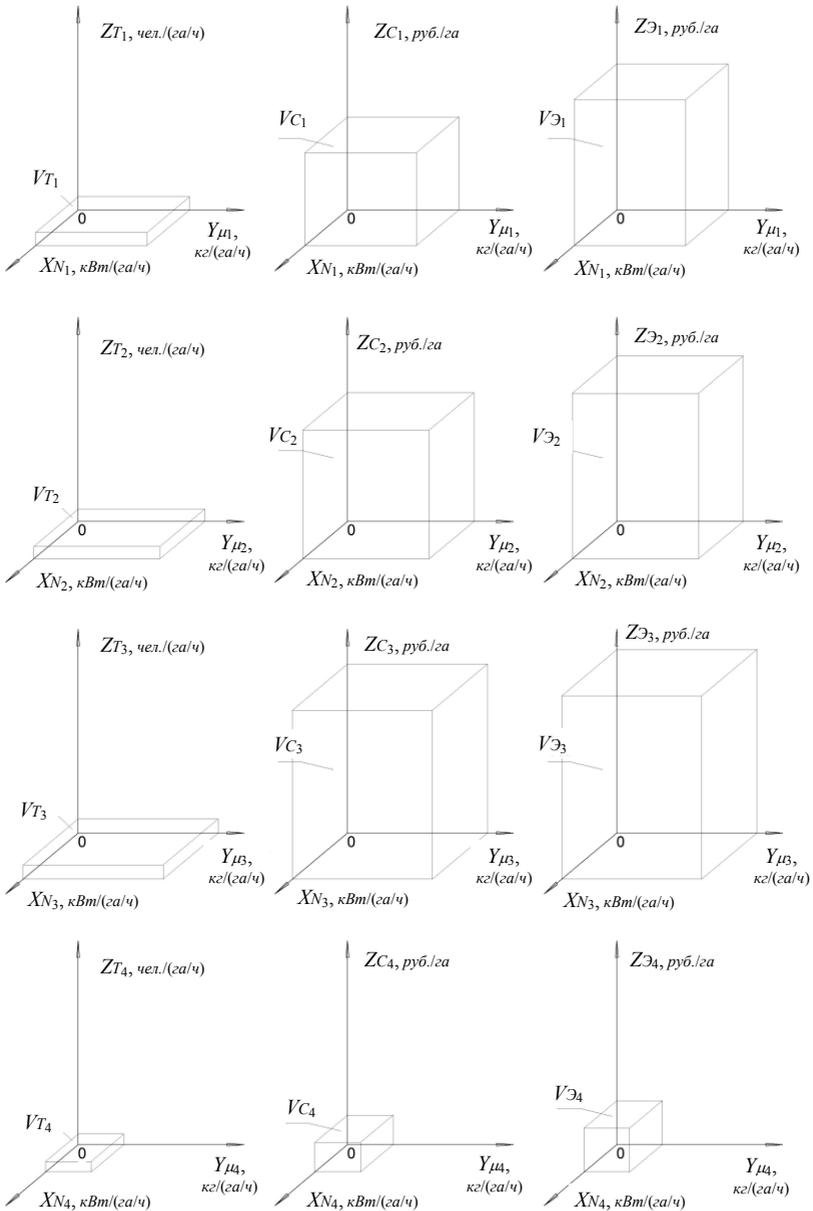


Рисунок 48 – Результаты расчетов показателей эффективности технологий уборки льна

По оси OX отсчитывается расход мощности, по OY – металлоемкость комплексов, по OZ_c – удельные эксплуатационные затраты, по OZ_T – затраты труда, по OZ_3 – полные удельные энергозатраты.

В наших расчетах минимальная функция затрат соответствует варианту T_4 ($V = 0,45 \text{ см}^3$) – раздельной технологии уборки льна с очесом на заводе.

Заключение

На основании анализа построенных графиков можно сделать вывод о том, что минимальная функция затрат соответствует варианту T_4 ($V = 0,45 \text{ см}^3$). Отсюда следует, что наиболее эффективной технологией уборки льна является раздельная с очесом на заводе.

Однако, наряду с высокой экономичностью, такая технология имеет ряд существенных недостатков:

- 1) значительные потери семян – более 70 %, а оставшиеся семена – низкого качества;
- 2) усугубляется проблема сохранности льносырья из-за грызунов;
- 3) загрязнение и замасливание семенами и льняным маслом технологического оборудования линии выработки длинного волокна.

Вместе с тем такая технология широко применяется в странах Западной Европы и ее следует более широко использовать в условиях Республики Беларусь, учитывая необходимую обеспеченность семенами, повышая уровень и культуру производства.

Полученная модель оценки эффективности технологий уборки льна с использованием технико-экономических показателей является универсальной и может применяться для выбора оптимального комплекса машин при возделывании и уборке других сельскохозяйственных культур.

24.08.12

Литература

1. Евтюшенков, Н.Е. Многокритериальная оптимизация параметров транспортных агрегатов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2002. – № 10. – С. 16–17.
2. Новик, Ф.С. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов / Ф.С. Новик, Я.Б. Арсон. – М.: Машиностроение; София: Техника, 1980. – 312 с.
3. Репетов, А.Н. Геометрический способ выбора агрегата для внесения минеральных удобрений / А.Н. Репетов, О.М. Лепшеев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1999. – № 2. – С. 25–26.

УДК 633.854.54:631.365.2

Ю.Ф. Лачуга

*(Россельхозакадемия,
г. Москва, Российская Федерация)*

М.М. Ковалев, А.П. Апыхин

*(ГНУ ВНИИМЛ Россельхозакадемии,
г. Тверь, Российская Федерация)*

В.П. Чеботарев, В.М. Изонтко

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

А.В. Новиков, Т.А. Непарко

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

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА СУШКИ ЛЬНЯНОГО ВОРОХА

Введение

Сушка льняного вороха является одной из самых энергоемких технологических операций в процессе получения семян льна. Наиболее экономичная противоточная карусельная сушилка СКМ-1 потребляет 75,9 кг жидкого топлива и 88,7 кВт/ч электроэнергии на одну тонну высушенного льновороха [1]. Поэтому в условиях постоянного удорожания энергоресурсов задача улучшения топливной экономичности сушилок льновороха является одной из наиболее актуальных в производстве льносемян.

Основная часть

Известны различные способы и средства повышения эффективности сушки льновороха, включающие, например, выбор оптимального режима, реверсию подачи сушильного агента, использование отработанного сушильного агента для предварительного подсушивания материала [2]. Известно также, что повышение эффективности процесса сушки достигается путем применения вибрационных воздействий. По закону Фурье [3], величина теплового потока Φ от источника тепла к нагреваемому материалу определяется согласно уравнению:

$$\Phi = \alpha F \Theta_{cp}, \text{ Вт}, \quad (1)$$

где α – коэффициент теплообмена, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град.})$;

F – действительная активная поверхность, через которую осуществляется теплообмен, м^2 ;

Θ_{cp} – средняя разность температур теплоносителя и нагреваемого материала, град.

Из уравнения (1) следует, что процесс теплообмена может быть интенсифицирован тремя путями:

- повышением средней разницы температур Θ_{cp} ;
- увеличением поверхности теплообмена F ;
- увеличением коэффициента теплообмена α .

Первое направление для льняного вороха неприемлемо из-за необходимости сохранения физиологических свойств семян льна (температура теплоносителя не должна превышать 45 °С). Второе направление – увеличение поверхности теплообмена – связано с усложнением и утяжелением сушильных устройств, что приводит к повышению их стоимости.

Наиболее перспективным является третье направление. Анализ работ в области исследования тепло- и массообмена различных тел показал, что при определенных параметрах вибрация увеличивает тепло- и массообмен тел со средой в 5...25 раз по сравнению с процессами, протекающими без вибрационного воздействия.

Существует два способа вибрационного воздействия для интенсификации процессов тепло- и массообмена: на среду (в данном случае воздушную), в которой находится высушиваемый продукт, и на сам продукт. Второй способ, получивший название «виброкипящий слой», применяют для сушки сыпучих и волокнистых материалов.

Выбор частоты и амплитуды вибрации в соответствии с физико-механическими свойствами материала позволяет создавать оптимальные условия для процессов, протекающих в слое материала. Диапазон исследуемых частот находится в пределах 5...250 Гц. При этом критерий Нуссельта N_H , характеризующий увеличение интенсивности теплообмена вследствие конвекции в сравнении с чистой теплопроводностью в покоящейся среде, определяется по формуле [3]:

$$N_H = A \frac{B}{\sqrt{\omega D}}, \quad (2)$$

где A – коэффициент, зависящий от формы тела;

B – амплитуда изменения скорости, м/с;

ω – циклическая частота, с⁻¹;

D – коэффициент температуропроводности, м²/с.

При постоянных значениях величин A и D интенсивность теплообмена прямо пропорциональна величине изменения скорости и обратно пропорциональна корню квадратному из циклической частоты. То есть необходимо стремиться к увеличению скорости и снижению частоты.

Наряду с рассмотренным способом интенсификации заслуживает внимания так называемый «циклический режим сушки», предложенный и обоснованный в работе [4].

Для исследования влияния параметров колебательного процесса на эффективность процесса сушки льняного вороха была изготовлена экспериментальная лабораторная установка (рисунок 49).

Установка включала вентиляторный блок 1, электрокалорифер 2, воздухопроводы 3, воздухораспределительную решетку 4, сушильную камеру 5, подвижную 6 и неподвижную 7 рамы, дебалансовый вибратор 8,

электродвигатель 9. Подвижная рама 6 была подвешена внутри неподвижной рамы 7 на виброизоляторах 10.

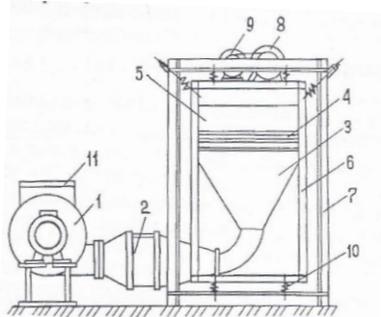


Рисунок 49 – Схема экспериментальной лабораторной установки

Производительность вентилятора регулировалась шибером 11. Диапазон регулирования температуры – от 12 до 200 °С, интервал – 12 °С. Диапазон регулирования рабочей частоты вибратора составлял 16, 24 и 48 Гц и обеспечивался сменными шкивами. Регулировка возмущающей силы в дебалансовом вибраторе осуществлялась с помощью сменных грузов (дисбалансов), путем изменения их радиуса вращения.

Приборное обеспечение эксперимента было следующим: для измерения температуры – жидкостные термометры и милливольтметр Ц 4541/1 в комплекте с теплопреобразователем сопротивления 50 П; расхода воздуха – ручной анемометр; параметров вибрации – виброметр ВМ-1 с набором вибропреобразователей; шума – импульсный шумомер PS-1-202; влажности образцов – сушильный шкаф СШ-300.

Для проведения эксперимента сырой ворох загружался в сушильную камеру 5 (рисунок 49), затем включался калориферный блок 2. Нагретый до 50 °С воздух вентилятором 1 по воздуховодам 3 подавался через решетку 4 в сушильную камеру 5. Одновременно с подачей воздуха включался электродвигатель 9, который через клиноременную передачу приводил в движение вибратор 8. Возникающие при этом виброколебания станины 6 через решетку 4 передавались высушиваемому льновороху. Необходимая интенсивность воздействий на материал достигалась путем установки требуемых для этого частоты и амплитуды колебаний.

В результате поисковых опытов была отработана методика проведения эксперимента: способ доувлажнения льновороха, масса навески, время сушки, температурный и скоростной режимы.

В процессе проведения эксперимента контролировались: влажность и масса материала до и после сушки, плотность загрузки материала в сушильную камеру, температура и скорость теплоносителя, время сушки, масса испаренной влаги. Сушка льновороха осуществлялась при температуре теплоносителя на входе в материал, равной 45 °С, а его скорость составляла 0,4...0,5 м/с.

Критериями оценки процесса сушки являлись: количество испаренной влаги в единицу времени и расход теплоносителя.

Результаты экспериментов представлены в таблице 11 и графически на рисунке 50.

Таблица 11 – Показатели процесса сушки с вибрацией слоя льновороха

| Наименование показателей | Режимы сушки | | |
|---|----------------------------|-----------------------------|----------------------|
| | без вибрации (стандартный) | с вибрацией, частотой (Гц): | |
| | | 48 и амплитудой 3 мм | 16 и амплитудой 5 мм |
| Время сушки, мин. | 120 | 95 | 89 |
| Масса льновороха, кг: | | | |
| до сушки | 20 | 20 | 20 |
| после сушки | 8,65 | 8,6 | 8,8 |
| Масса испаренной влаги, кг | 11,35 | 11,4 | 11,2 |
| Затраты тепловой энергии, ккал | 17365,5 | 13737 | 12600 |
| Удельные затраты тепловой энергии, ккал/кг испаренной влаги | 1530 | 1205 | 1125 |
| Средняя влажность льновороха, %: | | | |
| до сушки | 62 | 62 | 62 |
| после сушки | 10 | 10,2 | 10,3 |

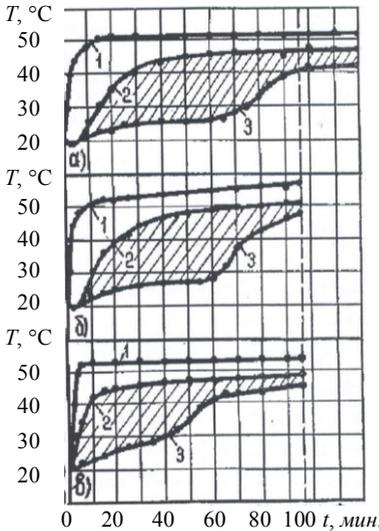


Рисунок 50 – Зависимость температуры теплоносителя от времени сушки при: стандартном режиме (а); с наложенной вибрацией 48 Гц и амплитудой 3 мм (б); с наложенной вибрацией 16 Гц и амплитудой 5 мм (в). Температура: в электрокалорифере (1); низа (2), верха (3) слоя льновороха

Анализ температурных кривых (рисунок 50) показал, что при наложении вибраций на льноворох в процессе сушки имеет место более быстрое повышение температуры как в нижней, так и в верхней части его слоя, а также происходит сдвиг начала и конца роста температуры верха слоя в сторону меньших значений времени сушки, т.е. сокращается время сушки. При этом процесс сушки материала с вибрацией частотой 16 Гц и амплитудой 5 мм более эффективен, чем проведенный при частоте 48 Гц и амплитуде 3 мм. В этом случае удельные затраты энергии на испарение влаги из льновороха в сравнении с сушкой в стандартном режиме уменьшились соответственно на 26,5 % и 21,2 %.

Таким образом, с ростом амплитуды и снижением частоты эффективность колебательного процесса на интенсивность сушки льновороха возрастает.

По строению ткани сельскохозяйственная продукция относится к коллоидным капиллярно-пористым телам. Льноворох и другие материалы лубяных культур, являющиеся коллоидными телами, термоизлучением сушатся хуже, чем тела капиллярно-пористые. Поэтому в работе [4] сушку таких тел рекомендуется осуществлять в циклическом режиме с переменной температурой от максимально возможной для конкретного материала до минимальной (температуры окружающего воздуха). Этот способ наиболее пригоден для материалов с длительным циклом сушки, к которым относятся и льноворох.

Эксперименты по сушке льновороха проведены с циклической (периодической) сменой температуры теплоносителя от максимально возможной (45 °С) на входе в слой до минимальной (20 °С), равной температуре окружающего воздуха в помещении в период охлаждения высушиваемого материала. В эксперименте циклический режим сушки льновороха проводился в двух вариантах: с одинаковым и с разным соотношением времени продувки материала горячим и холодным воздухом (таблица 12).

Таблица 12 – Режимы и варианты сушки льновороха

| Циклы сушки льновороха | Режимы сушки | | |
|--|-----------------|----|------------------------|
| | циклический | | стандартный |
| | варианты сушки: | | |
| | I | II | контрольный |
| Продувка слоя льновороха воздухом, мин. | | | 120 (горячим воздухом) |
| I цикл: горячим | 30 | 40 | |
| холодным | 10 | 10 | |
| II цикл: горячим | 30 | 30 | |
| холодным | 10 | 10 | |
| III цикл: горячим | 30 | 20 | |
| холодным | 10 | 10 | |

В первом варианте сушки в каждом цикле продувка слоя проводилась в течение 30 мин. горячим и 10 мин. холодным воздухом. Во втором варианте сушки продувка слоя в каждом цикле проводилась при уменьшающемся периоде времени (40, 30 и 20 мин.) горячим воздухом и при постоянном (10 мин.) – холодным воздухом. Повторность опытов – четырехкратная. Контрольными вариантами являлась сушка льновороха в стандартном режиме. Результаты эксперимента приведены в таблице 13.

Анализ данных таблицы 13 показывает, что применение циклического режима сушки обеспечивает экономию теплоносителя в первом варианте на 14 %, а во втором – на 26 % в сравнении со стандартным режимом сушки.

Таблица 13 – Показатели процесса сушки льновороха в циклическом режиме

| Наименование показателей | Режимы и варианты сушки: | | | |
|---------------------------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | циклический | стандартный | циклический | стандартный |
| | I вариант | контроль | II вариант | контроль |
| Масса льновороха, кг: | | | | |
| до сушки | 20 | 20 | 20 | 20 |
| после сушки | 14,2 | 14 | 15,1 | 14,8 |
| Масса испаренной влаги, кг | 5,8 | 6 | 4,9 | 5,2 |
| Средняя влажность льновороха, % | | | | |
| до сушки | 57 | 57 | 42 | 42 |
| после сушки | 10,1 | 9,8 | 8,2 | 8 |
| Время сушки, мин.: | | | | |
| в том числе | 120 | 120 | 120 | 120 |
| горячим воздухом | 90 | 120 | 90 | 120 |
| холодным воздухом | 30 | – | 30 | – |

Таким образом, наиболее предпочтительным является II вариант циклического режима сушки льновороха, осуществляемый с уменьшающимся во времени периодом продувки слоя горячим и с постоянным периодом времени его продувки холодным воздухом.

Выводы

1. Интенсификация процесса сушки льновороха может достигаться путем применения вибрационных воздействий на льноворох, а также его сушки в циклическом режиме, что позволяет сократить время протекания процесса и уменьшить энергозатраты. При этом наиболее эффективно влага удаляется при совмещении циклической сушки с вибрацией обрабатываемого материала.

2. Исходя из практической сложности реализации устройства с вибрацией обрабатываемого материала, наиболее целесообразно применение сушки льновороха в циклическом режиме, с уменьшающимися по циклам во времени периодами продувки слоя горячим воздухом, и с постоянным в периоде времени продувки холодным воздухом. Это обусловливается минимальными затратами времени и средств на внедрение в производство как на действующих, так и на вновь создаваемых сушилках.

3. Результаты исследований позволяют рекомендовать следующие рациональные параметры процесса сушки льновороха:

- а) по колебательному процессу – частоту 16 Гц, амплитуду 5 мм;
- б) по цикличности воздействия на обрабатываемый материал – с уменьшающимся по циклам во времени периодом продувки слоя горячим и постоянным периодом времени его продувки холодным воздухом, например, в соотношении 4:1, 3:1, 2:1, 1:1 соответственно.

23.08.12

Литература

1. Зеленко, В.И. Карусельные сушилки / В.И. Зеленко. – Тверь: ОГУП «Тверское областное книжно-журнальное издательство», 2002. – 192 с.
2. Зеленко, В.И. Конвективная сушка сельскохозяйственных материалов в плотном слое. Основы теории / В.И. Зеленко. – Тверь: Тверское областное книжно-журнальное издательство, 1998. – 96 с.
3. Членов, В.А. Сушка сыпучих материалов в виброкипящем слое / В.А. Членов, Н.В. Михайлов. – М.: Стройиздат, 1967. – С. 223.
4. Лыков, А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. – М.: Энергия, 1968. – 471 с.

УДК 631.563.2:677.11

М.М. Ковалев, А.Г. Тарлецкий
(ГНУ ВНИИМЛ Россельхозакадемии,
г. Тверь, Российская Федерация)

В.П. Чеботарев, В.М. Изонтко
(РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)

А.В. Новиков, Т.А. Непарко
(УО «БГАУ», г. Минск, Республика Беларусь)

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СУШКИ И ПЕРЕРАБОТКИ ЛЬНЯНОГО ВОРОХА

Введение

Комбайновая технология уборки льна, применяемая в Российской Федерации и Республике Беларусь, имеет существенный недостаток: необходимость выполнения энергоемкой и дорогостоящей технологической операции, заключающейся в сушке льняного вороха. В настоящее время эта технологическая операция выполняется на сушильных комплексах КСПЛ-0,9.

Общая масса оборудования комплекса КСПЛ-0,9 составляет 28 т, а стоимость комплекса, включая здание, по сложившимся ценам – не менее 8 млн российских рублей. По существу сушильный комплекс представляет собой небольшой завод, который работает в году только 15...20 дней. При уборке льна в фазе желтой спелости для сушки вороха с 1 га на КСПЛ-0,9 требуется не менее 80 кг жидкого топлива и около 90 кВт·ч электроэнергии. В целом энергозатраты на сушку вороха более чем в 1,5 раза превышают затраты энергии на выполнение всех остальных операций по возделыванию и уборке льна. При уборке льна в фазе ранней желтой спелости, когда ворох имеет влажность 50...60 %, стоимость энергоносителей, расходуемых на сушку, достигает 7 тыс. российских рублей на тонну семян.

С учетом стоимости всех ресурсов расходы на получение тонны семян при уборке льна в фазе ранней желтой спелости превышают их ры-

ночную стоимость. В связи с этим льносеющие хозяйства при уборке льна в фазе ранней желтой спелости сбрасывают льняной ворох на льнище, допуская потерю всего урожая семян. Такая технология уборки приводит к тому, что многие льносеющие хозяйства закупают семена для посева за рубежом.

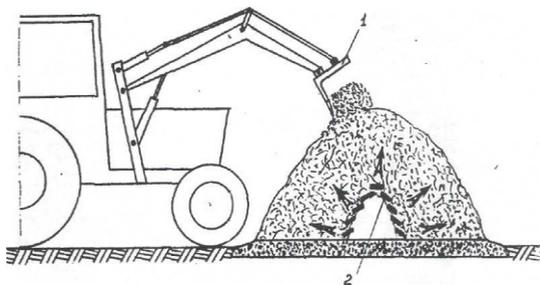
Как показывают расчеты, значительно (не менее чем в 2 раза) снизить энергозатраты на сушку льняного вороха позволяет комбинированная уборка льна, в соответствии с которой в фазе ранней желтой спелости убирают лен по раздельной технологии, а в фазе полной спелости, когда влажность вороха не превышает 40 %, – прямым комбайнированием. Однако комбинированная технология уборки требует наличия дорогостоящего сушильного комплекса и, кроме того, специальных дорожных машин – подборщиков-очесывателей.

С учетом недостатков применяемых технологий уборки льна и опыта, накопленного в предыдущие годы по досушке сена в штабелях, во ВНИПТИМЛ проводятся научные исследования по разработке ресурсосберегающей технологии сушки и переработки льняного вороха.

Основная часть

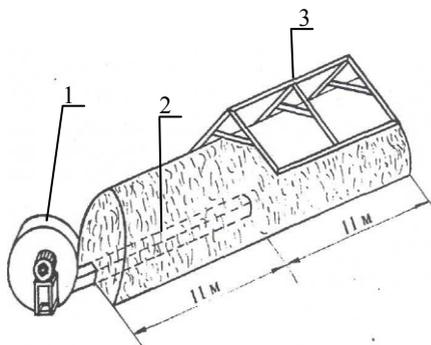
Сущность ресурсосберегающей технологии состоит в том, что в процессе уборки льна льноуборочными комбайнами льняной ворох укладывается в вентилируемые штабеля, которые формируются фронтальным погрузчиком на передвижных воздухораспределительных каналах установки для досушки сена активным вентилированием УВС-10 (рисунок 51) или на каналах, специально изготовленных для этой цели. Располагаются штабеля в зависимости от местных условий под навесами или на открытых площадках (рисунок 52). В случае расположения штабелей на открытых площадках предусматривается их укрытие.

Сушка вороха вентилированием в штабеле начинается, как только закроется воздухораспределительный канал. По мере поступления вороха высота и ширина штабеля наращивается погрузчиком до определенных размеров. Размеры штабеля выбираются в зависимости от влажности вороха и производительности вентилятора.



- 1 – ковш погрузчика;
- 2 – воздухораспределительный канал

Рисунок 51 – Схема процесса формирования штабеля фронтальным погрузчиком



- 1 – вентилятор;
 2 – передвижной воздушно-распределительный канал;
 3 – каркас

Рисунок 52 – Схема процесса сушки вороха в штабеле

При влажности вороха 55 % и производительности вентилятора Ц4-70 № 12 60000 м³/ч целесообразно, чтобы высота штабеля не превышала 2,5 м, а ширина – 5 м.

Показатели процесса сушки вороха вентилярованием неподогретым воздухом приведены в таблице 14.

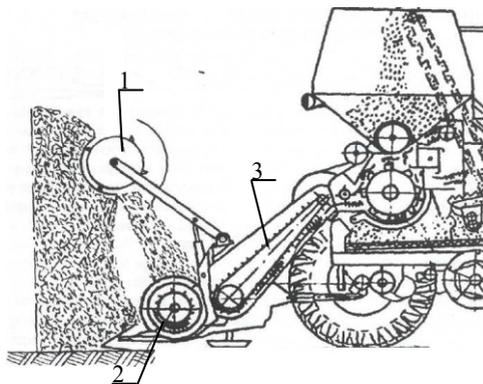
Таблица 14 – Показатели процесса сушки льняного вороха в штабеле

| Наименование показателя | | Опыты | | |
|--|-------------------------------|-------|-------|-------|
| | | № 1 | № 2 | № 3 |
| Размеры штабеля, м | высота | 2,5 | 3,5 | 4 |
| | ширина | 5 | 6 | 6 |
| | длина | 22 | 22 | 22 |
| Масса семян, содержащихся в штабеле, т | | 10,5 | 15 | 20 |
| Влажность вороха, % | | 55 | 40 | 30 |
| Масса влаги, удаляемой из вороха, находящегося в штабеле, кг | | 34000 | 20800 | 11570 |
| Производительность вентилятора | по воздуху, м ³ /ч | 60000 | 60000 | 46000 |
| | по удаляемой влаге, кг/ч | 84 | 84 | 64 |
| Продолжительность сушки | часов | 405 | 247 | 180 |
| | дней | 25 | 15 | 11 |
| Удельные энергозатраты на тонну семян, кВт-ч/т | сушка в штабеле | 848 | 362 | 126 |
| | сушка на КСПЛ-0,9 | 3888 | 2120 | 1168 |
| Сокращение энергозатрат, раз | | 4,5 | 5,8 | 9,2 |

Анализ полученных результатов исследований показывает, что сушка вороха в штабелях позволит снизить энергозатраты в расчете на тонну семян в сравнении с сушкой на комплексе КСПЛ-0,9 не менее чем в 4,5 раза. Стоимость оборудования для сушки вороха в штабелях в расчете на 100 га посева по сложившимся ценам не превысит 250 тыс. российских рублей. Стоимость сушильного оборудования КСПЛ-0,9 в рас-

чете на 100 га посева с учетом монтажных и строительных работ в 10 раз больше и составляет не менее 2,5 млн российских рублей.

Относительно большая продолжительность процесса сушки вороха в штабелях (от 25 до 11 дней) не является недостатком, поскольку в этом случае окончание сушки вороха совпадает с завершением уборки зерновых культур, поэтому зерноуборочный комбайн можно использовать для обмолота вороха. Производительность, с которой молотилка зерноуборочного комбайна может обмолачивать ворох, составляет около 15 т/ч. Этот показатель подтверждается работой комбайнов на уборке масличного льна. Подавать ворох с производительностью 15 т/ч вручную нереально, поэтому самоходный зерноуборочный комбайн необходимо оборудовать приспособлением для подачи вороха из штабеля в молотилку комбайна. В качестве такого приспособления может быть использован роторный питатель, устанавливаемый на жатке комбайна вместо мотовила (рисунк 53). Для подачи вороха в комбайн с производительностью около 15 т/ч возможно использование и фронтального погрузчика.



- 1 – ротор, установленный на жатке вместо мотовила;
- 2 – шнек жатки комбайна;
- 3 – наклонный транспортер

Рисунок 53 – Схема процесса подачи льняного вороха в молотилку зерноуборочного комбайна

При указанной производительности комбайна ворох, получаемый с площади 100 га, перерабатывается в течение одного дня. Вероятность травмирования семян рабочими органами комбайна минимальна, поскольку семена, содержащиеся в ворохе, имеют влажность не менее 14 %.

Выводы

1. Технология сушки льняного вороха в штабелях позволяет значительно снизить расход топлива, эксплуатационные затраты и капиталовложения по сравнению с сушкой на комплексе КСПЛ-0,9.

2. Предлагаемое для данной технологии оборудование может использоваться для сушки сена и тресты в рулонах, что повысит его экономическую эффективность.

23.08.12

УДК 631.358.02:633.52

М.М. Ковалев, С.В. Просолов

ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации льноводства Россельхозакадемии» (ГНУ ВНИИЛ)

г. Тверь, Российская Федерация

В.П. Чеботарев, С.Ф. Лойко

(РУП «НПЦ НАН Беларуси

по механизации сельского хозяйства»,

г. Минск, Республика Беларусь)

А.В. Новиков, Т.А. Непарко

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

**ВЛИЯНИЕ
ШИРИНЫ
ЗАХВАТА
ТЕРЕБИЛЬНОЙ
СЕКЦИИ
НА ПОКАЗАТЕЛИ
КАЧЕСТВА
ЕЕ РАБОТЫ**

Введение

Выход и качество получаемого при переработке льнотресты волокна в значительной степени зависят от таких параметров ленты, как растянутость стеблей, равномерность расстила и др. При этом растянутость стеблей в ленте зависит от ширины захвата теребильной секции. В работах [1, 2] показано, что при уменьшении ширины захвата теребильной секции растянутость стеблей в ленте уменьшается. Однако характер изменения растянутости стеблей в ленте, зависимость выхода и качества длинного льноволокна при изменении ширины захвата теребильной секции авторами не был исследован.

Задачей исследований являлось определение влияния растянутости стеблей в ленте льна на выход и качество длинного волокна в зависимости от ширины захвата теребильной секции.

Основная часть

Для проведения экспериментов были разработаны и изготовлены две фронтальные льнотеребилки с поперечными ленточно-дисковыми ручьями. Одна из них была изготовлена пятисекционной, с возможностью изменения ширины захвата теребильного аппарата и каждой его секции (рисунок 54) [3], а другая – девятисекционной, с шириной захвата каждой теребильной секции 0,21 м (рисунок 55).

В первой льнотеребилке при уменьшении ширины захвата путем поворота рамы аппарата на заданный угол β (рисунок 54б) одновременно происходило и уменьшение ширины захвата каждой теребильной секции. При угле $\beta = 0^\circ$ ширина $B_{\text{тс}}$ захвата каждой теребильной секции равна 0,38 м. Льнотеребилка содержит основную раму 1 с размещенным на ней теребильным аппаратом 2 и устройство 3 для навески ее на трактор 4. Рама 5 теребильного аппарата и основная рама 1 соединялись посредством вертикального шарнира 6. Противоположные концы рам 1 и 5 связаны поворотным механизмом с возможностью изменения положе-

ния рамы 5 теребильного аппарата относительно основной 1 и с последующей фиксацией в заданном положении. Механизм поворота рамы 5 теребильного аппарата выполнен в виде направляющего поворотного в горизонтальной плоскости кронштейна 7 и тяги 8, одним концом шарнирно связанной с рамой 5, а противоположным – с кронштейном 7. Для расстила вытеребленных растений в ленту использовался телескопический расстилочный щит 9.

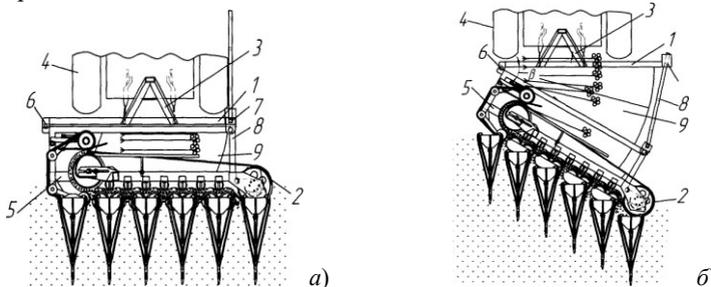


Рисунок 54 – Схема пятисекционной фронтальной льнотеребилки с поперечными ленточно-дисковыми ручьями и изменяемой шириной $B_{\text{с}}$ захвата при положении рамы теребильного аппарата: *а)* перпендикулярно к направлению движения агрегата; *б)* под углом β к направлению движения агрегата

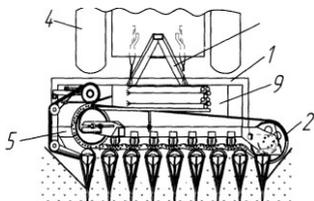


Рисунок 55 – Схема девятисекционной фронтальной льнотеребилки с поперечными ленточно-дисковыми ручьями и шириной $B_{\text{с}}$ захвата каждой теребильной секции 0,21 м

Основные конструктивные отличия второй льнотеребилки от первой заключались в том, что расстилочный щит в ней был выполнен нерегулируемым и рама теребильного аппарата жестко крепилась к раме льнотеребилки.

Первая теребилка испытывалась на опытном поле ГНУ ВНИИЛ, а на опытном поле ГНИУ ВНИИМЗ (Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственного использования мелиоративных земель) оценивались обе. Агротехнические показатели льна при проведении опытов приведены в таблице 15.

Уборку культуры проводили указанными агрегатами на скорости $v_{\text{м}}$, равной 2,2 м/с для пятисекционной и 1,8 и 3,0 м/с – для девятисекционной теребилки. Высота теребления растений пятисекционной теребилкой составляла 0,25 м, а девятисекционной – 0,2 м. В пятисекционной теребилке изменение ширины захвата каждой теребильной секции достигалось путем установки рамы теребильного аппарата под соответст-

вующим углом β к направлению движения агрегата. При этом углы β (варианты опыта) были: 0° ; $22,5^\circ$ и 45° , что соответствовало ширине захвата каждой теребильной секции 0,38 м; 0,35 м и 0,27 м. Показатели качества расстила лент льна определяли по методике согласно СТО АИСТ 8.9–2004 [4].

Таблица 15 – Агротехнические показатели льна при опытах

| Наименование показателей | Значения показателей | |
|--|----------------------|--------|
| | ВНИИМЛ | ВНИИМЗ |
| Сорт льна-долгунца | Алексим | Ленок |
| Урожайность при нормированной влажности ($m/га$): льносоломы семян | 3,5 | 3,7 |
| | 0,35 | 0,26 |
| Густота стеблестоя ($шт./м^2$) | 1238 | 1076 |
| Средняя общая длина стеблей, м | 0,82 | 0,69 |
| Средний диаметр стеблей, мм | 1,20 | 1,22 |
| Зона расположения семенных коробочек в стеблестое, м | 0,21 | 0,225 |
| Спелость льна | ранняя желтая | желтая |
| Влажность (%): коробочек стеблей | 64,4 | 60,7 |
| | 49,6 | 45,1 |
| Полегание льна (баллы) | 4–5 | 5 |
| Засоренность культуры (%) | 5,5 | 3,3 |

Для предотвращения смещения растений льна в разостланных льно-теребильным агрегатом учетных лентах их вручную прошивали двухсторонней прошивкой достаточно прочными нитями. После вылежки льносоломы в тресту учетные отрезки прошитых лент вручную сворачивали в рулоны и доставляли в лабораторию для проведения технологического анализа [5]. В лаборатории рулоны вновь разматывали в ленту и ручным гребнем проводили очес семенных коробочек, оставшихся на растениях после вылежки льнотресты. Технологическую оценку льносоломы и льнотресты проводили в лаборатории технологического анализа по методике ГНУ ВНИИЛ [6] и действующих ГОСТов [7, 8, 9, 10].

Оборудование для переработки льнотресты включало модернизированные мялку МЛ-6А и трепальную машину ТЛ-40А, а также куделеприготовительный агрегат КЛ-25А.

При испытаниях пятисекционной теребилки были определены зона расположения комлевой части ленты растений, а также растянутость c_d растений в ленте льна. Были исследованы выборка десяти значений длин стеблей $l_{СК}$ в комлевой части разостланных учетных лент льна, а также растянутость c_d растений в ней. По полученным данным построены гистограммы выборочного распределения длин стеблей $l_{СК}$ в комлевой части ленты льна, а также растянутости c_d растений в ней, представленные на рисунках 56 и 57.

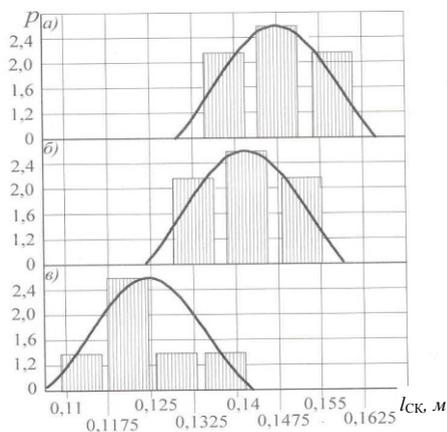


Рисунок 56 – Гистограмма выборочного распределения длин $l_{СК}$ стеблей в комлевой части ленты растений льна и кривые нормального распределения, полученные при угле установки теребивильного аппарата к направлению движения агрегата:
 а) $\beta = 0^\circ$; б) $\beta = 22,5^\circ$; в) $\beta = 45^\circ$;
 p – частота распределения значений

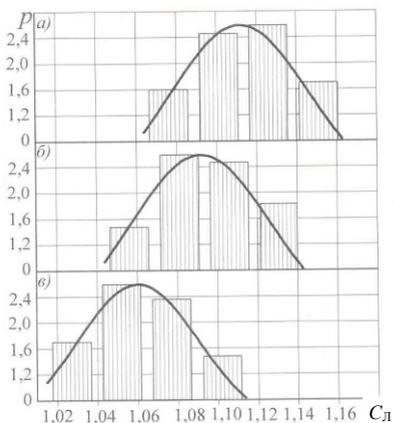


Рисунок 57 – Гистограмма выборочного распределения растянутости $c_{л}$ растений в ленте льна и кривые нормального распределения, полученные при угле установки теребивильного аппарата к направлению движения агрегата:
 а) $\beta = 0^\circ$; б) $\beta = 22,5^\circ$; в) $\beta = 45^\circ$;
 p – частота распределения значений

Из рисунков 56 и 57 следует, что уменьшение ширины $B_{тс}$ захвата теребивильной секции приводит к снижению значений длин $l_{СК}$ стеблей в комлевой части ленты льна и к растянутости $c_{л}$ растений в ней.

Результаты оценки качества льносолемы (таблица 16) показали, что уменьшение ширины захвата теребивильной секции оказало положительное влияние на такие важные показатели, как разрывная нагрузка и пригодность, которые в этом случае возрастают. Разрывная нагрузка льносоломки увеличилась с 96,2 H до 153,8 H , а пригодность – с 0,6 до 0,82 единицы. В результате этого интерполированный номер льносоломки возрос с номера 1 до номера 1,41. Это объясняется тем, что при уменьшении ширины захвата теребивильной секции при одной и той же высоте теребления зажим растений смещается в сторону их корневой части, где волокна в стебле меньше. В неповрежденной же части стебля волокна больше, что и

обуславливает рост его разрывной нагрузки. К увеличению разрывной нагрузки в данном случае приводит также и уменьшение количества изломов стеблей.

Таблица 16 – Результаты инструментальной оценки качества льносоломы по ГОСТ 14897–69 «Солома льняная» при терблении пятисекционной тербилкой

| Варианты (угол установки тербильного аппарата к направлению движения агрегата, β) | Горстевая длина | | Разрывная нагрузка | | Содержание луба | | Пригодность | | Цвет I (груша) | Сумма баллов (баллы) | Качество соломы (№) | |
|--|-----------------|------|--------------------|------|-----------------|------|-------------|------|----------------|----------------------|---------------------|-------------------|
| | м | балл | Н | балл | % | балл | ед. | балл | | | по ГОСТ | интерполированный |
| 0 | 0,68 | 29 | 96,2 | 11 | 36 | 53 | 0,60 | 0 | III | 93 | 1,00 | 1,00 |
| 22,5 | 0,68 | 29 | 115,4 | 13 | 36 | 53 | 0,75 | 6 | III | 101 | 1,00 | 1,18 |
| 45 | 0,73 | 31 | 153,8 | 17 | 37 | 54 | 0,82 | 9 | III | 111 | 1,125 | 1,41 |

Результаты переработки льнотресты, полученной из такой льносоломки, представлены в таблице 17. Они подтвердили улучшение технологических показателей выхода и качества волокнистой льнопродукции при уменьшении ширины $B_{тс}$ захвата тербильной секции. Выход длинного волокна увеличился с 16,76 % (при $\beta = 0^\circ$) до 18,5 % (при $\beta = 45^\circ$), или на 1,74 %, а его номер возрос с 9 до 9,74, т.е. на 0,74 номера.

Таблица 17 – Результаты переработки льнотресты на волокно, полученное при терблении пятисекционной тербилкой

| Варианты (угол установки тербильного аппарата к направлению движения агрегата, β) | Повторность | Длинное волокно | | | Короткое волокно | | | Общее содержание волокнистых веществ (%) | Общие процентно-номера волокна (%·№) |
|--|-------------|-----------------|-------------------|------------------------|------------------|-------------------|------------------------|--|--------------------------------------|
| | | выход (%) | средний номер (№) | процентно-номера (%·№) | выход (%) | средний номер (№) | процентно-номера (%·№) | | |
| 0 | 1 | 16,43 | | | | | | | |
| | 2 | 17,10 | | | | | | | |
| | среднее | 16,76 | 9,00 | 150,84 | 14,99 | 3 | 44,97 | 31,75 | 195,8 |
| 22,5 | 1 | 17,24 | | | | | | | |
| | 2 | 17,85 | | | | | | | |
| | среднее | 17,54 | 9,24 | 162,07 | 15,12 | 3 | 45,36 | 32,66 | 207,43 |
| 45 | 1 | 18,92 | | | | | | | |
| | 2 | 18,18 | | | | | | | |
| | среднее | 18,50 | 9,74 | 170,94 | 14,14 | 3 | 42,42 | 32,64 | 212,83 |

При испытании обеих тербилок изучалось влияние ширины $B_{тс}$ захвата тербильной секции и скорости D_M агрегата на выход и качество льноволокна.

Теребление посевов пятисекционным теребильным аппаратом осуществлялось при угле $\beta = 0^\circ$ и ширине $B_{тс}$ захвата каждой теребильной секции 0,38 м. При этом установлено, что уменьшение ширины захвата теребильной секции при скорости агрегата 1,8 и 3,0 м/с оказало положительное влияние на качество льносолломки (таблица 18). Интерполированный номер льносолломки у аппарата с $B_{тс} = 0,21$ м на 0,07 выше, чем у аппарата с $B_{тс} = 0,38$ м при $v_m = 1,8$ м/с. При $v_m = 3$ м/с это превышение составило уже 0,14 номера. Показатель пригодности льносолломы во всех вариантах опыта составлял 0,88–0,9 ед. Результаты переработки льнотресты на волокно приведены в таблице 19. Они также свидетельствуют об улучшении технологических показателей выхода и качества волокнистой продукции при уменьшении ширины $B_{тс}$ захвата теребильной секции. При $v_m = 1,8$ м/с выход длинного волокна у аппарата с $B_{тс} = 0,21$ м в сравнении с аппаратом, у которого $B_{тс} = 0,38$ м, больше на 0,94 %, а его номер – на 0,43 ед. Это объясняется меньшей растянутостью стеблей льна в ленте и меньшим их изломом у аппарата с более узкой шириной захвата теребильной секции.

Увеличение скорости агрегата до $v_m = 3$ м/с приводило к некоторому снижению выхода и качества длинного волокна у обоих аппаратов. Однако у аппарата с более узкой шириной захвата теребильной секции показатели выхода и качества длинного волокна все равно выше. По выходу длинного волокна превышение составило 1,08 %, а по его номеру – 0,37 ед. Это происходит вследствие того, что с увеличением скорости v_m агрегата возрастает растянутость растений в ленте из-за дополнительного отклонения делителями растений вперед по ходу агрегата.

Таблица 18 – Результаты инструментальной оценки качества льносолломки по ГОСТ 14897–69 «Солома льняная» при тереблении обеими теребилками в одинаковых условиях

| Варианты опыта | Горстевая длина | | Разрывная нагрузка | | Содержание луба | | Пригодность | | Цвет I (группа) | Сумма баллов (баллы) | Качество соломы (№) | |
|---------------------------------------|-----------------|------|--------------------|------|-----------------|------|-------------|------|-----------------|----------------------|---------------------|-------------------|
| | м | балл | Н | балл | % | балл | ед. | балл | | | по ГОСТ | интерполированный |
| $B_{тс} = 0,21$ м, $v_m = 1,8$ м/с | 0,68 | 29 | 268,8 | 27 | 36,9 | 54 | 0,88 | 12 | III | 122 | 1,75 | 1,75 |
| $B_{тс} = 0,38$ м, $v_m = 1,8$ м/с | 0,67 | 28 | 252,2 | 26 | 37,0 | 53 | 0,90 | 13 | III | 120 | 1,50 | 1,68 |
| $B_{тс} = 0,21$ м, $v_m = 3$ м/с | 0,68 | 29 | 268 | 27 | 36,9 | 54 | 0,88 | 12 | III | 122 | 1,75 | 1,75 |
| $B_{тс} = 0,38$ м, $v_m = 3$ м/с | 0,67 | 28 | 248,2 | 25 | 36,0 | 53 | 0,88 | 12 | III | 118 | 1,50 | 1,61 |

Таблица 19 – Результаты переработки льнотресты на волокно, полученное при терелении обеими теребилками в одинаковых условиях

| Варианты опыта | Повторности | Длинное волокно | | | Короткое волокно | | | Общее содержание волоконистых веществ (%) | Общие процентно-номера волокна (% · №) |
|-------------------------------------|-------------|-----------------|-------------------|--------------------------|------------------|-------------------|--------------------------|---|--|
| | | выход (%) | средний номер (№) | процентно-номера (% · №) | выход (%) | средний номер (№) | процентно-номера (% · №) | | |
| $B_{тс}=0,21 м;$ $v_{м}=1,8 м/с$ | 1 | 19,14 | 9,4 | 179,9 | | | | | |
| | 2 | 18,89 | 9,6 | 181,3 | | | | | |
| | 3 | 19,40 | 9,0 | 174,6 | | | | | |
| | среднее | 19,14 | 9,33 | 178,6 | 10,56 | 3,0 | 31,7 | 29,7 | 210,3 |
| $B_{тс}=0,38 м;$ $v_{м}=1,8 м/с$ | 1 | 18,10 | 9,1 | 164,7 | | | | | |
| | 2 | 18,10 | 8,8 | 159,3 | | | | | |
| | 3 | 18,40 | 8,8 | 161,9 | | | | | |
| | среднее | 18,20 | 8,9 | 162 | 11,20 | 3,0 | 33,6 | 29,4 | 195,6 |
| $B_{тс}=0,21 м;$ $v_{м}=3 м/с$ | 1 | 19,25 | 9,3 | 179 | | | | | |
| | 2 | 18,53 | 9,1 | 168,6 | | | | | |
| | 3 | 17,76 | 9,2 | 163,4 | | | | | |
| | среднее | 18,51 | 9,20 | 170,3 | 11,30 | 3,0 | 33,9 | 29,81 | 204,2 |
| $B_{тс}=0,38 м;$ $v_{м}=3 м/с$ | 1 | 17,18 | 9,2 | 158,1 | | | | | |
| | 2 | 17,67 | 8,7 | 153,7 | | | | | |
| | 3 | 17,45 | 8,6 | 150,1 | | | | | |
| | среднее | 17,43 | 8,83 | 153,9 | 11,50 | 3,0 | 34,2 | 28,93 | 188,1 |

Выводы

1. Для обеспечения максимального выхода и качества длинного волокна при проектировании льнотеребилных аппаратов следует использовать теребилные секции с меньшей шириной захвата.

2. При этом следует применять теребилные аппараты с поперечными ленточно-дисковыми ручьями как с наиболее простыми и надежными в работе.

21.09.12

Литература

1. Писарчик, А.В. Исследование и обоснование параметров льнотеребилного аппарата: дис. ... канд. техн. наук / А.В. Писарчик. – Минск, 1969. – 190 с.
2. Хайлис, Г.А. Теория и расчет льноуборочных машин / Г.А. Хайлис // Труды Великолукского с.-х. института. – Елгава, 1973. – Вып. XXVI. – 333 с.
3. Льнотеребилка: пат. 2321203 РФ, МПК А01D45/06/ М.М. Ковалев, Г.А. Хайлис, С.В. Просолов, Р.А. Ростовцев, Е.А. Налобина, М.М. Русакова; заявитель ГНУ ВНИПТИМЛ Россельхозакадемии. – № 2006123820/12; заявл. 05.07.2007; опубл. 10.04.2008. // Изобретения и полезные модели. – Бюл. № 10.
4. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины для уборки льна. Методы оценки функциональных показателей: СТО АИСТ 8.9–2004. Стандарт организации. – Введ. 15.09.2011. – 46 с.

5. Методические рекомендации по определению качества сырья льна-долгунца / МСХиП РФ. – М.: Центр научно-технической информации, пропаганды и рекламы, 1994. – 33 с.
6. Методические указания по проведению технологической оценки льносолумы и опытов по первичной обработке льна / ВНИИЛ. – Торжок, 1972. – 58 с.
7. Солома льняная: ГОСТ 14897–69. – Введ. 15.08.1969. – М.: Изд-во стандартов, 1969. – 23 с.
8. Солома льняная. Требования при заготовках: ГОСТ 28285–89. – Введ. 01.07.1990. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 22 с.
9. Треста льняная. Требования при заготовках: ГОСТ 24383–89. – Введ. 01.01.1991. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 17 с.
10. Лен трепаный. Технические условия: ГОСТ 10330–76. – Введ. 01.07.1977. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 10 с.

УДК 631.358.02:633.52

М.М. Ковалев

*(ГНУ ВНИИМЛ Россельхозакадемии,
г. Тверь, Российская Федерация)*

В.П. Чеботарев, С.Ф. Лойко

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

А.В. Новиков, М.М.Трибуналов, Т.А. Непарко

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

**ВЛИЯНИЕ
ПАРАМЕТРОВ
ТЕРЕБИЛЬНОЙ
СЕКЦИИ
НА ВЫХОД
И КАЧЕСТВО
ВОЛОКНА**

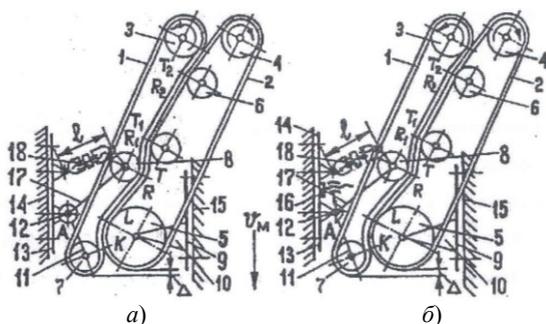
Введение

Основной машиной для уборки льна-долгунца является льноуборочный комбайн, теребильный аппарат которого имеет криволинейные ленточно-роликовые ручки, образованные двумя соприкасающимися бесконечными ремнями. Несмотря на простоту конструкции и надежность в работе, они имеют неравномерное распределение давления по длине. Кроме того, на криволинейных участках ручья рабочие поверхности теребильных ремней проскальзывают друг относительно друга. Поэтому на участках с большим давлением возможно чрезмерное повреждение стеблей теребильными ремнями, приводящее к получению неоднородной по степени вылежки тресты и снижению выхода и качества длинного волокна при ее переработке.

Основная часть

Теоретические исследования, в которых рассмотрены особенности неравномерного распределения давления в криволинейных ленточно-роликовых ручьях и действующие при этом силы натяжения ремней, изложены в работах [1–3]. Однако они требуют экспериментальной про-

верки. Ниже излагаются результаты экспериментальных исследований по оценке влияния неравномерности давления в таком ручье на выход и качество длинного волокна. На рисунке 58а показана схема льнотеребильной секции с продольным криволинейным ленточно-роликовым ручьем льнокомбайна ЛК-4А. Она содержит два ремня – 1 (правый) и 2 (левый) по ходу движения машины, ведущие шкивы 3 и 4, теребильный шкив 5 и опорные ролики 6 (в левой полусекции), натяжной 7 и нажимной 8 ролики (в правой полусекции). Теребление стеблей осуществляется на участках KL , LR и RT ручья. На участках R_1T_1 и R_2T_2 вытеребленные стебли лишь транспортируются. Давление в ручье создается натяжением ремней 1 и 2.



а) серийная секция; б) модернизированная секция

Рисунок 58 – Льнотеребильная секция с продольным криволинейным ленточно-роликовым ручьем

Неравномерность распределения давления по длине ручья обуславливается конструктивными особенностями, условиями эксплуатации и производственными недостатками (точностью изготовления и сборки деталей и узлов) теребильных секций.

Конструктивные особенности в наибольшей степени влияют на неравномерность давления в ручье: образование дополнительного давления на входе в ручей и наличие большого давления в зоне нажимного ролика 8.

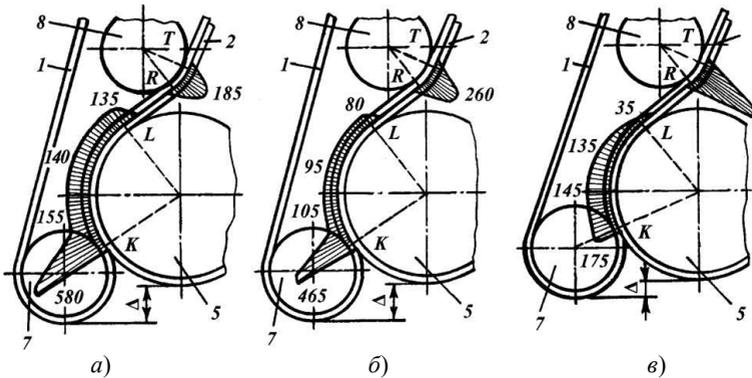
Дополнительное давление образуется вследствие прижатия обтянутого ремнем натяжного ролика 7 к так же обтянутому ремнем теребильному шкиву 5, так как его ось смонтирована на неподвижной относительно ползуна 9 опоре 10. Ось же натяжного ролика 7 размещена на опоре, которая может поворачиваться, так как опорой служит конец кронштейна 11, имеющего ось 12 вращения на ползуне 13 каретки секции. Для начального натяжения теребильных ремней 1 и 2 ползуны 9 и 13 установлены на неподвижных направляющих 14 и 15 с возможностью перемещения и фиксации на них в заданном положении.

Анализ явления образования дополнительного давления в ручье показывает, что оно возникает вследствие возможности поворота кронштейна 11 оси натяжного ролика 7 вокруг оси 12 под действием сил натяжений ветвей правого ремня 1 в точках *A* и *K*. Причем поворот кронштейна 11 вокруг оси 12 тем больше, чем больше расстояние *A*, на которое натяжной ролик 7 выдвинут относительно шкива 5.

Давление в зоне *RT* нажимного ролика 8 также непостоянно, так как ось этого ролика закреплена на поворотном рычаге 17, положение которого меняется изменением длины связанного с ним рычага 18, выполненного в виде регулировочного винта. Чем больше длина *l* рычага 18, тем больше сила натяжения ремней и давление в ручье, а также угол обхвата ролика 8 ремнями.

В связи с этим были проведены экспериментальные исследования распределения давления в криволинейном ленточно-роликовом ручье в зависимости от натяжения ремней и положения натяжного ролика 7 при фиксированном положении нажимного ролика 8 ($l = 0,135$ м).

По результатам замеров построены эпюры давлений, показанные на рисунке 59.



а) правого 3 кН; левого 1,5 кН; $\Delta = 0,045$; $LR = 0,06$ м; б) правого и левого 2 кН; $\Delta = 0,03$ м; $LR = 0,07$ м; в) правого и левого 3 кН; $\Delta = 0,005$ м; $LR = 0,085$ м

Рисунок 59 – Эпюры давлений в криволинейном ленточно-роликовом ручье, построенные по опытным данным при натяжении теревильных ремней

Эксперименты показали, что давление по длине ручья неравномерно. При небольших величинах Δ давление мало изменяется в зоне *KL* (рисунок 59в). С увеличением же расстояния Δ давление сильно возрастает в нижних точках ручья (рисунок 59 а, б).

При одинаковом натяжении ремней давление в зоне нажимного ролика 8 (рисунок 59 б, в) значительно больше давления в средней и верхней частях зоны *KL* теревильных стеблей. В случае натяжения левого

ремня 2 в два раза меньше натяжения правого ремня 1 давление в средней и верхней частях зоны KL и в зоне RT выравнивается, но из-за движения при этом натяжного ролика 7 вперед вследствие натяжения правого ремня 2 и увеличения расстояния Δ резко возрастает давление в начале ручья.

Устранение дополнительного давления в нижней части ручья достигается путем отжима натяжного ролика 7 от теребильного шкива 5 с помощью разработанного устройства. В нем кронштейн 11 (рисунок 58б) выполнен в виде двуплечего рычага, шарнирно соединенного своей средней частью с ползуном 13. Верхний конец кронштейна имеет регулируемый по длине винтовой упор 16, снабженный контргайкой и упирающийся в ползун 13. Увеличивая длину выступающей части упора 16, добиваются того, чтобы дополнительное давление в точке K ручья равнялось нулю.

Эпюра без дополнительного давления на участке KL ручья имеет вид, показанный на рисунке 59в, т.е. давление на участке KL определяется только натяжением правого ремня 1.

Для обоснования рационального положения нажимного ролика 8 проведены полевые эксперименты для определения показателей прочности льносоломы и тресты, отделяемости волокна от древесины при вылежке тресты и выхода длинного волокна от удлинения рычага 18. Удлинение рычага 18 в вариантах опыта составляло 0,005; 0,008; 0,011; 0,014 и 0,017 м. Льносолому из лент комбайнового расстила доводили до вылежки в тресту росяной мочкой. Тресту поднимали в два срока, на 19-е и 24-е сутки ее вылежки. После подъема проводили инструментальную оценку прочности льносоломы и тресты, а также отделяемости волокна от древесины по ГОСТам [4, 5], перерабатывали тресту по вариантам опыта на мяльно-трепальном агрегате, включающем мялку МЛКУ-6А и трепальную машину ГЛ-40А.

Анализ представленных на рисунке 60 зависимостей показывает, что с увеличением длины рычага поворота 18 нажимного ролика прочность на разрыв льносоломы (прямая 1) и тресты (прямые 2, 3) в месте воздействия теребильных ремней снижается пропорционально его удлинению Δl . Причем прочность тресты во второй срок ее подъема (24-е сутки вылежки) резко уменьшается в сравнении с ее подъемом в первый срок (19-е сутки вылежки) даже при малых (0,005 м) удлинениях рычага поворота 18 нажимного ролика. Отделяемость же волокна от древесины стебля, наоборот, линейно возрастает с удлинением Δl рычага 18 (прямые 4 и 5 на рисунке 60).

Выход B_n и процентно-номера $B_{\text{шт}}$ длинного волокна при удлинении Δl рычага 18 снижается как на тресте первого, так и на тресте второго срока подъема (рисунок 61).

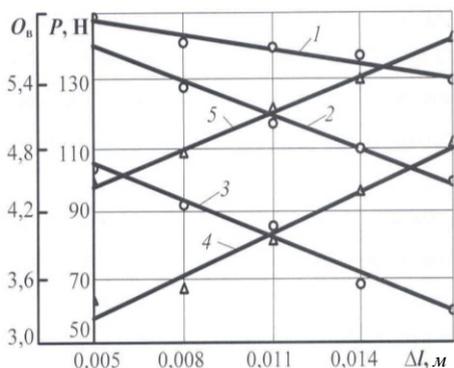


Рисунок 60 – Зависимости прочности P льносоломы (1), тресты при длительности T вылежки 19 суток (2) и 24 суток (3), отделимости O_v волокна от древесины стебля при длительности T вылежки 19 суток (4) и 24 суток (5) от удлинения A рычага поворота нажимного ролика

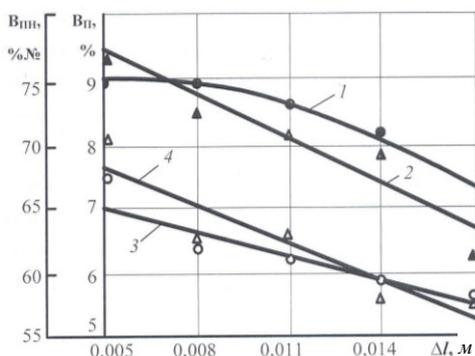


Рисунок 61 – Зависимости выхода B_p (1), процентного выхода $B_{пн}$ (2) длинного волокна при длительности вылежки тресты 19 суток и, соответственно, B_p (3) и $B_{пн}$ (4) при длительности вылежки тресты 24 суток от удлинения A рычага поворота нажимного ролика

Объясняется это тем, что при удлинении Δl рычага 18 происходит нелинейное увеличение натяжения теребивных ремней и давления в ручье, которое при его больших величинах (более 200 кПа) совместно с проскальзыванием ремней в зоне RT ручья приводит к росту чрезмерно расплюснутых стеблей и стеблей, имеющих повреждения в виде разрыва древесины с расслоением волокна, а также открытого их излома вследствие потери жесткости [3].

Снижение показателей P , B_p , $B_{пн}$ и увеличение показателя O_v во второй срок подъема тресты объясняется ее перележкой.

Выводы

1. Оптимальный выход и качество длинного волокна при эксплуатации льнокомбайнов может быть обеспечен, если давление в ручье не превышает 200 кПа.
2. Для обеспечения равномерных условий вылежки тресты по длине стеблей следует подвергать плоскостности их участки.

3. Для обеспечения прочностных показателей тресты и нормативного выхода длинного волокна нельзя допускать ее перележки. Оптимальный срок ее уборки наступает при показателе отделяемости волокна от древесины, равном 4,1 ед.

21.09.12

Литература

1. Ковалев, М.М. Расчет сил натяжения теребильных ремней в льнокомбайне / М.М. Ковалев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1993. – № 4. – С. 23–25.
2. Ковалев, М.М. Влияние формы теребильного ручья на режимы работы льнотеребильной секции / М.М. Ковалев, В.П. Савинов, Г.А. Перов // Сб. науч. тр. ВНИИ льна. – 1994. – Вып. 28–29. – С. 335–343.
3. Ковалев, М.М. Расчет параметров льнотеребильной секции с продольным криволинейным ручьем / М.М. Ковалев // Аграрная наука. – 2001. – № 5. – С. 21–24.
4. Солома льняная. Требования при заготовках: ГОСТ 28285-89. – М., 1990. – 22 с.
5. Треста льняная. Требования при заготовках: ГОСТ 24383-89. – М., 1990. – 17 с.

УДК 631.352.2/352.5

**Н.Г. Бакач, А.Н. Басаревский,
И.Е. Мажугин**
*(РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

**МЕХАНИЗАЦИЯ
ПРОЦЕССОВ
ПОДКАШИВАНИЯ
ЛУГОПАСТБИЩНЫХ
УГОДИЙ: СОВРЕМЕННЫЕ
ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ**

Введение

Важнейшей отраслью сельского хозяйства Республики Беларусь является животноводство, преимущественно молочное и мясное скотоводство. Основным источником получения грубых кормов – это, как известно, лугопастбищные угодья, которые занимают более трети всех сельскохозяйственных угодий, что составляет около 3 млн га. При этом преобладающая часть лугов и пастбищ находится в запущенном состоянии и имеет очень низкую продуктивность.

В настоящее время приемы улучшения сенокосов и пастбищ разделяют на два основных способа: коренной и поверхностный.

При коренном способе улучшения сельскохозяйственных угодий природную растительность целиком уничтожают вспашкой, фрезерованием, интенсивным дискованием и создают сеяный сенокос или пастбище.

Поверхностное улучшение предполагает подкашивание сенокосов в оптимальные сроки и рациональное использование пастбищ, что обеспечивает 10–25 %-ную прибавку урожая без каких-либо дополнительных затрат [1]. При этом способе производится измельчение экскрементов

тов животных, уничтожение кочек, кустарника, скашивание и измельчение грубостебельных сорняков. Вместе с тем успешное решение проблемы повышения продуктивности сенокосов и пастбищ сопряжено с рядом трудностей, которые обусловлены разнообразием растительности, полеглостью трав, неровностями рельефа, необходимостью сокращения ресурсопотребления и снижения общих затрат на единицу продукции. На сегодняшний день применяют различные мероприятия и технические средства для реализации поверхностного способа. Наиболее рациональным решением в этом плане является использование косилок-измельчителей, которые полностью удовлетворяют требованиям по скашиванию и измельчению грубостебельной растительности.

Анализ технических средств для подкашивания

Существует 2 типа режущих аппаратов косилок-измельчителей: аппараты с вращением режущих элементов вокруг горизонтальной оси (ротационные) и вертикальной оси (роторные).

Ротационные косилки-измельчители представляют собой низкорасположенный горизонтальный вал с шарнирно либо жестко закрепленными на нем ножами. Сверху режущий аппарат закрыт кожухом [2]. Кинематика таких режущих аппаратов обеспечивает измельчение всех срезаемых растений. Косилки данного типа предназначены для скашивания и измельчения на пастбищах сорной растительности, однолетних побегов кустарников, а также для разравнивания мелких кочек и кротовин.

Одним из ведущих производителей сельскохозяйственной техники является фирма «Hanmey» (Китай), которая выпускает ротационную косилку-измельчитель EFG 125 с рабочей шириной захвата 1,25 м (рисунок 62). Косилка может агрегатироваться как сзади, так и спереди трактора и предназначена для скашивания и измельчения всех видов трав и сорняков на пастбищах.

Рабочим органом косилки EFG 125 является ротационный вал с плавающими ножами типа Y (рисунок 63), который приводится во вращение от ВОМ трактора.



Рисунок 62 – Косилка-измельчитель EFG 125 «Hanmey» (Китай)



Рисунок 63 – Общий вид рабочего органа с Y-образными ножами косилки-измельчителя EFG 125 «Hanmey» (Китай)

Заслуживает внимания и отечественный производитель – ОАО «Отрана-М», который выпускает ротационную косилку-измельчитель VN Master Cut TSL (рисунок 64). Косилка гидравлически складывающаяся, навешивается на заднюю навеску трактора, имеет механический привод от ВОМ базового трактора и ширину захвата от 3,2 до 4,6 м.

Особенностью косилки является молотковый рабочий орган (рисунок 65), который применяется для скашивания и измельчения грубостебельных сорняков и мелкого кустарника на естественных пастбищах. На косилке также могут быть установлены ножи Y-образной формы.



Рисунок 64 – Общий вид косилки-измельчителя VN Master Cut TSL, «Отрана-М» (Беларусь)



Рисунок 65 – Молотковый рабочий орган косилки-измельчителя VN Master Cut TSL

Рассмотренные ротационные косилки-измельчители могут работать при попутном и встречном направлении вращения ротора. Рекомендовано использовать встречное скашивание, обеспечивающее мульчирование обработанной площади скошенной и измельченной растительностью без ее уборки с поверхности.

Все ротационные косилки-измельчители обладают рядом преимуществ, однако имеют и существенные недостатки [2]:

- рабочий орган с Y-образными ножами после скашивания может оставлять непрокошенные полосы;
- рабочий орган с молотковыми ножами не обеспечивает достаточного измельчения высокостебельных растений, а при встрече с камнем или другим препятствием крепление ножа ломается;
- косилки, навешиваемые на заднюю навеску трактора, не позволяют эффективно убирать траву, примятую колесами трактора, что снижает качество скашивания и измельчения растительности на 20...30 %;
- недостаточно эффективно измельчение скашиваемых грубостебельных растений с высоким стеблем;
- на некоторых ножах в процессе скашивания происходит налипание скошенной массы, что приводит к их забиванию и необходимости остановки и очистки режущего аппарата вручную;
- использование широкозахватных конструкций требует хорошей подготовленности поверхности поля, в ином случае не обеспечивается достаточное копирование рельефа.

Перспективные технические решения

За рубежом, в США, Великобритании, Канаде, Дании, изготавливаются роторные косилки-измельчители, не имеющие описанных выше недостатков (рисунки 66–69).



Рисунок 66 – Роторная косилка-измельчитель «Bush Hog» 2515 (США)



Рисунок 67 – Роторная косилка-измельчитель «McConnel» (Великобритания)



Рисунок 68 – Роторная косилка-измельчитель «Spearhead» Multi-Cut 620 (Дания)



Рисунок 69 – Роторная косилка-измельчитель «Schulte» FX 520 (Канада)

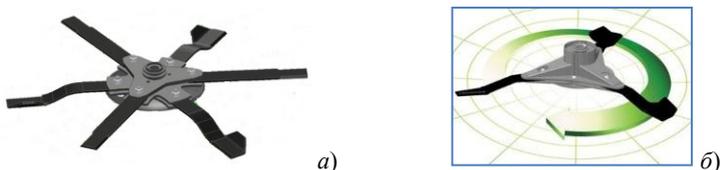
Представленные косилки имеют ширину захвата от 4 до 8,2 м и обладают скоростью вращения роторов до 90 м/с [3–5], оснащены спаренными опорными колесами, каждая пара которых имеет плавающую ось. Такое техническое решение позволяет соблюдать прямолинейность кошения даже на неровной поверхности, благодаря чему хорошо копируется рельеф окашиваемой поверхности.

Для перевода косилок из рабочего положения в транспортное и наоборот устанавливаются гидроцилиндры подъема и опускания боковых секций (рисунку 70). Центральная секция управляется навесной системой трактора.



Рисунок 70 – Транспортное положение роторной косилки-измельчителя

Срезание и измельчение растительности производится роторами, представляющими собой диск с шарнирно закрепленными на нем ножами (рисунок 71 *а, б*). Под роторами могут быть установлены так называемые «антискальповые» диски, которые предохраняют роторы от зарывания в почву и тем самым обеспечивают гладкое скашивание растительности.



а – шестиножевой (3+3) ротор с ножами, измельчающими растительность в двух плоскостях; *б* – трехножевой ротор с ножами, измельчающими растительность в одной плоскости

Рисунок 71 – Роторы косилок-измельчителей

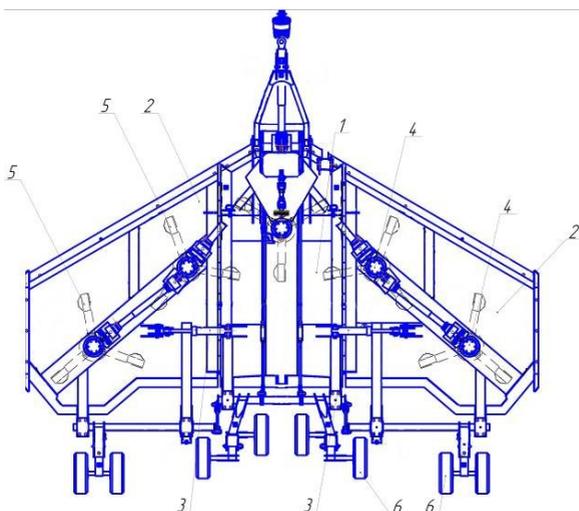
Роторные косилки-измельчители способны скашивать и измельчать полегшую растительность, грубостебельные и высокостебельные сорняки и кустарник. Процесс измельчения происходит благодаря ножам разного назначения: три ножа резания вначале срезают, а затем за счет лопаток подбрасывают растительность к следующим трем ножам шинковки для более полного измельчения. При встрече с препятствием нож отклоняется в сторону за счет шарнирного крепления к ротору.

Впервые на территории стран постсоветского пространства в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разрабатывается косилка для ухода за лугопастбищными угодьями КП-6,2 шириной захвата 6,2 м. Необходимо отметить, что данная разработка входит в Систему машин на 2011–2015 годы для реализации инновационных технологий продукции основных сельскохозяйственных культур [6]. Косилка предназначена для скашивания и измельчения на пастбищах сорной растительности, однолетних побегов кустарников, а также для разравнивания мелких кочек и кротовин.

Отличительной особенностью разрабатываемой косилки является то, что на роторе смонтированы ножи с повышенной эффективностью скашивания и измельчения растительности. Такие рабочие органы позволяют значительно повысить производительность косилки, а также снизить повреждаемость корневой системы растений.

Косилка представляет собой сварную конструкцию, состоящую из центральной секции 1, к которой шарнирно крепятся две боковые секции 2, переводимые из транспортного положения в рабочее за счет гидrocилиндров 3 (рисунок 72). На секциях закреплены роторы 4, вращение которых происходит посредством ВОМ трактора. Каждый ротор

оснащен тремя ножами 5, которые предназначены для скашивания и измельчения стеблей травы. Спаренные опорные колеса 6, установленные на косилке, позволяют снизить давление на почву и стабилизировать высоту среза при движении по неровной поверхности.



- 1 – центральная секция;
- 2 – боковая секция;
- 3 – гидроцилиндр;
- 4 – ротор;
- 5 – нож;
- 6 – спаренные опорные колеса

Рисунок 72 – Схема косилки для ухода за лугопастбищными угодьями КП-6,2

Заключение

Из приведенного анализа конструкций косилок видно, что для ухода за лугопастбищными угодьями наиболее рационально использовать роторные косилки с шарнирно закрепленными ножами, поскольку в этом случае обеспечивается эффективное измельчение высокостебельных растений. Кроме того, такие ножи способны скашивать и измельчать примятую колесами трактора растительность и не оставляют непрокошенных полос. Важное преимущество роторных косилок в том, что они не требуют хорошей подготовленности поверхности поля, так как копирование рельефа обеспечивается опорными спаренными колесами, каждая пара которых имеет плавающую ось.

04.07.12

Литература

1. Современные технологии и машины для улучшения естественных и окультуренных сенокосов и пастбищ: аналит. обзор / В.В. Азаренко [и др.]. – Минск: Белорусский институт внедрения новых форм хозяйствования в АПК, 2003. – 46 с.
2. Кондратьев, В.Н. Тенденции совершенствования косилок бильного типа / В.Н. Кондратьев, С.И. Оскирко, В.Н. Бобко // Мелиорация: научный журнал. – 2010. – № 2 (64). – С. 97–103.
3. Фирма «Bush Hog» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bushhog.com/product-line/rotary-cutters/flex-wing-rotary-mowers.html>. – Дата доступа: 15.10.2012.

4. Фирма «McConnel» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mcconnel.com/products/mowers/rotarymowers/SRSeries/SR620/Default.aspx?nav=SR620>. – Дата доступа: 15.10.2012.
5. Фирма «Schulte» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://schulte.ca/products_cutters_fx520.htm. – Дата доступа: 15.10.2012.
6. Система машин на 2011–2015 годы для реализации инновационных технологий продукции основных сельскохозяйственных культур. – Минск, 2011. – 62 с.

УДК 633.03:626.862

А.Н. Басаревский, И.Е. Мажугин
*(РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ ДРЕНАЖ: КЛАССИФИКАЦИЯ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Введение

Мелиорация является важным фактором интенсификации сельскохозяйственного производства и научно-технического прогресса в сельском хозяйстве, ведь на мелиорированных землях производится 35 % продукции растениеводства.

Основной задачей по сохранению и восстановлению мелиорированных земель является проведение работ по реконструкции и восстановлению мелиоративных систем и ремонтно-эксплуатационных работ, комплекса агро-мелиоративных мероприятий и совершенствование мелиоративного земледелия и луговодства.

В связи с интенсификацией земледелия широкое распространение в мелиоративном строительстве Республики Беларусь получили осушительные системы с закрытым горизонтальным гончарным или пластмассовым дренажом. Он представляет собой самотечное устройство, предназначенное для перехвата, приема и отвода избыточных вод за пределы мелиорируемой площади.

Современная закрытая осушительная система с горизонтальным трубчатым дренажом насыщена многими конструктивными элементами и специальными сооружениями [1].

Виды горизонтального дренажа

По способу строительства дрен горизонтальный дренаж можно разделить на материальный, кротовый, щелевой с повышением водопроницаемости почв, *по виду применяемого дренажного материала* – на трубчатый, каменный, фашинный и с водопроницаемыми заполнителями.

По виду материала, из которого изготавливают трубы, трубчатый дренаж бывает керамическим (гончарным), пластмассовым, стеклопла-

стиковым, бетонным, деревянным, соломенным, асфальтовым, шлакобетонным, грунтобетонным.

В настоящее время в мелиоративном строительстве наиболее широко применяется трубчатый пластмассовый дренаж, чуть реже – керамический, далее идут кротовый, щелевой дренаж с повышением водопроницаемости почв, затем – все остальные.

По способу строительства трубчатый дренаж может быть широко-траншейным, узкотраншейным и бестраншейным.

Кротовый дренаж может выполняться без крепления стенок дрены или так называемой кротовины либо с креплением.

По форме сечения щели различается щелевой дренаж прямоугольного, треугольного и переменного сечения.

По материалу заполнителя дренаж с водопроницаемыми заполнителями делится на песчаный, гравийный, шлаковый, стиромульный и т.п.

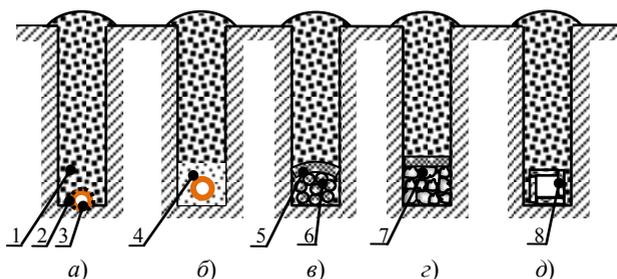
Дренаж с повышением водопроницаемости почв классифицируют *по способу производства работ*. Он может выполняться глубоким рыхлением (чизелеванием) почв, щелеванием, прокалыванием отверстий, глубокой вспашкой с внесением слоев песка.

В зависимости от агро-мелиоративных требований и почвенно-грунтовых условий применяют различные конструкции дрен. При строительстве дрен траншейным методом обычно прокладывается траншея, в которую укладывается керамическая трубка или пластмассовая дренажная труба. Отводимая дренажной из грунта вода проникает в дренаж сквозь стыки между трубками или отверстия в стенках пластмассовой трубы. Для предотвращения попадания внутрь трубы частиц грунта и, как следствие, заиливания трубы стыки трубок или трубы полностью покрываются фильтрующим материалом. Используются мох, солома, торфяная крошка, дерн, гравий, гравийно-песчаная смесь, древесная щепа, иглопробивное нетканое волокно, полиэтилен-холст и другие материалы. В настоящее время в качестве фильтрующего материала в основном используется стеклоткань (стеклохолст), реже – геотекстиль. Кроме того, могут применяться объемные фильтрующие материалы, такие как мох, солома, кокосовое волокно или синтетические материалы [2].

Анализ конструкций траншейного и бестраншейного горизонтальных дренажей

Экскаваторы-дреноукладчики могут выдавливать на дне траншеи канавку, в которую укладывается трубка. Это предотвращает поперечное перекачивание цилиндрических трубок и позволяет более точно уложить пластмассовую трубу. Чтобы труба после укладки в траншею не перемещалась и не нарушалось положение фильтрующего материала, а также для повышения водопроницаемости дрены и обеспечения возможности проверки правильности укладки трубы, производится при-

сыпание дрены, после чего траншея засыпается полностью. Поскольку грунт, возвращенный в траншею, находится в разрыхленном состоянии и впоследствии неизбежно осядет, траншея засыпается «с шапкой». Сечение такой дрены показано на рисунке 73а.



а – типичная широкотраншейная; б – с фильтрующей обсыпкой; в – фашинная; г – каменная; д – дощатая;

1 – дрена-осушитель; 2 – слой фильтрующего материала; 3 – дренажная труба; 4 – фильтрующая обсыпка; 5 – дерн; 6 – фашины; 7 – щебень; 8 – дощатая труба

Рисунок 73 – Траншейные дрены

В плотных грунтах для повышения водопримной способности дрены могут выполняться с фильтрующей обсыпкой (рисунок 73б), в качестве которой используются крупнозернистый песок, гравий, древесная щепа, шлак, стиромуль, солома. В пловунах трубка может укладываться на дощатый короб.

При небольших осушаемых площадях и отсутствии дренажных материалов промышленного производства дрены могут устраиваться с использованием фашины (связок жердей) (рисунок 73в), камней или щебня (рисунок 73г), дощатых труб четырехугольного или треугольного сечения (рисунок 73д). Для защиты полостей в фашине или камнях от заиления их накрывают слоем перевернутого вниз растительностью дерна.

На дренажной системе может предусматриваться устройство дренажно-поглоителей. Траншея при этом заполняется водопроницаемыми материалами (крупнозернистым песком, гравием, древесной щепой, шлаком, стиромулем, соломой) и сверху засыпается грунтом.

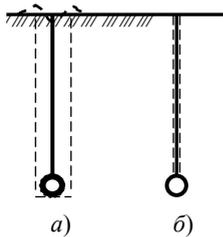
При использовании узкотраншейного способа дрена принципиально не отличается от устроенной широкотраншейным способом.

Преимуществами широкотраншейного способа строительства дренажа являются:

- возможность укладки труб большого диаметра;
- низкое тяговое сопротивление экскаватора-дренукладчика;
- возможность работы экскаватора-дренукладчика в грунтах с древесными включениями и камнями, простота контроля качества укладки труб.

Недостатки широкотраншейного способа строительства дренажа:

- большой объем земляных работ;
- потеря части почвенного слоя;
- низкая производительность;
- высокая себестоимость строительства.



а – трубчатый бестраншейный; б – кротовый

Рисунок 74 – Схема дрен

При бестраншейном способе строительства пассивный нож прорезает щель шириной до 0,25 м, в которую одновременно с прорезанием обычно укладывается заранее обмотанная фильтрующим материалом пластмассовая труба (рисунок 74а). После прохода машины щель постепенно закрывается.

Описанные дренажи относятся к материальному дренажу.

Кротовый дренаж прокладывается тонким плоским ножом с прикрепленным к нему дреном. Прокладываемая при этом щель получается узкой и закрывается сразу после прохождения машины. Разрез кротовой дрены показан на рисунке 74б. Прокладка рабочим органом одновременно нескольких кротовых дрен на небольшую глубину с целью подачи воздуха к корням растений, т.е. аэрации почвы, называется аэрационным дренажем. Существует способ вспашки почвы с одновременной прокладкой кротового дренажа. Кроме того, может выполняться глубокое рыхление почвы с одновременным образованием кротовой дрены под взрыхленной почвой.

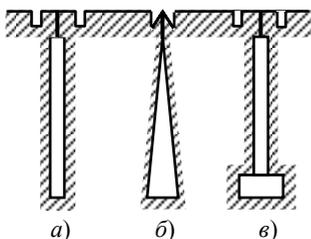
Преимуществами кротового дренажа являются:

- минимальный объем земляных работ;
- отсутствие потерь почвенного слоя;
- простота и малая масса рабочего органа;
- высокая производительность;
- минимальная себестоимость строительства.

Основные недостатки кротового дренажа:

- низкий срок службы дренажа;
- большое тяговое сопротивление экскаватора-дреноукладчика;
- невозможность работы в грунтах с посторонними включениями.

При прокладке щелевого дренажа активный рабочий орган вырезает в грунте щель прямоугольного (рисунок 75а), треугольного (рисунок 75б) или переменного сечения (рисунок 75в). Щель закрывается в верхней части пассивным приспособлением.



a – прямоугольного;
б – треугольного; *в* – переменного

Рисунок 75 – Виды дренажных щелей различного сечения

Преимуществами щелевого дренажа являются:

- минимальный объем земляных работ;
- отсутствие потерь почвенного слоя;
- высокая водопримемная способность дрен;
- высокая производительность экскаватора-дреноукладчика.

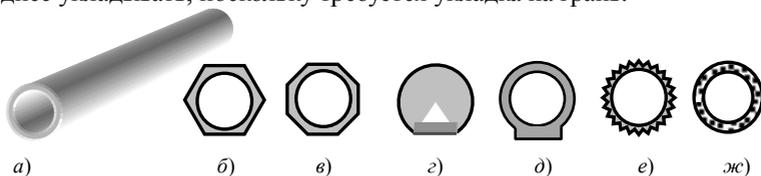
Недостатки щелевого дренажа:

- низкий срок службы дренажа;
- небольшая глубина дрен.

Анализ конструкций и материалов дренажных труб

Для предотвращения обрушения полости дрен материального трубчатого дренажа используются разнообразные трубчатые материалы. Одним из наиболее распространенных материалов для изготовления труб является глина. Трубы на последней стадии изготовления обжигают, поэтому их называют гончарными или керамическими.

Длина труб для зоны осушения составляет 333 мм. Для укладки дрен используют трубы с внутренним диаметром 50 или 75 мм, для укладки коллекторов – 75, 100, 125, 150, 175, 200 или 250 мм. В основном используются трубы цилиндрические (рисунок 76*а*), шестигранные (рисунок 76*б*) или восьмигранные (рисунок 76*в*). Граненые трубы прочнее цилиндрических, более удобны при складировании и транспортировании, но их труднее укладывать, поскольку требуется укладка на грань.



a – цилиндрического; *б* – шестигранного; *в* – восьмигранного;
г и *д* – с опорной плоскостью; *е* – рифленого; *ж* – пористого

Рисунок 76 – Виды керамических дренажных трубок различного поперечного сечения

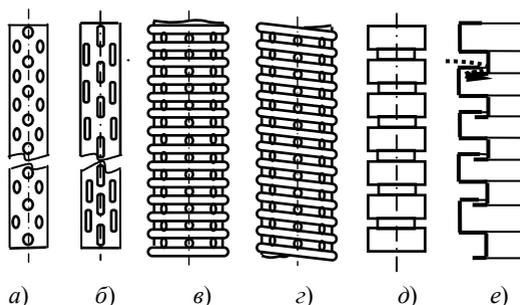
Существуют трубы с опорной плоскостью (рисунок 76 *г* и *д*).

Вода внутрь труб поступает в щель (зазор) между трубами, защищенную фильтрующим материалом. Рифленые трубы (рисунок 76*е*), будучи обернутыми плоским фильтрующим материалом, более интенсивно по сравнению с гладкими трубами поглощают воду из объема грунта, так как вода проникает во внешние впадины трубы по всей ее длине.

Всей поверхностью также забирают воду пористые трубы (рисунок 76ж), которые изготавливают из пористых керамических или синтетических материалов, пластмасс или дробленых отходов и боя при производстве гончарных труб.

Благодаря меньшей стоимости при производстве, удобству транспортирования и укладки все большее распространение находят пластмассовые трубы. Они в 7...10 раз легче керамических. Их изготавливают из поливинилхлорида, полиэтилена высокой или низкой плотности.

Гладкие пластмассовые трубы с круглыми и щелевыми (рисунок 77 а и б) отверстиями просты в изготовлении, однако при большой толщине стенок они являются довольно жесткими и неудобными при укладке в траншею, а при использовании тонкостенных труб в процессе засыпания траншеи часто происходит их передавливание комьями грунта. В связи с этим в настоящее время наиболее распространены пластмассовые дренажные трубы гофрированные с кольцевыми и с винтовыми гофрами (рисунок 77 д и е). Они достаточно гибкие и жесткие. Водоприемные отверстия вырезаются во впадинах гофр и бывают щелевыми или круглыми.



а – гладкой с круглыми отверстиями; б – гладкой со щелевыми отверстиями;
 в – гофрированной с кольцевыми гофрами; г – гофрированной с винтовыми гофрами; д и е – составной

Рисунок 77 – Виды пластмассовых дренажных труб

Известны также пластмассовые трубы, состоящие из набора кольцевых элементов (рисунок 77д), свободно перемещающихся друг относительно друга. Труба за счет этого легко изгибается. Вода внутрь трубы поступает сквозь щели между кольцами (рисунок 77е).

Трубы для мелиоративного производства поставляются в виде отрезков длиной 200...350 м, свернутых в бухты. Характеристика гофрированных труб приведена в таблице 20.

Характеристика дренажных винтовых труб из поливинилхлорида дана в таблице 21.

Кроме трубчатых дренажных материалов, применяются плоские или так называемые дренажные маты. Например, многоцелевой дренажный материал «Epkadrain» (Голландия) [4] представляет собой легкий гибкий полимерный геокомпозиционный дренажный мат, состоящий из дренирующего слоя, размещенного между двумя фильтрами из нетканого материала. Дренирующий слой состоит из жестких и прочных витых полиамидных нитей, термически скрепленных между собой в точках пересечения и образующих трехмерную открытую структуру. Нетканый фильтр выполнен из термоскрепленных полиэфирных волокон с полиамидной оболочкой. Он пропускает мелкие частицы, задерживая крупные, которые, накапливаясь на фильтре, образуют внешний фильтрующий слой. Мелкие частицы, попадающие в дренирующий слой, смываются водой. При устройстве дрены мат устанавливается в вертикальном положении. В нижней части траншеи укладывается дренажная трубка, которая может изолироваться фильтрующим материалом. Траншея засыпается вынутым грунтом.

Кроме дренажных труб, при укладке дренажа используется дренажная арматура. Для соединения дрен с коллектором применяются колена и тройники, а для соединения труб между собой – переходники, муфты или отрезки труб, охватывающие соединяемые трубы. Начало (исток) дрены или коллектора во избежание попадания в них грунта закрывается фильтрующим материалом или специальной пластмассовой заглушкой, обвязывается стеклохолстом. При укладке керамического дренажа может использоваться специальная дренажная закрытая с одного конца труба.

Заключение

В настоящее время в мелиоративном строительстве активно применяется широкотраншейный горизонтальный трубчатый дренаж. Благодаря меньшей стоимости при производстве, удобству транспортирования и укладки все большее распространение находят пластмассовые трубы. Они в 7...10 раз легче керамических. Кроме того, пластмассовые трубки не допускают попадания внутрь частиц грунта, предотвращая тем самым заиливание дренажа, что, в свою очередь, повышает его надежность и долговечность. Существенным моментом является простота контроля качества укладки труб. Данный вид дренажа позволяет осуществлять укладку труб большого диаметра. Экскаватор-дреноукладчик может работать на грунтах с древесными включениями и камнями.

11.07.12

Литература

1. Нетреба, Н.Н. Технология дренажных работ / Н.Н. Нетреба. – Л.: Колос. – 1982. – 192 с., ил.
2. Мажугин, Е.И. Мелиоративные машины. Общие положения. Для студ. спец. 1-74 06 04. Лекция. – Горки: БГСХА, 2008. – 23 с.

3. Мелиоративные машины / Б.А. Васильев [и др.]; под ред. И.И. Мера. – М.: Колос, 1980. – 351 с.
4. Фирма «Колбонд» [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.colbond-geosynthetics.ru/cms_rus/generated/pages/products/enkadrain/uses/default.htm. – Дата доступа: 15.10.2012.

УДК 631.356/358

В.П. Буяшов

(УП «Тэкс Транс», г. Минск, Республика Беларусь)

И.В. Горбачев

(РАСХН, г. Москва, Российская Федерация)

Г.Н. Портянко

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

В.А. Родионов

(РО «Белагросервис», г. Минск, Республика Беларусь)

**МАШИНЫ
ДЛЯ УБОРКИ
КОРНЕПЛОДОВ
И ЛУКОВИЧНЫХ
КУЛЬТУР**

Введение

В Республике Беларусь возделываются лук, морковь, сахарная, кормовая и столовая свекла, капуста, картофель и другие корнеплоды и овощи. Имеющийся парк машин для возделывания овощей ориентирован на технологию выращивания на гладкой поверхности, некомплектен, морально и физически устарел. В производстве овощей наметился переход на технологии их возделывания на узкопрофильных грядках, о высокой эффективности которых свидетельствует опыт западной Европы и Республики Беларусь.

Методика и материалы

Общие специфические особенности корнеплодов и луковичных культур:

- наиболее ценная часть урожая частично или полностью располагается ниже поверхности почвы;
- каждый плод имеет пучок ботвы, расположенной выше уровня почвы;
- каждое растение имеет один плод (корнеплоды, лук) или компактно расположенное гнездо (картофель, топинамбур).

Первая особенность характерна для более широкого круга культур, носящих общее название корнеплоды. Ею определяется ряд общих для всех корнеклубнеплодов операций (выкапывание, сепарация почвы, отделение примесей и др.).

Вторая и третья особенности присущи моркови, свекле, луку. При уборке извлечение из почвы происходит методом теребления за ботву, используются выжимные копачи и др.

Технологический процесс уборки корнеплодов и лука включает выполнение следующих операций:

- обрезка нетоварной части растений – ботвы;
- извлечение из почвы;
- отделение примесей;
- затаривание.

Перечень операций не зависит от вида корнеклубнеплодов. Поэтому до настоящего времени не прекращаются работы по универсализации машин, в частности попытки приспособить для уборки моркови и столовой свеклы картофелеуборочные машины, поскольку уровень механизации уборки картофеля более высок.

Однако эти попытки не имеют большого успеха, т.к. столовые корнеплоды труднее поддаются механизации из-за малых размеров плодов, низкой механической прочности и др. особенностей. Высок уровень механизации уборки сахарной свеклы. Тем не менее, и в этой области проблему механизации нельзя считать решенной. Особенно большие сложности возникают при уборке в экстремальных условиях: при повышенной влажности почвы и при работе в поздние сроки снижаются надежность и производительность машин; при пониженной – усложняется проблема очистки корнеплодов от твердых примесей (комки, камни) и возрастают повреждения корнеплодов из-за обрыва хвостовой части в процессе извлечения из почвы и потертостей поверхности при контакте с твердыми примесями в процессе сепарации почвы.

При создании корнеклубнеуборочных машин возникает необходимость в математическом моделировании технологических процессов и принятии многоступенчатых решений, от стратегических до частных. Технические решения при этом характеризуются многовариантностью и многокритериальностью отбора наилучшего варианта из множества альтернатив [1].

При конструировании машин недостаточно учитывались реальные условия, имеющие место при их нормальном функционировании. В большинстве случаев при теоретических исследованиях рабочих органов за основу принимали статические модели, идеализируя реальные условия работы этих машин. Наиболее существенной особенностью условий функционирования машин для уборки корнеклубнеплодов является то, что они относятся к случайным в вероятностно-статистическом смысле.

Условия функционирования машин в Республике Беларусь разнообразны, а качество их работы и производительность зависят от того, из каких рабочих органов скомпонована машина, какой диапазон регулировок предусмотрен и какие способы управления техпроцессом заложены в конструкции.

Рациональное конструирование и компоновка современных уборочных машин должны быть направлены на увеличение их производи-

тельности и качества уборки, обеспечение их эффективного применения в различных почвенно-климатических условиях, а также на улучшение условий работы механизаторов путем автоматизации процессов.

Уборочные машины создаются длительным и дорогостоящим опытно-конструкторским путем, исключающим возможность на стадии проектирования научно прогнозировать и тем более оптимизировать технологические, энергетические и технико-экономические показатели работы в типичных почвенно-климатических условиях.

Для оптимизации компоновочных решений машин и их техпроцессов, а также оптимизации параметров рабочих органов возникает необходимость в моделировании техпроцессов.

Модель функционирования машины можно представить в виде многомерного объекта, блок-схема которого показана на рисунке 79 [2].

Входными воздействиями модели при постоянной рабочей скорости V_m , глубине подкапывания h_d , ширине приемной части и определенных эксплуатационных регулировках рабочих органов r являются:

$Q(t)$ – секундная подача компонентов рядка растений (почва, корнеклубнеплоды, камни, ботва, сорняки);

$W_{вх}(t)$ – состояние компонентов (влажность, размеры и др.);

$R(t)$ – сопротивление движению машины.

Выходными переменными являются:

$Q_{кл}(t)$ – количество корнеклубнеплодов в бункере;

$Q_{пр}(t)$ – количество примесей в бункере (их характеристики);

$\Pi(t)$ – потери корнеклубнеплодов (сумма потерь на каждом рабочем органе);

$W_{вых}$ – состояние выходных переменных;

$N(t)$ – мощность, затрачиваемая на выполнение техпроцесса.

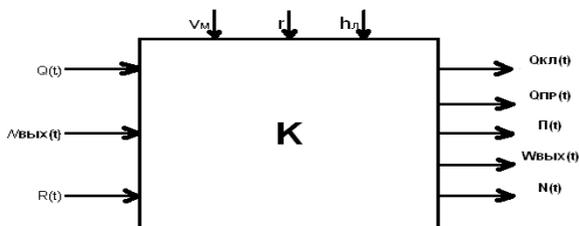


Рисунок 79 – Блок-схема модели функционирования технологического процесса

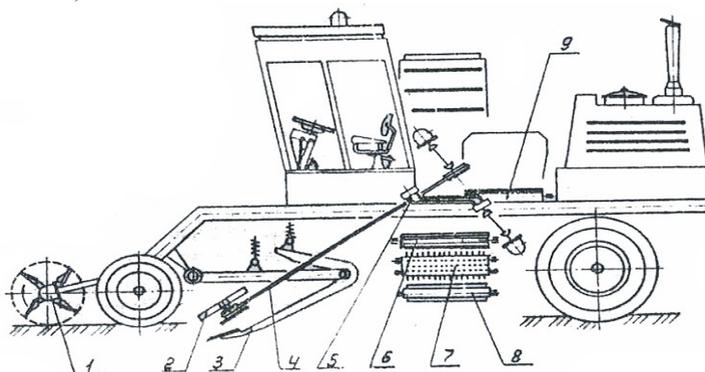
Машина перерабатывает входные воздействия в качественные технологические и энергетические выходные показатели. Условия работы и показатели качества могут быть оценены специальным математическим аппаратом. По тому, как машина перерабатывает условия функционирования в выходные показатели, может быть найден оператор,

математическая связь, которая может идентично заменить машину, т.е. вместо машины – математическая модель, адекватно описывающая работу машины.

Результаты исследований и их обсуждение

Для уборки столовых корнеплодов применялись машины «Вьюлмаус» 1055MZ, EM-11, ММТ-1М, E-825 [3] теребильного типа с роторно-планчатым ботвоотделяющим механизмом, который встречается в настоящее время практически во всех машинах, выпускаемых в различных странах.

Для возделывания корнеплодов с базовой колеей 1,8 м в НПО ВИСХОМ разработан трехрядный самоходный комбайн МУК-1,8 (рисунок 80).



- 1 – прокосчик междурядий; 2 – ботвоподъемник активный; 3 – устройство подкапывающее; 4 – механизм теребильный; 5 – ботвоотделитель; 6 – транспортер прутковый; 7 – горка пальчиковая; 8 – транспортер погрузочный; 9 – транспортер ботвы

Рисунок 80 – Самоходный комбайн МУК-1,8

Основные рабочие органы заимствованы у машины ММТ-1 [4], за исключением прокосчика междурядий 1, активных ботвоподъемников 2 и пальчиковой горки 7 с отрицательным углом наклона, установленной в технологическом переходе с поперечного транспортера 6 на погрузочный 8.

Активные ботвоподъемники и прокосчик междурядий значительно снизили время на устранение технологических отказов, однако нормативные показатели технологической надежности не были достигнуты.

Для уборки луковичных культур выпускались машины ЛКГ-1,4 и ЛКП-1,8 (рисунок 81), а для уборки чеснока – МУЧ-1,4.

В качестве подкапывающе-сепарирующей секции применялись два грохота 2 и 3 (рисунок 81).

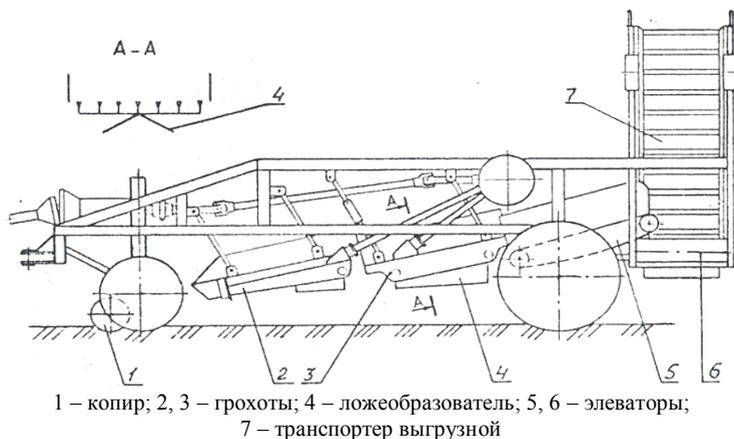


Рисунок 81 – Лукоуборочная машина ЛКП-1,8

Машина снабжена автоматической системой поддержания заданной глубины подкапывания, а также устройством формирования ложа для укладки валка.

Двухрешетный грохот, подкапывающий слой почвы вместе с луковицами, сепарирующий почву и транспортирующий материал, состоит из двух последовательно установленных колеблющихся коробов с частотой 444–600 колебаний в минуту. Машину отличает широкий диапазон функциональных возможностей:

- при двухфазной уборке лука-репки, а при замене решет – и лука-севка, машина выкапывает лук, сепарирует почву и укладывает на поверхность поля для просушки и дозревания; после дозревания лука в течение 8–12 дней валок подбирается, почва сепарируется и лук погружается в идущее рядом транспортное средство;
- при однофазной уборке лука машина выполняет все уборочные операции, от выкапывания до погрузки в транспортное средство;
- после установки на лемех выжимных лемешковых копачей машина используется для уборки моркови и других корнеплодов.

Разработан и производится отечественный комплекс машин для возделывания лука: культиватор ЛК-2,8; ботвоуборочная машина КИТ-1,5; копатель-валкоукладчик КЛ-1,4; подборщик-погрузчик ПП-1,4; комплект адаптеров к картофелеуборочному комбайну ПКК-2-02 для уборки репчатого лука КАН-01, КАН-02 и КАН-03; машина для уборки репчатого лука МУЛС-1,4; универсальный копатель-валкоукладчик КПУ-1,4 и др. Все машины комплекса агрегируются с трактором класса 1,4. Этот комплекс машин позволяет хозяйствам республики выйти на запланированные объемы производства лука [5].

Уборку сахарной свеклы осуществляют комбайны КСН-6М (ПО «Гомсельмаш»), немецких фирм «Holmer», «Kleine», в 2007 г. появились комбайны фирмы «Ropa» Euro Tiger V8.

Раньше в Республике Беларусь применялся комплекс украинских машин, выпускавшихся в Днепропетровске и Тернополе.

Для уборки ботвы сахарной свеклы использовались полуприцепные машины БМ-6Б и МБП-6, кормовых корнеплодов – МБК-2,7.

Машины МБК-2,7 и МБП-6 унифицированы, для уборки ботвы сахарной свеклы дополнительно установлен одновальный очиститель головок корнеплодов и пассивный дообрезчик. Ассиметричный способ агрегатирования машин исключает повреждение растений ходовыми системами трактора.

Применение ротационно-барабанных ботворезов вместо дисковых активных ножей с гребенчатыми копирами повышает по сравнению с БМ-6Б не только рабочую скорость машин МБК-2,7 и МБП-6, но и их универсальность, обеспечивая возможность уборки ботвы кормовых корнеплодов. На валу ботвореза шарнирно закреплены ножи и очистительные полиуретановые щетки. Срезанная ботва поступает в сужающий шнек и битером подается на выгрузной транспортер с метателями.

Ботвоуборочные машины этого типа обеспечивают сбор 95–97 % ботвы против 90 % при работе машины БМ-6Б. Оставшаяся ботва обрезается пассивными ботворезами, что обеспечивает 95–97 % кондиционно обрезанных корнеплодов [6].

Для уборки корней сахарной свеклы применяются следующие машины: КС-6В с электронно-гидравлической системой автоматического вождения (САВ); КС-6Б с дисковыми копачами; КС-6Б-02, РКМ-6 с активными вильчатыми копачами; КС-6Б-05 и РКМ-6-03 – для кормовых корнеплодов с пассивным диском на каждый рядок и гидромеханическими САВ украинских заводов.

В Западной Европе различными фирмами («Aqrfac», «Franquet», «Gilles», «Grimme», «Holmer», «Kleine», «Matrot», «Riecam», «Ropa», «Vervae», «WKM» и др. [7]) выпускаются как полуприцепные, так и самоходные машины.

Как правило, большинство машин комбинированные: с полным циклом операций техпроцесса – от уборки ботвы до загрузки бункера большой вместимости (от 9,2 до 27,5 *m* – «Ropa» – Euro Tiger), с колесным двух- или трехосным двигателем, с полугусеничным ходом («Grimme» – Maxtron 620) и задним управляемым мостом со спаренными колесами. Появились 9- и 12-рядные самоходные машины, все они оборудованы САВ. В качестве копачей используются в основном активные лемешковые или дисковые («Grimme» – Rootster 604, Maxtron 620, Stoll-V202). Масса комбайнов с полным бункером достигает 60 *m*, а мощность двигателя – свыше 370 *кВт*.

В тяжелых влажных условиях поздней осени при скорости движения 3,8–5,8 км/ч содержание почвы в бункере – 6,8–12,6 %, потери корнеплодов – 1,7–4,8 т/га при урожайности 75 т/га [7]. Испытания свеклоуборочных комбайнов проводились в 2006 г., потери свеклы представлены на рисунке 82.

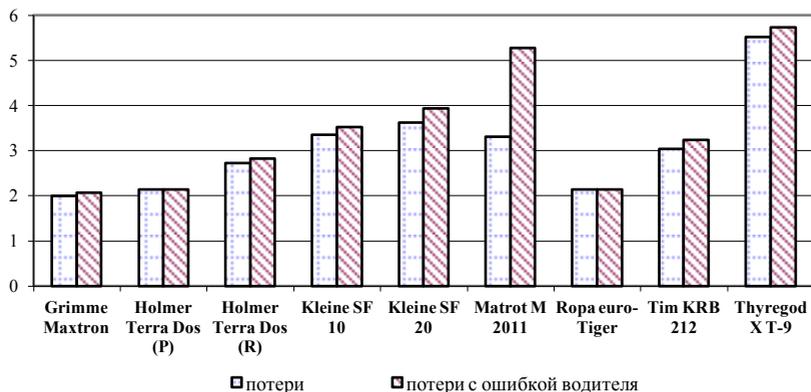


Рисунок 82 – Потери свеклы в сравнении

Минимальные потери свеклы (около 2 %) у комбайнов фирм «Grimme», «Holmer» и «Ropa» [8].

ПО «Гомсельмаш» выпускает навесные свеклоуборочные комбайны КСН-6 различных модификаций, агрегируемые с УЭС. Разработан монокомбайн с бункером-накопителем. Испытания комбайна КСН-6-5 проведены на Белорусской МИС (таблица 22) [9].

По основным агротехническим показателям (качество обрезки ботвы 86,5 и 92,8 %; потери корнеплодов 1,7 и 2,4 %; повреждение корней 4,9 и 4,6 %) комбайн КСН-6-5 соответствует техническому заданию.

Хочется отметить, что на сегодняшний день в Республике Беларусь разработана и действует «Перспективная система машин и оборудования для реализации инновационных технологий производства основных видов сельскохозяйственной продукции на 2011–2015 годы», в которой представлено более 16 наименований машин для уборки овощей и корнеплодов. Из этих машин производством уже осваиваются копатель-валкоукладчик КЛ-1,4А (лук, морковь); комплект адаптеров к картофелеуборочному комбайну ПКК-2-02 для уборки репчатого лука КАН-01, -02, -03; машина для уборки лука-севка и репчатого лука МУЛС-1,4; универсальный копатель-валкоукладчик КПУ-1,4; ботвоуборочные машины БМК-4-75, -4-90; подборщик-погрузчик корнеплодов ПКК-6 «Полесье». Осваивается производство отечественного самоходного комбайна для однофазной уборки сахарной свеклы СКС-624 «Палессе BS 624» и его модификации СКС-624-1.

Таблица 22 – Агротехнические показатели при лабораторно-полевых испытаниях

| Наименование показателя | Значение показателей | | | |
|--|--|--------------------------------------|-----------------------|-------|
| | по ТЗ | по результатам испытаний | | |
| | | фон 1 | фон 2 | фон 1 |
| | КСН-6-5 | испытываемой машины | сравниваемой машины | |
| Состав агрегата, марка: машины энергетического средства | КСН-6-5 | КСН-6-5 УЭС-350 | КСН-6-3 УЭС-2-250А | |
| Вид работы | уборка ботвы, выкапывание корнеплодов с очисткой вороха от примесей и укладкой в валок | | | |
| Условия испытаний: тип почвы и название по механическому составу | почвы, пригодные для свеклосеяния | дерново-подзолистая, легкий суглинок | | |
| Режим работы: скорость движения, км/ч | до 10,0 | 6,3 | 6,9 | 5,8 |
| Потери корнеплодов, всего, % | до 1,5 | 1,7 | 2,4 | 2,7 |
| в том числе: | | | | |
| неподкопанные | – | – | – | 1,3 |
| присыпанные | – | 1,7 | 2,4 | 1,4 |
| утраченные машиной | – | – | – | – |
| Качество обрезки корнеплодов по высоте среза, %: | | | | |
| с нормальным срезом | до 75 | 86,5 | 92,8 | 66,7 |
| с низким срезом | до 10 | 5,5 | – | 3,7 |
| с высоким срезом | – | 8,0 | 7,2 | 29,6 |
| Повреждение корнеплодов, % | | | | |
| сильное | до 5 | 4,9 | 4,6 | 2,2 |
| слабое | – | 1,6 | 3,5 | 6,8 |

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан и выпускается весь спектр техники для послеуборочной доработки корнеклубнеплодов и лука: приемные бункеры, скутеры-подборщики, наклонные и телескопические конвейеры, машины для сухой очистки убранный части урожая, наполнители конвейеров и др.

Выводы

Применяемые в Республике Беларусь машины белорусских производителей нередко разрабатываются в сжатые сроки, поэтому не всегда показатели их качества, производительности и надежности удается приблизить к лучшим зарубежным аналогам. Зарубежные аналоги могут найти то или иное применение в наших условиях на механизации отдельных процессов, но не каждая такая машина, даже обладающая большим техническим совершенством, может быть эффективна в системе машин, предназначенной для комплексной механизации растениеводства.

Разработка машин в республике должна вестись учеными и конструкторами с учетом многолетнего опыта сотрудничества между НИИ, вузами и научными коллективами России, Украины и стран СНГ.

29.02.12

Литература

1. Вергейчик, А.А. Состояние и пути решения проблемы механизации уборки картофеля / А.А. Вергейчик, В.П. Буяшов // Механизация сельскохозяйственного производства: сб. науч. трудов. – Киев: НАУ, 2000. – Т. VIII. – С. 257–261.
2. Буяшов, В.П. Обоснование компоновочных схем картофелеуборочных комбайнов для условий Республики Беларусь / В.П. Буяшов // Сб. трудов науч.-техн. конф. аспирантов и докторантов БАТУ. – Минск: БАТУ, 1996. – С. 100–106.
3. Машины для комплексной механизации производственных процессов в растениеводстве, мелиорации и лесном хозяйстве: каталог / под общ. ред. акад. ВАСХНИЛ В.И. Черноиванова. – Изд. 6, перераб. и доп. – М., 1991. – Т. II – 386 с.
4. Хвостов, В.А. Машины для уборки корнеплодов и лука (теория, конструкция, расчет) / В.А. Хвостов, Э.С. Рейнгарт. – М.: Полимаг, 1995. – 391 с.
5. Рапинчук, А.Л. Механизация возделывания и уборки лука в Республике Беларусь / А.Л. Рапинчук, В.Н. Божок, Д.И. Комлач // Агропанорама. – 2004. – № 2. – С. 5–9.
6. Механизация производства сахарной свеклы / под ред. Л.В. Погорелого. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Урожай, 1991. – 184 с.
7. Arbeitsqualität und Bodeschonung bei der Rubenernte: Rubeneroder im belgisch holländischen Vergleichstest // Profi, 2, 2000. – S. 58–61.
8. 9 свеклоуборочных комбайнов в сравнении // Современная сельскохозяйственная техника и оборудование. – 2007. – № 3. – С. 122–124.
9. Протокол № 93-94-2004 приемочных испытаний комбайна свеклоуборочного навесного КСН-6-5 и типовых испытаний подборщика-погрузчика ППК-6. – Привольный, 2004. – 66 с.

УДК 631.362.333:635.21

В.Н. Дашков, А.С. Воробей
(РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)

**ВЛИЯНИЕ СОРТОВЫХ
ОСОБЕННОСТЕЙ
КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ
НА ВЕЛИЧИНУ
КОЭФФИЦИЕНТА
АДГЕЗИИ ЗАГРЯЗНЕНИЙ**

Введение

В Беларуси картофель является одной из важнейших продовольственных культур. Площадь его возделывания в 2010 г. в хозяйствах всех категорий составила более 378 тыс. га при урожайности 214 ц/га.

При послеуборочной доработке клубней картофеля удаляются камни, комки почвы, растительные остатки, больные и нестандартные клубни, а

также производится его сортировка. Клубни разделяются на фракции: крупную (продовольственный картофель > 90 г), среднюю (семенной – 50–90 г) и мелкую (на корм скоту – 20–50 г).

Перед отправкой продовольственного картофеля в торговую сеть для реализации или на предприятия по его промышленной переработке клубни должны пройти товарную обработку, включающую очистку, переборку, сортировку, калибровку, расфасовку и упаковку. Количество операций напрямую связано с технологией послеуборочной доработки картофеля, его целевым назначением и др.

Качество очистки клубней зависит не только от типа, гранулометрического состава почвы, ее влажности, но и от сортовых особенностей картофеля.

Основная часть

Целью данной работы является установление влияния сортовых особенностей клубней картофеля (формы и характера поверхности кожуры) на коэффициент адгезии (прилипаемости почвы к клубням).

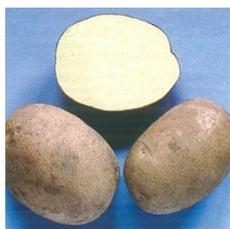
Правильный выбор сортов картофеля для определенного направления использования – предпосылка получения продукции высокого качества, а значит, и высоких доходов. Сорта отличаются по многим признакам и свойствам. В частности, с точки зрения хорошей очистки клубнеплодов значение будут иметь такие показатели сорта, как величина и форма клубня, поверхность кожуры, глубина залегания и количество глазков.

По отношению длины клубня к его ширине выделяют округлые, овальные, удлиненно-овальные и длинные клубни. Поверхность клубней может быть покрыта гладкой, шелушащейся или сетчатой кожурой.

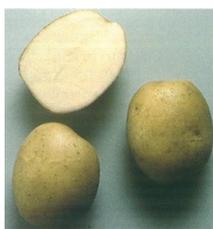
Согласно литературным источникам, для пищевой переработки наиболее пригодны клубни округлой и овальной формы, без наростов и впадин, а также средней величины и крупный картофель с поверхностно расположенными глазками [1, 2].

В БелНИИКПО разработаны методические указания по технологической оценке пригодности картофеля для промышленной переработки. Суть их заключается в комплексной оценке различных сортов картофеля по анатомо-морфологическим и химическим показателям, качественной характеристике картофелепродуктов [3].

Исходя из этого, из районированных по республике сортов картофеля отобрали четыре, различающиеся формой клубня и характером поверхности: «бриз» – с овальной формой клубня и гладкой поверхностью, «живица» – с округло-овальной формой и гладкой поверхностью, «криница» – с округлой формой и шероховатой поверхностью, «атлант» – с удлиненно-овальной формой клубня и слабошероховатой поверхностью (рисунок 83).



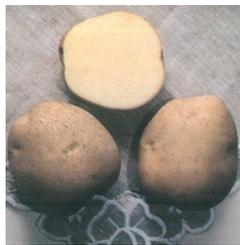
а) сорт «бриз»
с овальной формой клубня



б) сорт «живица»
с округло-овальной формой клубня



в) сорт «криница» с шероховатой
поверхностью кожуры клубня



г) сорт «атлант» со слабошероховатой
поверхностью кожуры клубня

Рисунок 83 – Сорта картофеля, используемые в исследованиях по определению коэффициента адгезии загрязнений

При проведении эксперимента четырехфакторным методом по греко-латинскому квадрату применялась следующая методика. Брели четыре раза по 5–5,5 кг каждого сорта картофеля и поочередно перемешивали с различными предварительно увлажненными почвами (суглинистой, супесчаной, глинистой, торфяной), характерными для Беларуси. Затем загрязненный картофель пропускали через машину для сухой очистки МСОК-5, разработанную в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». Полученные примеси и очищенный картофель взвешивали. Все данные, полученные в ходе эксперимента, сведены в таблицу 23.

Определим коэффициент адгезии:

$$\lambda = \frac{m_n - m_{оч}}{m_b},$$

где m_n – масса неочищенных клубней картофеля, кг;

$m_{оч}$ – масса очищенных клубней картофеля, кг;

m_b – масса вымытых клубней картофеля, кг.

Полученные значения коэффициента адгезии для четырех типов почв приведены в таблице 24, а для различных сортов картофеля – в таблице 24а.

По данным таблицы 24 построим график зависимости коэффициента адгезии от влажности почвы (рисунок 84).

Анализ уравнений регрессии показал, что в результате экспериментальных исследований был установлен коэффициент адгезии для разных почв в зависимости от их влажности, а также от сортовых особенностей клубней картофеля, формы и поверхности кожуры. В частности, для глинистой почвы он составил 0,05–0,1, суглинистой – 0,04–0,08, супесчаной – 0,02–0,06, торфяной – 0,02–0,05. По сортам картофеля: для клубней с овальной формой и гладкой поверхностью коэффициент адгезии равен 0,03–0,05, с округло-овальной формой и гладкой поверхностью – 0,02–0,04, с удлинено-овальной формой и слабошероховатой поверхностью кожуры – 0,04–0,07 и с округлой формой и шероховатой поверхностью – 0,05–0,08.

Таблица 23 – Исходные данные для расчета коэффициента адгезии

| № варианта | Тип и гранулометрический состав почвы | Сорт картофеля | Форма и поверхность клубня картофеля | Масса неочищенных клубней $m_n, \text{кг}$ | Масса очищенных клубней $m_{оч}, \text{кг}$ | Значение влажности почвы $\psi, \%$ |
|------------|---------------------------------------|----------------|--------------------------------------|--|---|-------------------------------------|
| 1 | суглинистая | «бриз» | овальная, гладкая | 5,397 | 5,018 | 20 |
| 2 | супесчаная | «атлант» | удлинено-овальная, слабошероховатая | 5,117 | 5,010 | 10 |
| 3 | торфяная | «живица» | округло-овальная, гладкая | 5,291 | 5,026 | 25 |
| 4 | глинистая | «криница» | округлая, шероховатая | 5,309 | 5,006 | 15 |
| 5 | суглинистая | «атлант» | удлинено-овальная, слабошероховатая | 5,238 | 5,028 | 10 |
| 6 | супесчаная | «бриз» | овальная, гладкая | 5,223 | 5,011 | 15 |
| 7 | торфяная | «криница» | округлая, шероховатая | 5,164 | 5,012 | 15 |
| 8 | глинистая | «живица» | округло-овальная, гладкая | 5,477 | 5,029 | 20 |
| 9 | суглинистая | «криница» | округлая, шероховатая | 5,467 | 5,027 | 25 |
| 10 | супесчаная | «живица» | округло-овальная, гладкая | 5,269 | 5,008 | 20 |
| 11 | торфяная | «атлант» | удлинено-овальная, слабошероховатая | 5,122 | 5,016 | 10 |
| 12 | глинистая | «бриз» | овальная, гладкая | 5,296 | 5,018 | 10 |
| 13 | суглинистая | «живица» | округло-овальная, гладкая | 5,371 | 5,035 | 15 |
| 14 | супесчаная | «криница» | округлая, шероховатая | 5,337 | 5,014 | 25 |
| 15 | торфяная | «бриз» | овальная, гладкая | 5,247 | 5,041 | 20 |
| 16 | глинистая | «атлант» | удлинено-овальная, слабошероховатая | 5,498 | 5,024 | 25 |

Таблица 24 – Значения коэффициента адгезии и влажности почвы

| Тип и гранулометрический состав почвы | Значение коэффициента адгезии, λ | Значение влажности почвы ψ , % |
|---------------------------------------|--|-------------------------------------|
| суглинистая 1 | 0,08 | 25 |
| суглинистая 2 | 0,07 | 20 |
| суглинистая 3 | 0,04 | 10 |
| суглинистая 4 | 0,06 | 15 |
| супесчаная 1 | 0,02 | 10 |
| супесчаная 2 | 0,04 | 15 |
| супесчаная 3 | 0,05 | 20 |
| супесчаная 4 | 0,06 | 25 |
| торфяная 1 | 0,02 | 10 |
| торфяная 2 | 0,03 | 15 |
| торфяная 3 | 0,04 | 20 |
| торфяная 4 | 0,05 | 25 |
| глинистая 1 | 0,08 | 20 |
| глинистая 2 | 0,06 | 15 |
| глинистая 3 | 0,09 | 25 |
| глинистая 4 | 0,05 | 10 |

Таблица 24а – Значения коэффициента адгезии для различных сортов картофеля

| Сорт картофеля | Форма и поверхность клубня картофеля | Значение коэффициента адгезии λ |
|----------------|--------------------------------------|---|
| «бриз» | овальная, гладкая | 0,03–0,05 |
| «живица» | округло-овальная, гладкая | 0,02–0,04 |
| «атлант» | удлиненно-овальная, слабошероховатая | 0,04–0,07 |
| «криница» | округлая, шероховатая | 0,05–0,08 |

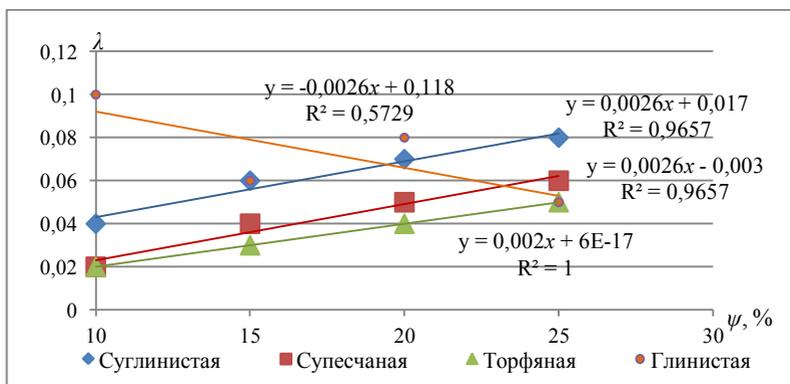


Рисунок 84 – Зависимость коэффициента адгезии от влажности почвы

По результатам проведения эксперимента было установлено, что наилучшее отделение почвенных примесей происходит на клубнях, выращенных на торфяной и супесчаной почвах, коэффициент адгезии составил соответственно 0,02–0,05 и 0,02–0,06, а на суглинистых и глинистых почвах отделение почвенных примесей затруднено, коэффициент адгезии 0,04–0,08 и 0,05–0,1 соответственно. Эти результаты дают возможность установить необходимые режимы очистки картофеля на машине сухой очистки.

Влажность почвы для сухой очистки клубней картофеля не должна превышать 30 %, в противном случае клубни для сухой очистки непригодны. Клубни, имеющие округло-овальную форму и гладкую поверхность кожуры, характеризовались более низким коэффициентом адгезии по сравнению с сортами, обладающими удлинённо-овальной и округлой формой, но слабошероховатой и шероховатой поверхностью.

Экспериментальные исследования по определению коэффициента адгезии загрязнений легли в основу разработки тарировочной таблицы (таблица 25) настройки конструктивных параметров и режимов работы машины для сухой очистки картофеля в зависимости от разных типов почв и сортовых особенностей клубней картофеля.

Таблица 25 – Тарировочная таблица настройки параметров машины МСОК-5 для сухой очистки основных сортов картофеля

| Наименование сорта | Рациональные параметры машины для сухой очистки картофеля МСОК-5 (супесчаная почва) | | | |
|--------------------|---|--|-------------------------------|---|
| | длина щеточной рабочей поверхности <i>L, м</i> | частота вращения профилированных щеточных вальцов <i>n, об./мин.</i> | давление полотна <i>P, Па</i> | угол наклона машины для сухой очистки картофеля <i>α, град.</i> |
| «атлант» | 1,35 | 80 | 20 | 1 |
| «белорусский» | 1,65 | 120 | 22 | 3 |
| «бригантина» | 1,95 | 160 | 24 | 6 |
| «верас» | 2,25 | 200 | 26 | 9 |
| «ветразь» | 1,95 | 80 | 26 | 9 |
| «выток» | 2,25 | 160 | 24 | 6 |
| «гранат» | 1,65 | 120 | 22 | 3 |
| «дельфин» | 1,35 | 200 | 20 | 1 |
| «дина» | 1,35 | 200 | 22 | 3 |
| «живица» | 1,65 | 120 | 20 | 6 |
| «журавинка» | 2,25 | 160 | 26 | 1 |
| «здабытак» | 1,95 | 80 | 24 | 9 |
| «бриз» | 1,65 | 120 | 24 | 6 |
| «криница» | 1,35 | 80 | 26 | 9 |
| «лазурит» | 2,25 | 160 | 20 | 1 |
| «ласунак» | 1,95 | 200 | 22 | 3 |

Данные параметры тарифовочной таблицы позволяют оператору определять требуемый режим работы для качественной очистки клубней и затрачивать минимальное количество потребляемой энергии в зависимости от сортов картофеля, возделываемых на различных типах почв.

Заключение

Наилучшее отделение почвенных примесей при влажности не более 30 % происходит на клубнях, выращенных на торфяной и супесчаной почвах (коэффициент адгезии составил соответственно 0,02–0,05 и 0,02–0,06). На суглинистых и глинистых почвах отделение почвенных примесей затруднено (коэффициент адгезии – 0,04–0,08 и 0,05–0,1 соответственно). Полученные результаты дают возможность установить необходимые режимы очистки картофеля на машине сухой очистки. При этом качество очистки клубней зависит от их сортовых особенностей и является наилучшим у сортов, имеющих округло-овальную форму клубня и гладкую поверхность кожуры (коэффициент адгезии 0,02–0,04).

23.05.12

Литература

1. Бульба: энциклопедический справочник по выращиванию, хранению, переработке и использованию картофеля / редкол.: И.П. Шамякин (гл. ред.) [и др.]. – Минск: БелСЭ, 1988. – 576 с.
2. Шпаар, Д. Картофель. Возделывание, уборка, хранение / Д. Шпаар [и др.]. – Торжок: ООО «Вариант», 2004. – 466 с.
3. Справочник картофелевода / З.А. Дмитриева [и др.]; под ред. Н.А. Дорожкина, З.А. Дмитриевой, А.Ф. Богдановского. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: Ураджай, 1989. – 304 с.

УДК 631.362.35:635.21

Д.И. Комлач, А.С. Воробей,

А.В. Белько

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

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ
ЛИНИЯ ДЛЯ
ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ
ДОРАБОТКИ
КАРТОФЕЛЯ**

Введение

В РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан и поставлен на производство комплекс машин для послеуборочной и предпосевной подготовки картофеля, лука и корнеплодов, включающий в себя приемно-сортировочные пункты ППС, самоходный телескопический загрузчик ЗТ-40, скутер-подборщик СКП-40, систему телескопических конвейеров КТ-40, переборочный стол СПР-10, транспортер загрузочный ТВН-40, протравливатель клубней ПКМ-15, машину для сухой очистки картофеля МСОК-5.

Основная часть

Пункты приемно-сортировочные ППС (рисунок 85) предназначены для приема картофеля, лука репчатого и столовых корнеплодов от самосвальных транспортных средств с задней выгрузкой, частичного отделения почвенных примесей, отделения мелкой и (или) семенной фракции и загрузки клубней в контейнеры или подачи на загрузочные конвейеры. Могут применяться во всех зонах возделывания картофеля, корнеплодов и лука.



Рисунок 85 – Пункт приемно-сортировочный ППС 24-60

Особенностью пунктов являются эластичные, спиральные, полиуретановые рабочие органы, которые в отличие от металлических не травмируют продукт, не забиваются камнями, растительными остатками, почвой. Быстро очищаются сами и качественно очищают продукт. Благодаря своей универсальности пункты ППС применяются не только при закладке продукта, но и при его предпродажной подготовке и сортировке.

Загрузчик телескопический ЗТ-40 (рисунок 86) предназначен для загрузки в хранилища картофеля, лука и корнеклубнеплодов, а также для загрузки продукции в транспортные средства или в контейнеры.

Компоновка загрузчика и его составных частей обеспечивает рациональное использование производственной площади и удобство работы погрузочных и транспортных средств при загрузке продукции и распределении ее в нужном направлении.

Особенностью загрузчика является конструкция привода ведущих колес, обеспечивающая высокую маневренность, что позволяет использовать машину в хранилищах различного вида. Загрузчик оборудован системой контроля выполнения работ в автоматическом режиме.



Рисунок 86 – Загрузчик телескопический ЗТ-40

Скутер-подборщик СКП-40 (рисунок 87) предназначен для забора сельскохозяйственной продукции и ее транспортировки по телескопическому конвейеру к следующему конвейеру линии или в тару для упаковки. В зависимости от вида продукта производительность может достигать 40 т/ч.

Особенностью скутера-подборщика является то, что благодаря опорной вращающейся платформе телескопического конвейера машина может поворачиваться в любом направлении. Функция поворота обеспечивает легкий доступ к машине. Место приемки продукта на скутере находится в центре, над вращающейся платформой, что способствует беспрепятственному перемещению тары к следующему транспортировочному конвейеру. Отдельные приводы для двух колес скутера обеспечивают мобильность машины.



Рисунок 87 – Скутер-подборщик СКП-40

Система телескопических конвейеров КТ-40 (рисунок 88) предназначена для транспортировки и подачи картофеля, лука и корнеклубнеплодов на телескопический загрузчик, а также для загрузки продукции в контейнеры.



Рисунок 88 – Система телескопических конвейеров КТ-40

Особенностью конвейера является возможность отдельного использования составных частей, а также применения для транспортировки зерна и других сыпучих и несипучих материалов. Установленные двухскоростные мотор-барабаны в приводе конвейера позволяют изменять скорость лент для возможности отбора некондиционных луковок и клубней.

За системой телескопических транспортеров встраивается автоматический наполнитель контейнеров (рисунок 89), предназначенный для автоматического наполнения контейнеров клубнями картофеля. Состоит из рамы 1, эластично-планчатой транспортной ленты 2, насыпного бункера 3, гидросистемы 4, электросистемы 5 и системы автоматического управления 6.

Переборочный стол СПР-10 (рисунок 90) предназначен для ручного отбора некондиционных клубней, комков и камней при доработке лука, картофеля, корнеклубнеплодов и дальнейшего передвижения продукции в нужном направлении.

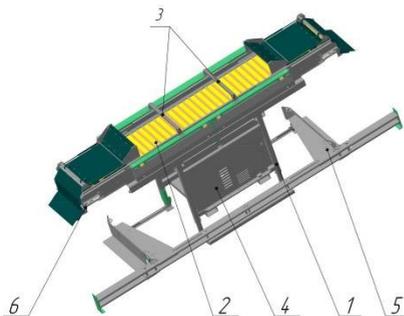


Рисунок 89 – Общий вид автоматического наполнителя контейнеров НК-40



Рисунок 90 – Переборочный стол СПР-10

Особенностью переборочного стола является особая конструкция роликовой поверхности, позволяющая продукту не только рассредоточиваться по периметру очищаемой поверхности, но и вращаться, в результате чего улучшаются условия отбора некачественного продукта. Стол оборудован устройством для затаривания картофеля в мешки или сетки.

Транспортер загрузочный ТВН-40 (рисунок 91) предназначен для загрузки лука и корнеклубнеплодов в транспортные средства или контейнеры.

Особенностью транспортера является универсальность использования: может применяться для загрузки не только лука и корнеклубнеплодов, но и зерна, а также других сыпучих и несыпучих материалов.

Протравливатель клубней ПКМ-15 (рисунок 92) предназначен для обработки клубней картофеля защитными и защитно-стимулирующими веществами перед посадкой или закладкой на хранение.

Может встраиваться в любые технологические линии обработки картофеля. Особенностью протравливателя является особая конструкция камеры протравливания, в результате чего обеспечивается практически стопроцентное покрытие клубней картофеля защитными веществами.



Рисунок 91 – Транспортер загрузочный ТВН-40

Машина для сухой очистки картофеля МСОК-5 (рисунок 93) предназначена для предреализационной подготовки картофеля и его поставки к месту реализации без дополнительной доработки. Машина обеспечивает качественное отделение почвы от картофеля без повреждения кожуры.



Рисунок 92 – Протравливатель клубней ПКМ-15



Рисунок 93 – Машина для сухой очистки картофеля МСОК-5

Особенностью машины является особая конструкция покрытия очищающих валцов в виде волнообразной поверхности, что позволяет очищаемому продукту рассредоточиваться по периметру очищающей поверхности. В результате этого происходит более качественная очистка продукта. Машина оборудована устройством для затаривания картофеля в мешки или сетки.

Все машины комплекса прошли приемочные испытания в ГУ «Белорусская МИС» и рекомендованы к постановке на производство. Испытания машин с определением эксплуатационно-технологических показателей с соответствующими функциональными показателями качества выполнения технологического процесса проводились в РСДУП «Экспериментальная база «Зазерье», СПК «Агрокомбинат «Снов», РУП «Институт картофелеводства».

Производство машин освоено на РДПУП «Экспериментальный завод РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», ОАО «Бобруйскагромаш», ЗАО «Агропромсельмаш» (г. Лида).

По сравнению с аналогичным импортным комплексом снижение себестоимости механизированных работ составляет около 35 %.

Оценка экономической эффективности комплекса показывает, что применение данных машин существенно снижает затраты труда и расход электроэнергии, а главное – обеспечивает максимальное выполнение агротехнических требований для послеуборочной доработки картофеля. Внедрение данного комплекса машин наряду с повышением товарности картофеля позволит снизить на 8–10 % затраты труда и на 10–12 % расход электроэнергии.

Заключение

Таким образом, на сегодняшний день в Республике Беларусь создан современный комплекс машин для послеуборочной доработки картофеля. Разработанные технические средства по своим технологическим параметрам не уступают импортным аналогам, а в условиях хозяйств зарекомендовали себя как надежная и высокопроизводительная техника.

23.05.12

УДК 631.356:635.132(476)

**А.Л. Рапинчук, Д.И. Комлач,
В.В. Голдыбан, И.А. Барановский**
*(РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

ОБОСНОВАНИЕ СХЕМЫ МОРКОВОУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ

Введение

Одной из основных овощных культур в Беларуси является столовая морковь. Корнеплоды моркови обладают высокими вкусовыми и диетическими качествами, используются в свежем виде, в соленьях, как приправа к пище, для изготовления морса, морковного сока. Благодаря большому содержанию витаминов и минеральных солей морковь пользуется большим спросом у населения всех стран мира.

В Беларуси под столовую морковь отводят площадь свыше 3,2 тыс. га, а валовой сбор превышает 78 тыс. т в год, ее возделывают порядка 600 овощеводческих хозяйств страны. Значительную часть урожая моркови перерабатывает консервная промышленность.

РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию» в результате выполненных научных исследований рекомендует довести потребление корнеплодов моркови до 10 кг в год, чего можно достичь в том случае, если ее валовой сбор составит 100 тыс. т в год.

Добиться этого можно двумя путями: увеличением посевных площадей под морковь и повышением ее урожайности. К сожалению, быстро увеличить производство моркови не представляется возможным из-за отсутствия полной или комплексной механизации ее возделывания.

Наиболее важной проблемой при возделывании моркови является уборка. На сегодняшний день уровень комплексной механизации по республике не достигает и 10–15 % [1, с. 208]. Затраты труда на выращивание этой культуры составляют 700–800 чел.-ч/га.

Принятая в декабре 2010 г. постановлением Совета Министров Республики Беларусь «Государственная комплексная программа разви-

тия картофелеводства, овощеводства и плодоводства на 2011–2015 годы» явилась важным этапом в развитии механизации овощеводства [2].

Программой предусмотрено дальнейшее совершенствование технических средств для уборки овощей как основа увеличения их валового сбора.

Основная часть

Технологический процесс уборки моркови включает ее извлечение из почвы, удаление ботвы, очистку от почвенных и растительных примесей. Очередность выполнения этих операций может меняться в зависимости от принятой технологии уборки, но общий комплекс уборочных операций остается неизменным.

В мировой практике применяется две разновидности технологического процесса уборки моркови:

- удаление ботвы до извлечения корнеплодов из почвы с последующим их выкапыванием и очисткой от почвенных, растительных и других примесей;
- извлечение корнеплодов из почвы за ботву с последующим отделением ботвы и почвенных примесей.

По первому способу работают машины выкапывающего типа, по второму – теребильного (рисунок 94).



а)



б)

а) выкапывающего типа; б) теребильного типа

Рисунок 94 – Машины для уборки моркови

В последние годы все крупные овощеводческие хозяйства страны применяют второй способ уборки, с использованием машин теребильного типа. В Республике Беларусь насчитывается около 25 таких машин, и все они зарубежного производства.

Работу машин обоих типов оценивают согласно ТКП 321–2011 «Машины для уборки овощных и бахчевых культур», а оценку качества корнеплодов проводят согласно ГОСТу 1721–85 «Морковь столовая свежая заготавливаемая и поставляемая» (таблица 26).

В соответствии со специфическими особенностями моркови подкапывающие рабочие органы комбайна должны обеспечивать выкапыва-

ние на глубину до 30 см не менее 99 % растений с извлечением из почвы не менее 98 % корнеплодов [3, с. 10]. Для более полного отделения моркови от почвенного пласта с сорняками выкапывающие рабочие органы машины должны поднимать почвенный пласт на высоту до 10 см. Таким качеством обладает лемех с активным приводом. Отличительная черта активного лемеха – самоочищение лезвия и активное перемещение пласта по лемеху при любом состоянии почвы, что для наших условий уборки моркови очень актуально.

Таблица 26 – Агротехнические требования, предъявляемые к машинам для уборки моркови

| Показатель по ГОСТу 1721–85 | Нормативы, % |
|--|--------------|
| Полнота сбора корнеплодов, % | не менее 98 |
| Наличие земли, прилипшей к корнеплодам, % от массы | не более 1 |
| Количество корнеплодов с длиной ботвы после обрезки: от 0 до 0,02 м | не менее 85 |
| от 0,02 до 0,05 м | не более 15 |
| Повреждения, % | не более 10 |
| Коэффициент надежности технологического процесса | не ниже 0,95 |
| Потери корнеплодов при выкапывании, % | не более 4 |

На качественные показатели работы уборочных машин существенное влияние оказывают сроки уборки.

С одной стороны, слишком раннее начало уборки (конец августа – начало сентября) ведет к недобору урожая по массе. Морковь, убранная рано, хуже хранится до ее переработки. С другой стороны, уборку необходимо начинать не позже определенного срока с тем, чтобы успеть закончить ее до наступления морозов и снегопадов. Во избежание крупных невозвратимых потерь в Беларуси следует завершить уборку к 15–20 октября. Не менее важным показателем уборочных машин является производительность. Проведенный анализ возможных способов механизированной уборки корнеплодов методом выкапывания и теребления показал, что повышение производительности уборочной машины возможно за счет увеличения количества убираемых рядков, рабочей скорости и коэффициента использования времени смены.

В специализированных овощеводческих хозяйствах Республики Беларусь посевная площадь моркови составляет 70–80 га, производительность однорядной морковоуборочной машины – 0,6–1,0 га/ч. Исходя из этих данных, можно сделать вывод, что однорядная морковоуборочная машина соответствует требованиям к уборке моркови с минимальными потерями. Изготовление 2-рядной машины для таких площадей повлечет за собой увеличение себестоимости продукции.

Также необходимо учитывать, что корнеплоды моркови очень чувствительны к ударам. Процент поврежденных корнеплодов возрастает с 7,5 до 83,3 в зависимости от высоты падения и материала рабочей поверхности удара.

По данным А.Н. Тимофеева, предельная высота, при которой не происходит повреждений корневой моркови, равна: при падении на стальную поверхность $H_{ст} = 0,10$ м; на дерево – $H_{д} = 0,24$ м; на резину – $H_{р} = 0,25$; на слой моркови – $H_{к} = 0,24$ м.

При создании морковоуборочной машины необходимо также учитывать технологию механизированной подготовки поля для уборки моркови. При существующей технологии для обеспечения возможности первого прохода морковоуборочной машины и движущегося рядом транспортного средства необходимо убрать вручную 18–22 % площади поля.

Применение на уборке моркови уборочных агрегатов с технологической емкостью для корнеплодов позволяет полностью механизировать процесс подготовки поля, повысить на 35–40 % производительность транспорта и снизить на 60–70 % потребность в универсально-пропашных колесных тракторах.

Первоначально необходимо убирать морковь с поворотных полос, затем – с проездов между загонами и, наконец, с самих загон. Первый проход следует начинать с четвертого рядка, делая отсчет от стыкового междурядья влево, или с третьего рядка от стыкового междурядья вправо. При подготовке загон корнеплоды, накапливающиеся в технологической емкости, разгружают в транспортные средства на поворотных полосах.

Машины выкапывающего типа, а это чаще всего переоборудованные картофелекопатели, которые применяются в республике для уборки моркови, не в состоянии обеспечить качественный технологический процесс уборки корнеплодов в соответствии с изложенными выше требованиями, без повреждения продукции. Ворох корнеплодов моркови, убранных как отечественными, так и зарубежными машинами данного типа, требует доработки, включающей операции доочистки корнеплодов от обрезанных листьев ботвы, растительных примесей и камней.

Более полно удовлетворяют агротехническим требованиям машины теребивного типа. Их основное преимущество состоит в том, что при работе не является серьезной проблемой очистка корнеплодов от почвенных комков, камней и других механических примесей. На однострочных посевах корнеплодов при хорошем состоянии ботвы и незначительной засоренности поля машины теребивного типа по всем агротехническим показателям обеспечивают лучшие результаты, чем машины с обрезкой ботвы на корню.

Ведущие мировые лидеры по производству техники для уборки овощей («Asa-lift», «Simon», «Dewulf», «Pik Rite») уже вышли на мировой рынок с предложениями поставки комбайнов, обеспечивающих качественную уборку моркови методом теребления без повреждения продукции (рисунок 95). Применение таких машин позволяет сократить затраты труда, расход топлива и в конечном итоге повысить рентабельность отрасли.

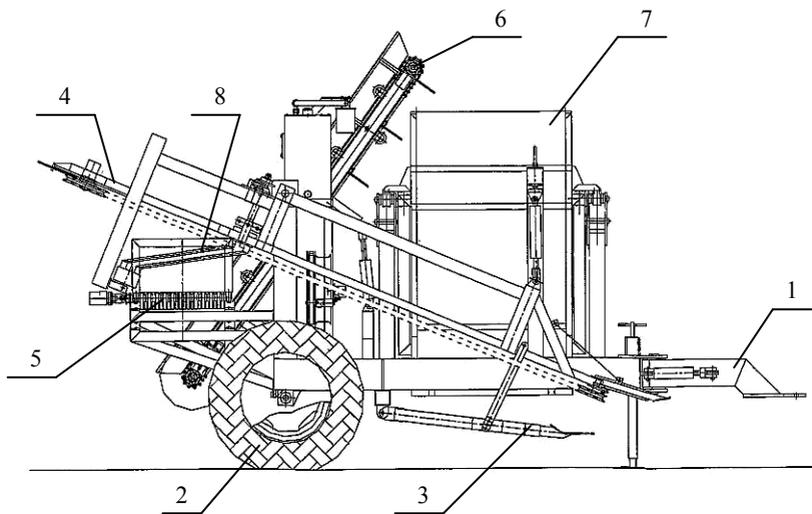


а) «Pik Rite»; б) «Dewulf» с бункером на 3 т
 Рисунок 95 – Машины для уборки моркови

Имеющиеся в республике научно-технический потенциал и производственные возможности машиностроительных предприятий обуславливают целесообразность разработки и внедрения в производство конкурентоспособных машин для механизации овощеводства. Освоение производства таких машин исключает завоз подобных из-за рубежа, что обеспечивает экономию валютных средств.

Учитывая климатические условия Республики Беларусь, физико-механические свойства столовой моркови, требования, предъявляемые к машинной уборке, засоренность полей, считаем, что перспективным направлением совершенствования машин для уборки моркови методом теребления является их исполнение в виде полуприцепной рамы 1 на колесном ходу 2, на которой монтируются основные рабочие органы машины: подкапывающий лемех 3, теребильный аппарат ленточного типа 4, роторный ботвоотделяющий аппарат 8, поперечный 5 и выгрузной 6 транспортеры; бункер 7 с подвижным выгрузным транспортером (рисунок 96).

Технологический процесс работы морковуборочной машины заключается в следующем. При перемещении агрегата по участку ботвоподъемники, двигаясь у самой земли около рядков, поднимают ботву и направляют ее в устье теребильного аппарата 4. Одновременно подкапывающий лемех 3, продвигаясь под рядком в земле, рыхлит ее, нарушая связь корнеплодов с почвой. Теребильные ремни зажимают между собой ботву, извлекают морковь из земли и доставляют к ботвоотделяющему аппарату 8.



- 1 – рама; 2 – ходовая часть; 3 – подкапывающий лемех; 4 – теребильный аппарат;
 5 – поперечный транспортер; 6 – выгрузный транспортер; 7 – приемный бункер;
 8 – роторный ботвоотделяющий аппарат

Рисунок 96 – Конструктивная схема машины теребильного типа для уборки моркови

Теребильные аппараты ленточного типа представляют собой две гибкие бесконечные ленты, ведущие рабочие ветви которых прижимаются друг к другу прижимными роликами.

Аппарат для отделения ботвы роторного типа состоит из 12 изогнутых планок, собранных по шесть в двух соседних дисках. Диски с планками вращаются навстречу друг другу, в результате чего корнеплоды головками подтягиваются до упора к планкам, ботва обламывается. Вследствие наклонного положения дисков планки совершают сложные пространственные перемещения и, кроме подтягивания, осуществляют транспортирование корнеплодов вдоль поверхности выравнивания. После отделения ботва сбрасывается на поверхность поля, а отгрузка убранной части урожая будет осуществляться выгрузным транспортером 6 в рядом идущее транспортное средство либо, например, при отбивке поворотных полос и загонок – непосредственно в бункер 6. Привод основных рабочих органов гидравлический, от автономной гидросистемы машины.

Заключение

С учетом требований, предъявляемых к комбайновой уборке моркови, преимуществ и недостатков машин подкапывающего и теребильного типов и мировых тенденций развития морковоуборочной техники следу-

ет признать перспективным направлением совершенствования средств механизированной уборки моркови их конструктивное исполнение в виде однорядного комбайна, оборудованного активным подкапывающим лемехом, теребильным аппаратом ленточного типа, роторным ботвоотделяющим аппаратом, поперечным и выгрузным транспортерами; опрокидывающимся бункером с подвижным днищем для выгрузки убранный моркови в транспортное средство. Такая конструкция позволит повысить производительность морковуборочной машины и в 2,5–3 раза сократить затраты труда.

04.06.12

Литература

1. Попков, В.А. Овощеводство Беларуси / В.А. Попков. – Минск: Наша идея, 2011. – 1088 с.
2. Государственная комплексная программа развития картофелеводства, овощеводства и плодородства в 2011–2015 годах: официальное издание. – Минск: Беларусь, 2010. – 144 с.
3. Диденко, Н.Ф. Машины для уборки овощей / Н.Ф. Диденко. – М., 1973. – 278 с.

УДК 631.348:378.663 (476.6)

П.В. Заяц

(СРУСП «Шиловичи»,

д. Шиловичи, Слонимский р-н,

Гродненская обл., Республика Беларусь)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОГО АГРЕГАТА ДЛЯ СБОРА КОЛОРАДСКОГО ЖУКА

Введение

Получению высоких урожаев картофеля наряду с другими факторами препятствуют вредители. Потери урожая этой культуры от колорадского жука могут составлять от 8 до 80 %.

При выращивании товарного урожая для борьбы с колорадским жуком наиболее широко применяется химический метод, который, однако, является нежелательным при получении экологически чистого картофеля, план производства которого доведен до ряда сельскохозяйственных предприятий нашей республики. Борьба с колорадским жуком – один из решающих факторов достижения высокой урожайности картофеля. При получении экологически чистого продукта необходимо производить своевременный и качественный сбор колорадского жука с ботвы картофеля. Однако машин для этих целей наша промышленность не выпускает.

Поэтому исследование и разработка технологий и средств механизации, позволяющих качественно и с наименьшими затратами производить сбор колорадского жука с ботвы картофеля, с целью получения

экологически чистой продукции для детского питания, является актуальной задачей.

Цель исследований – обосновать некоторые эксплуатационные параметры комбинированного агрегата для сбора колорадского жука с учетом особенностей выполнения технологического процесса.

Материал и методика исследований

Проводились теоретические и экспериментальные исследования. Экспериментальные исследования проходили на опытном поле и в лабораториях кафедры механизации сельскохозяйственного производства УО «Гродненский государственный аграрный университет».

Экспериментальный агрегат состоял из трактора «Беларус-82.1» с передним и задним навесными устройствами, машины для сбора колорадского жука, навешенной на переднее навесное устройство трактора, и культиватора для междурядной обработки картофеля, навешенного на заднее навесное устройство трактора.

Результаты исследований и их обсуждение

При работе комбинированного агрегата для сбора колорадского жука и окуливания картофеля общее сопротивление передвижению комбинированного агрегата можно определить как сумму сопротивлений обеих машин:

$$R_{\text{АГР}} = R_{\text{М}} + R_{\text{К}}, \quad (1)$$

где $R_{\text{М}}$ – сопротивление передвижению машины для сбора колорадского жука, $\kappa\text{Н}$;

$R_{\text{К}}$ – сопротивление передвижению культиватора для междурядной обработки картофеля, $\kappa\text{Н}$.

Сопротивление передвижению машины для сбора колорадского жука $R_{\text{М}}$ ($\kappa\text{Н}$) можно определить по формуле:

$$R_{\text{М}} = R_{\text{Мf}} + R_{\text{МПР}}, \quad (2)$$

где $R_{\text{Мf}}$ – сопротивление качению, $\kappa\text{Н}$;

$R_{\text{МПР}}$ – сопротивление на привод рабочих органов машины, $\kappa\text{Н}$.

Сопротивление качению $R_{\text{Мf}}$ ($\kappa\text{Н}$) можно определить по известной формуле:

$$R_{\text{Мf}} = m_{\text{М}} \cdot g \cdot (f \pm i/100), \quad (3)$$

где $m_{\text{М}}$ – масса машины, $\kappa\text{г}$;

g – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$;

i – уклон местности, %;

f – коэффициент сопротивления качению.

Знак «+» соответствует движению агрегата на подъем, «-» – на уклон.

Сопrotивление привода рабочих органов машины для сбора колорадского жука предлагается определить по формуле:

$$R_{\text{МПР}} = \frac{n_p \cdot N_{\text{P СУМ}}}{V_{\text{ОК}}}, \quad (4)$$

где $N_{\text{P СУМ}}$ – суммарная мощность на привод ротора, $\kappa\text{Вт}$;

n_p – количество роторов, шт. ;

$V_{\text{ОК}}$ – окружная скорость роторов, м/с .

Тогда формулу (2) можно записать в виде:

$$R_{\text{М}} = m_{\text{М}} \cdot g \cdot (f \pm i/100) + \frac{n_p \cdot N_{\text{P СУМ}}}{V_{\text{ОК}}}. \quad (5)$$

Сопrotивление передвижению культиватора для междурядной обработки картофеля $R_{\text{К}}$ ($\kappa\text{Н}$) целесообразно определить через удельное сопротивление культиватора по формуле:

$$R_{\text{К}} = K_{\text{К}} \cdot B_{\text{P}} \pm m_{\text{К}} \cdot g \cdot i/100, \quad (6)$$

где $K_{\text{К}}$ – удельное сопротивление культиватора при движении на рабочей скорости, $\kappa\text{Н/м}$;

B_{P} – рабочая ширина захвата культиватора, м ;

$m_{\text{К}}$ – масса культиватора, $\kappa\text{г}$.

Тогда общее сопротивление передвижению комбинированного агрегата можно определить по формуле:

$$R_{\text{М}} = m_{\text{М}} \cdot g \cdot (f \pm i/100) + \frac{n_p \cdot N_{\text{P СУМ}}}{V_{\text{ОК}}} + K_{\text{К}} \cdot B_{\text{P}} \pm m_{\text{К}} \cdot g \cdot i/100. \quad (7)$$

Техническую производительность агрегата за смену (га/смену) можно определить по общеизвестной формуле:

$$W_{\text{СМ}} = 0,36 \cdot B_{\text{P}} \cdot V_{\text{P}} \cdot T \cdot \tau, \quad (8)$$

где T – время смены, ч ;

τ – коэффициент использования времени смены;

V_{P} – рабочая скорость, м/с .

Эксплуатационную производительность можно определить по той же формуле, только вместо технически возможных величин следует подставить их действительные значения.

При работе комбинированного агрегата рабочие органы машины для сбора колорадского жука, выполненные в виде роторов с упругоэластичными лопастями, совершают не только вращательное движение вокруг своей оси, но и поступательное вместе с машиной вдоль рядков.

Результаты экспериментальных исследований показали, что для стряхивания особей колорадского жука с ботвы картофеля, как правило, достаточно однократного удара лопасти по ботве. При увеличении количества ударов эффективность сбора особей колорадского жука практи-

чески не увеличивается, однако возрастает вероятность травмирования ботвы, увеличиваются затраты энергии, снижается производительность.

Ширина упругоэластичных лопастей (вдоль оси) ротора должна быть согласована с частотой вращения ротора и скоростью передвижения машинно-тракторного агрегата.

При повороте ротора с $K_{л}$ лопастями за n_0 оборотов ротора агрегат может пройти путь S , равный:

$$S = K_{л} \cdot n_0 \cdot l_{л} \cdot K_{пер}, \quad (9)$$

где $l_{л}$ – ширина лопасти, м;

$K_{пер}$ – коэффициент перекрытия, $K_{пер} \approx 1,0$;

n_0 – количество оборотов ротора, $мин^{-1}$;

$K_{л}$ – количество лопастей на роторе.

Разделив обе части уравнения (9) на время t , получим:

$$V_{м} = K_{пер} \cdot K_{л} \cdot l_{л} \cdot n, \quad (10)$$

где $V_{м}$ – линейная скорость движения агрегата, м/с;

n – частота вращения ротора, $об./с$.

Из формулы (10) можно определить необходимую ширину лопасти:

$$l_{л} = \frac{V_{м}}{K_{пер} \cdot K_{л} \cdot n}. \quad (11)$$

С учетом уравнения (10), то есть с учетом параметров рабочего ротора, формула (8) примет вид:

$$W_{см} = 0,36 \cdot B_p \cdot K_{пер} \cdot K_{л} \cdot l_{л} \cdot n \cdot T \cdot \tau. \quad (12)$$

Запас рабочего хода агрегата по технологической емкости для сбора колорадского жука $l_{ост}$ можно определить по известной формуле:

$$l_{ост} = \frac{V \cdot \gamma \cdot \lambda}{B_p \cdot h}, \quad (13)$$

где V – вместимость технологической емкости для сбора колорадского жука, $м^3$;

γ – насыпная плотность особей колорадского жука, $кг/м^3$;

λ – коэффициент использования объема технологической емкости;

B_p – рабочая ширина захвата машины, м;

h – плотность заселения жуком единицы площади картофельного поля, $кг/м^2$.

Тогда вместимость технологической емкости для сбора колорадского жука с учетом длины гона:

$$V = \frac{B \cdot p \cdot h \cdot l_{гона}}{\gamma \cdot K_{зап}}, \quad (14)$$

где $l_{гона}$ – средняя длина гона, м;

$K_{зап}$ – коэффициент запаса емкости.

Чтобы воспользоваться формулой, экспериментальным путем определялись объемная плотность собираемых особей колорадского жука и плотность заселения жуком картофельных полей. При этом

$$h = \frac{K_{\text{ж}} \cdot n_{\text{к}} \cdot m_{1000}}{1000}, \quad (15)$$

где $K_{\text{ж}}$ – среднее количество особей колорадского жука на одном кусте, *шт.*;

$n_{\text{к}}$ – среднее количество кустов на единице площади, *шт./м²*;

m_{1000} – масса 1000 особей колорадского жука, *кг*.

При междурядье 0,7 м количество кустов определяют, как правило, на площади 10 м² (10 : 0,7 = 14,3 м), то есть на длине 14,3 м. При нормах посадки 50 и 70 тыс. *шт.* клубней на 1 га на длине рядка 14,3 м будет примерно 50 и 70 кустов.

Тогда формулу (13) можно представить в виде:

$$l_{\text{ост}} = \frac{1000 \cdot V \cdot \gamma \cdot \lambda}{B_{\text{р}} \cdot K_{\text{ж}} \cdot n_{\text{к}} \cdot m_{1000}}, \quad (16)$$

а формулу (14) в виде:

$$V = \frac{B \cdot p \cdot K_{\text{ж}} \cdot n_{\text{к}} \cdot m_{1000} \cdot l_{\text{гона}}}{1000 \gamma \cdot K_{\text{зап}}}. \quad (17)$$

Заключение

В результате проведенных исследований получены аналитические зависимости эксплуатационных параметров рабочих органов комбинированного агрегата для сбора колорадского жука:

- аналитическая зависимость для определения общего сопротивления передвижению агрегата (7) позволяет учесть дополнительное сопротивление на привод рабочих органов машины для сбора колорадского жука;
- аналитическая зависимость для определения сменной производительности агрегата (8) позволяет учесть конструктивно-режимные параметры рабочего органа;
- полученная аналитическая зависимость для определения ширины лопастей (11) позволяет обеспечить без пропусков по длине рядков сбор особей колорадского жука при рабочей скорости и известном количестве лопастей;
- аналитическая зависимость для определения вместимости технологической емкости для сбора колорадского жука (14) позволяет определить ее с учетом длины гона, насыпной плотности особей, плотности заселения жуком картофельного поля и коэффициента запаса емкости;
- обратная зависимость (13) позволяет определить запас хода агрегата по технологической емкости для сбора колорадского жука.

11.09.12

Литература

1. Заяц, П.В. Комбинированный агрегат для сбора колорадского жука / П.В. Заяц, Э.В. Заяц // Агропанорама, 2006. – № 5. – С. 32–34.
2. Обеспечение выращивания экологически чистого картофеля путем разработки и применения комбинированного агрегата для сбора колорадского жука / П.П. Казакевич, Э.В. Заяц, П.В. Заяц. – Гродно: ГГАУ, 2009. – 36 с.

УДК 631.3-192

И.С. Пылило, В.К. Клыбик

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

ВЫБОР ПЕРСПЕКТИВНОГО ТИПА ДАТЧИКА ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ТОПЛИВА

Введение

В АПК Беларуси отмечается низкая эффективность использования энергоресурсов. При расходовании 1 кг у.т. у нас производится продукции на 1,07 долл. США, в то время как в Финляндии – на 4,76, во Франции – на 6,67, в Дании и Швейцарии – на 11,15 долл. США. Важнейшими организационно-экономическими факторами экономии и рационального использования энергоресурсов следует считать учет и контроль их потребления, нормирование расхода энергоресурсов, оптимизацию структурного устройства хозяйствующих субъектов с учетом их специализации и природно-климатических условий [1].

В современных условиях сельскохозяйственные предприятия Республики Беларусь, как и стран СНГ, все шире начинают использовать навигационно-телеметрическое оборудование, позволяющее круглосуточно контролировать технические параметры и потребление топлива тракторами, транспортными средствами и самоходной сельскохозяйственной техникой. Опыт хозяйств, использующих такие системы, показал, что сокращение расходов на ГСМ составляет от 15 до 30 % и значительно снижает простой техники. Однако использование штатных датчиков уровня топлива не позволяет достигнуть требуемой точности измерения, поэтому существует проблема правильного выбора типа топливного датчика для данного вида техники и условий эксплуатации.

Основная часть

Одной из задач хозяйства в области экономии энергоресурсов является непрерывное измерение объема топлива в баках машинно-тракторных агрегатов в течение всего периода их работы.

Для решения данной задачи существуют определенные требования к методу измерения и оборудованию:

- большой срок службы (не менее 10 лет) измерителя уровня при минимальном количестве регламентных работ;
- высокая надежность в реальных условиях эксплуатации;
- стабильная работа и плавное снижение точности при увеличении силы воздействия дестабилизирующих факторов (температуры, плотности жидкости, волнения поверхности, наклона резервуара и т.д.);
- обеспечение требуемой точности измерения уровня при работе с реальными жидкостями;
- умеренная для решаемой задачи стоимость;
- удобство эксплуатации, технического обслуживания и ремонта.

Наиболее значимым из них являются:

- работа в условиях вибраций и наклона резервуара;
- работа от бортовой системы питания;
- получение выходного сигнала, совместимого с телеметрическим оборудованием;
- измерение уровня с малой погрешностью, работа при наличии пыли, конденсата, пены;
- работа при больших изменениях температуры измеряемой жидкости;
- минимальная стоимость.

Известно более двадцати методов измерения уровня жидкостей. Рассмотрим наиболее распространенные и пригодные к использованию на подвижных объектах.

Существует множество типов уровнемеров для жидких продуктов. В зависимости от того, различие каких физических свойств веществ воспринимает первичный преобразователь, уровнемеры подразделяют на механические, акустические, электрические, оптические и тепловые [2].

К механическим уровнемерам относятся поплавковые, буйковые, гидростатические и пьезометрические. Все они реализуют абсолютный метод измерения уровня, основанный на использовании различия плотностей веществ, образующих границу раздела.

Находят применение акустические уровнемеры трех основных типов: локационные уровнемеры, уровнемеры поглощения и резонансные. Все они реализуют различные физические явления, связанные с распространением звука в упругой (жидкостной или газовой) среде.

Принцип действия электрических уровнемеров основан на различии электрических свойств жидкостей и газов. В зависимости от того, какой выходной параметр (сопротивление, емкость или индуктивность) первичного преобразователя «реагирует» на изменение уровня, электрические уровнемеры подразделяют на кондуктометрические, емкостные, индуктивные и аналоговые.

При измерении уровня жидкостей оптическими методами могут быть использованы различные явления, связанные с прохождением света через среды, образующие поверхность раздела, – отражение или преломление света на поверхности раздела, ослабление его интенсивности в поглощающей среде и др. Однако на практике наибольшее распространение получили оптические уровнемеры с визуальной фиксацией границы раздела «жидкость – газ» и фотоэлектрические уровнемеры, использующие эффект отражения света от поверхности жидкости.

Тепловые уровнемеры основаны на использовании либо различия температур жидкости и парогазовой смеси над ней (дилатометрические уровнемеры), либо различия их теплопроводности (тензорезисторные уровнемеры). Классификация уровнемеров в зависимости от того, различие каких физических свойств веществ воспринимает первичный преобразователь, приведена на рисунке 97.

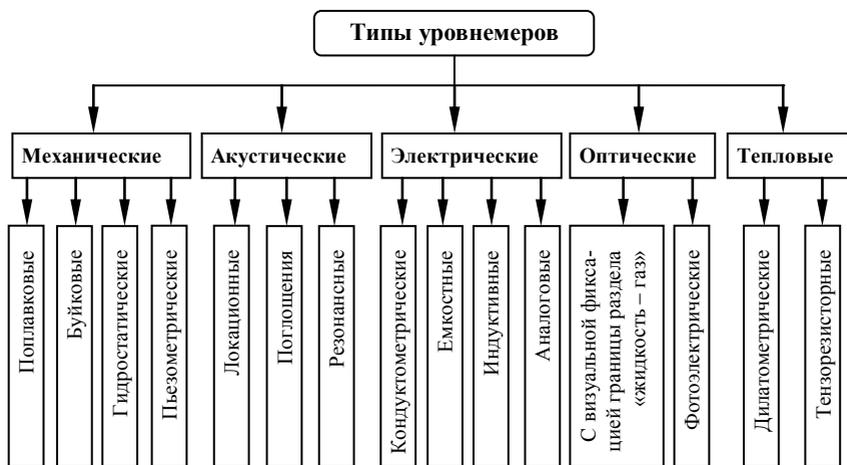


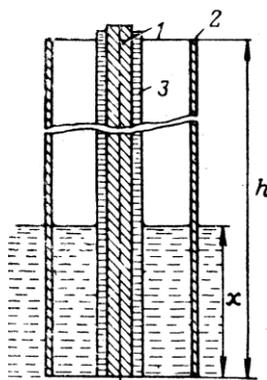
Рисунок 97 – Типы уровнемеров

Существуют также радиоизотопные уровнемеры, принцип действия которых основан на степени поглощения проходящих через вещество в резервуаре гамма-лучей выше или ниже уровня раздела двух сред разной плотности. Приемник и излучатель радиационного излучения перемещаются по всей высоте емкости на специальных лентах с помощью реверсивного электромотора. Комплект состоит из трех блоков: преобразователя, содержащего источник и приемник излучения, электронного блока и показывающего прибора. Использование приборов с радиоизотопными излучателями целесообразно там, где другие методы измерения непригодны, так как этот метод радиационно опасен и требует дополнительных средств безопасности для персонала.

Все перечисленные типы уровнемеров могут быть использованы на МТА, но по таким характеристикам, как условия работы, точность показаний, вредность и цена, наиболее целесообразно применять 3 вида уровнемеров: емкостные, поплавковые с аналоговым выходным сигналом и тензорезисторные. Остановимся на них подробнее.

Принцип действия емкостного топливомера основан на зависимости величины емкости специального конденсатора от уровня топлива в баке.

Чувствительный элемент емкостного топливомера (рисунок 98) представляет собой цилиндрический конденсатор с внутренним электродом 1, внешним 2 и изоляционным слоем 3. Между изоляционным слоем и внешним электродом находится слой жидкости (топливо, кислота), уровень которой необходимо измерить. Если уровень жидкости в баке изменится, то будет изменяться и емкость конденсатора вследствие того, что диэлектрические постоянные жидкости и воздуха различны.



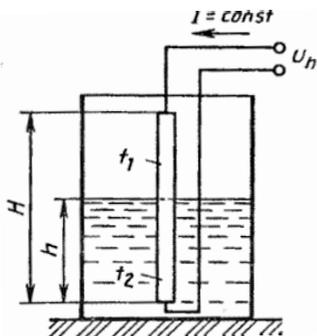
- 1 – внутренний электрод;
- 2 – внешний электрод;
- 3 – изоляционный слой;
- x – измеряемый уровень жидкости;
- h – максимальный уровень жидкости

Рисунок 98 – Схема чувствительного элемента емкостного топливомера

Зонд расположен по оси металлической трубы 3, являющейся наружной обкладкой датчика-конденсатора. Зазор между внешней поверхностью изоляции зонда и наружной обкладкой называется рабочим зазором, сообщающимся через отверстия в нижней центровочной втулке и в наружной трубе с сосудом, в котором измеряется уровень. Жидкость, попадая через эти отверстия в рабочий зазор датчика, изменяет его кажущуюся емкость. Измерительная схема (вторичный преобразователь) регистрирует разность кажущихся емкостей датчика при текущем и нулевом значениях уровня. Вследствие простоты, удобства монтажа и обслуживания, надежности и потенциально высокой точности емкостные уровнемеры находят широкое применение. К недостаткам емкостных уровнемеров относятся высокая чувствительность к изменению электрических свойств жидкостей, обусловленных изменением их состава, температуры и т.п., а также образование на элементах датчика электро-

проводящих или непроводящих пленок вследствие химической активности жидкости, конденсации ее паров, налипания самой жидкости на контактирующие в ней элементы и т.п. Оба указанных недостатка обусловлены появлением существенных дополнительных погрешностей.

Чувствительный элемент тензорезисторных уровнемеров (рисунок 99) представляет собой помещенный в сосуд резистор, электрическое сопротивление которого определяется его температурой.



H – максимальный уровень топлива;
 h – измеряемый уровень топлива;
 t_1 – температура непогруженной измерительной части топливомера;
 t_2 – температура погруженной измерительной части топливомера;
 U_n – номинальное напряжение питания топливомера

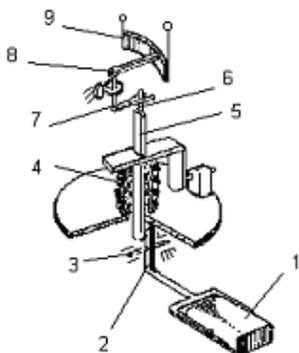
Рисунок 99 – Чувствительный элемент тензорезисторных уровнемеров

Для создания градиентов температур в жидкой и газовой фазах применяют прямой и косвенный подогревы резистора. Прямой подогрев осуществляется за счет тепла, выделяемого при прохождении через резисторы, находящиеся в соприкосновении с различными фазами, которые будут иметь различную температуру и, следовательно, различное электрическое сопротивление. По сопротивлению резистора в данном случае можно судить о текущем значении уровня, т.е. выходным параметром датчика является сопротивление резистора.

Обычно чувствительный элемент тензорезисторных уровнемеров представляет собой вертикально натянутую тонкую проволоку с большим погонным электрическим сопротивлением, что обеспечивает его высокую чувствительность. Основным источником дополнительных погрешностей тензорезисторных уровнемеров является непостоянство температурного коэффициента сопротивления материала резистора.

В поплавковом топливомере на поверхности топлива находится поплавок. Линейное перемещение поплавка или угловое перемещение связанного с ним рычага измеряется и позволяет судить о количестве топлива, находящегося в баке. Датчик состоит из поплавка, механической передачи и электрического преобразователя перемещений (рисунок 100).

Электрический преобразователь перемещений выполнен в виде проволочного потенциометра.



1 – поплавок; 2 – коромысло; 3 – подшипник; 4 – сильфон; 5 – рычаг; 6 – ось; 7 – рычаг; 8 – стрелка; 9 – потенциометр

Рисунок 100 – Датчик поплавкового топливомера

Поплавковым топливомерам свойственны методические и инструментальные погрешности.

К методическим погрешностям относятся:

- погрешности, обусловленные изменением положения топлива в баке при продольных и поперечных колебаниях;
- погрешности, вызванные влиянием температуры на уровень топлива (в соответствии с коэффициентом объемного расширения топлива).

Инструментальные погрешности поплавкового топливомера аналогичны погрешностям других электромеханических топливомеров.

Они определяются несовершенством механических и электрических элементов, наличием сил трения, люфтов, влиянием температуры на механические, электрические и магнитные свойства деталей и узлов, обусловленные приближениями, допущенными при проектировании топливомеров, вызванными изменением напряжения источника питания и т.п.

Методические погрешности в поплавковых топливомерах не компенсируются.

Температурные инструментальные погрешности топливомеров компенсируются подбором параметров схемы.

Сравнительные характеристики рассмотренных уровнемеров приведены в таблице 27.

Таблица 27 – Сравнительные характеристики уровнемеров

| Характеристика | Тип уровнемера | | |
|--|------------------------|----------------------|-----------------|
| | емкостной | тензорезисторный | поплавковый |
| Погрешность измерения, % | 1–3 | 1–2 | 0,5–1 |
| Измерение при наличии пены | погрешность возрастает | влияет незначительно | не влияет |
| Зависимость от температуры | зависит | зависит | не зависит |
| Чувствительность к изменению электрических свойств топлива | чувствителен | чувствителен | не чувствителен |
| Тип выходного сигнала | частотный | аналоговый | аналоговый |
| Нижнее предельное значение контролируемого уровня топлива от дна емкости, мм | 10–20 | 5–10 | 10–15 |

Проведя сравнительный анализ основных характеристик, следует отметить, что универсального уровнемера, полностью пригодного для решения существующих практических задач, нет. Поплавковый с аналоговым выходным сигналом и емкостной с частотным выходным сигналом измерения уровня имеют большой потенциал совершенствования и остаются одними из самых востребованных в современной технике.

Основными преимуществами поплавковых рычажных уровнемеров являются малое количество эксплуатационных ограничений, высокие технические характеристики и близкое к оптимальному соотношение «цена – качество».

Заключение

Проанализировав все типы уровнемеров, рассмотрев принципы их действия и конструктивные особенности в рамках ограничивающих факторов, возникающих в процессе эксплуатации машинно-тракторных агрегатов (работа в условиях вибрации, поперечно-продольных колебаний, изменений температуры и образования пены), наиболее перспективными уровнемерами для систем непрерывного контроля топлива следует считать поплавковый с аналоговым выходным сигналом и емкостной с частотным выходным сигналом. Они имеют простую конструкцию, невысокую стоимость и обеспечивают достаточную точность измерения уровня топлива.

17.10.12

Литература

1. Энергоэффективность аграрного производства / В.Г. Гусаков [и др.] / под общ. ред. В.Г. Гусакова, Л.С. Герасимовича. – Минск: Беларуская навука, 2011. – 776 с.
2. Хансуваров, К.И. Техника измерения давления, расхода, количества и уровня жидкости, газа и пара / К.И. Хансуваров, В.Г. Цейтлин. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 287 с.

УДК 631.3–192

В.К. Клыбик, М.И. Новиков

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

А.В. Новиков

*(УО «БГАТУ»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

**РАНЖИРОВАНИЕ
СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ
ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ
НАДЕЖНОСТЬЮ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ
ТЕХНИКИ**

Под надежностью в соответствии с ГОСТ 27.002–89 понимается «свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, техниче-

ского обслуживания, хранения и транспортирования. Надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения может включать безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость или определенные сочетания этих свойств» [1].

Из приведенного определения видно, что существуют возможности управления надежностью путем организации рациональной эксплуатации и строгого регламентирования мероприятий по техническому обслуживанию, ремонту и хранению техники.

Следовательно, методы прямого управления надежностью через организацию системы эксплуатации являются действенным средством поддержания требуемого уровня надежности и могут быть использованы для целенаправленного прогнозирования ее роста и управления показателями надежности.

Основная часть

На современном этапе сельхозмашиностроения стоит отметить развитие систем непрерывного контроля технического состояния машин путем внедрения ряда датчиков и управляющих электронных блоков. Постоянный мониторинг технического состояния машины позволяет не только спрогнозировать отказ, но и найти причины уже произошедшего отказа техники.

Также следует предать огромное значение организации обратных связей, с помощью которых проектировщик получает информацию о фактической надежности машины, режиме ее эксплуатации и достигнутом уровне надежности в реальных условиях эксплуатации.

В процессе изучения деятельности ремонтных предприятий, передовых хозяйств страны и зарубежного опыта поддержания работоспособности машин были выделены наиболее актуальные методы управления эксплуатационной надежностью.

Способы управления надежностью при эксплуатации сельскохозяйственной техники представлены в таблице 28.

Для ранжирования способов управления надежностью при эксплуатации сельскохозяйственной техники используем метод экспертных оценок [2]. Процедура ранжирования включает формирование группы экспертов, проведение их опроса, обработку результатов, их анализ, получение оценок и выводов.

Для практического использования метода была создана экспертная группа, в которую вошли специалисты (30 человек), связанные с производственной и технической эксплуатацией машинно-тракторного парка.

Для учета мнений экспертам были предложены опросные листы-анкеты, в которых представлены все способы управления надежностью при эксплуатации машин.

Таблица 28 – Способы управления эксплуатационной надежностью сельскохозяйственной техники

| № п/п | Способ | Описание |
|----------------|---|---|
| Х ₁ | Переход от эксплуатации машин по наработке к эксплуатации по фактическому техническому состоянию | Использование встроенной аппаратуры (датчиков, приборов и т.п.) для оценки технического состояния техники в ходе эксплуатации, что позволяет предвидеть момент отказа и своевременно принять меры для восстановления работоспособности |
| Х ₂ | Внедрение диагностирования | Внедрение трехуровневой системы диагностирования: 1 – оперативный мониторинг технического состояния в процессе эксплуатации с регистрацией параметров (бортовые системы); 2 – периодическое диагностирование технического состояния техники стационарными и переносными средствами; 3 – контроль, обкатка и диагностирование после ремонта (стенды и другие стационарные средства) |
| Х ₃ | Совершенствование организации технической эксплуатации | Оптимизация режимов и периодичности диагностирования, ТОиР техники. Обеспечение средствами проведения ТОиР |
| Х ₄ | Внедрение информационной системы управления техническим обслуживанием и ремонтом (далее – ТОиР) и надежностью | Формирование электронных баз данных. Создание электронных паспортов техники на основе информации об эксплуатации, диагностировании и ремонте техники. Выработка вариантов решений для оказания управляющих воздействий. Выработка обобщающих показателей и передача в вышестоящие организации для принятия решений и на заводы-изготовители для повышения надежности на уровне конструирования и изготовления техники |
| Х ₅ | Обеспечение стабильных нормальных режимов работы машины | Строгое соблюдение рекомендаций заводских инструкций по эксплуатации машин. Научно обоснованное составление машинно-тракторных агрегатов для выполнения сельскохозяйственных работ |
| Х ₆ | Внедрение системы управления качеством эксплуатации техники | Повышение уровня материальной и моральной заинтересованности механизаторов в поддержании техники в технически исправном состоянии. Соблюдение дисциплины труда. Повышение исполнительности, добросовестности и хозяйственности механизаторов |
| Х ₇ | Повышение квалификации механизаторов и обслуживающего персонала | Повышение уровня знаний конструкций тракторов, автомобилей и СХМ; организации ТО и ремонта машин; технологии выполнения операций ТО и ремонта машин; правил хранения сельскохозяйственной техники. Знание организационных основ технологии производства полевых механизированных работ и агротехники; технологии выполнения полевых механизированных работ. Повышение качества подготовки машин и орудий, подготовки полей. Знание и соблюдение правил безопасности труда. Образование механизатора |

Процедура опроса заключалась в том, что экспертам предлагалось по 7-балльной системе дать оценку каждому представленному способу. При этом оценка в 7 баллов давалась наиболее весомому способу, 1 балл – наименее весомому. Результаты опроса заносились в сводную таблицу (матрицу рангов).

Для каждого рассматриваемого способа рассчитывался его среднестатистический ранг:

$$R_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n r_{ij}, \quad (1)$$

а также определялось среднеквадратичное отклонение:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (r_{ij} - R_i)^2}{n-1}}, \quad (2)$$

где n – количество экспертов;

r_{ij} – ранг i -го способа, данный j -ым экспертом.

Коэффициент весомости i -го фактора определялся по формуле:

$$\omega_i = \frac{\sum_{j=1}^n r_{ij}}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n r_{ij}}, \quad (3)$$

где k – число оцениваемых факторов.

Показатель ω_i характеризует долю суммы рангов, полученных i -ым способом, в общей сумме рангов. По нему проводили ранжирование: чем больше численное значение ω_i , тем весомее способ.

Относительную согласованность мнений экспертов об отдельных способах оценивали коэффициентом вариации:

$$V_i = \frac{\sigma_i}{R_i}. \quad (4)$$

При $V_i < 0,8$ согласованность мнений можно считать удовлетворительной, при $V_i < 0,3$ – хорошей.

Результаты вычислений приведены в таблице 29.

Общую согласованность мнений экспертов проверяли с помощью коэффициента конкордации:

$$W = \frac{12 \cdot S}{n^2 \cdot (r^3 - r)}, \quad (5)$$

$$S = \sum_{i=1}^k \left[\sum_{j=1}^n r_{ij} - \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n r_{ij} \right]^2, \quad (6)$$

где S – сумма квадратов отклонений всех оценок рангов от среднего значения.

Таблица 29 – Оценка весомости способов управления надежностью сельскохозяйственной техники при ее эксплуатации

| № эксперта | Оцениваемые способы | | | | | | |
|------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | X_5 | X_6 | X_7 |
| 1 | 5 | 6 | 4 | 7 | 2 | 3 | 1 |
| 2 | 7 | 6 | 5 | 3 | 4 | 2 | 1 |
| 3 | 4 | 7 | 6 | 1 | 2 | 3 | 5 |
| 4 | 7 | 6 | 5 | 1 | 4 | 3 | 2 |
| 5 | 6 | 7 | 5 | 4 | 2 | 1 | 3 |
| 6 | 5 | 6 | 7 | 3 | 2 | 1 | 4 |
| 7 | 6 | 7 | 1 | 5 | 2 | 4 | 3 |
| 8 | 5 | 6 | 7 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 9 | 6 | 3 | 5 | 7 | 4 | 1 | 2 |
| 10 | 6 | 7 | 5 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| 11 | 5 | 6 | 1 | 7 | 3 | 2 | 4 |
| 12 | 6 | 7 | 4 | 5 | 2 | 1 | 3 |
| 13 | 5 | 7 | 3 | 6 | 4 | 1 | 2 |
| 14 | 7 | 5 | 6 | 4 | 3 | 1 | 2 |
| 15 | 6 | 7 | 5 | 4 | 1 | 2 | 3 |
| 16 | 7 | 6 | 5 | 3 | 4 | 1 | 2 |
| 17 | 6 | 7 | 5 | 4 | 2 | 1 | 3 |
| 18 | 7 | 5 | 6 | 4 | 2 | 3 | 1 |
| 19 | 6 | 5 | 7 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 20 | 7 | 3 | 6 | 5 | 1 | 2 | 4 |
| 21 | 4 | 6 | 7 | 5 | 2 | 1 | 3 |
| 22 | 5 | 6 | 7 | 3 | 1 | 4 | 2 |
| 23 | 6 | 5 | 7 | 3 | 4 | 2 | 1 |
| 24 | 7 | 6 | 5 | 4 | 2 | 1 | 3 |
| 25 | 5 | 7 | 4 | 6 | 2 | 1 | 3 |
| 26 | 7 | 4 | 5 | 6 | 1 | 3 | 2 |
| 27 | 5 | 6 | 7 | 3 | 1 | 4 | 2 |
| 28 | 5 | 6 | 7 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 29 | 7 | 6 | 5 | 1 | 4 | 2 | 3 |
| 30 | 5 | 6 | 4 | 7 | 3 | 2 | 1 |
| r_i | 175 | 177 | 156 | 126 | 74 | 60 | 72 |
| R_i | 5,8333 | 5,9 | 5,2 | 4,2 | 2,4667 | 2 | 2,4 |
| σ_i | 0,8 | 0,7533 | 1,1733 | 1,32 | 0,9289 | 0,7333 | 0,96 |
| ω_i | 0,2083 | 0,2107 | 0,1857 | 0,15 | 0,0881 | 0,0714 | 0,0857 |
| V_i | 0,1371 | 0,1277 | 0,2256 | 0,3143 | 0,3766 | 0,3667 | 0,4 |

Анализ полученных данных показывает, что коэффициент конкордации $W = 0,97$. Это свидетельствует об удачном подборе состава экспертов.

На основании оценки предложенных экспертам способов управления надежностью сельскохозяйственной техники были получены результаты, представленные на рисунке 101 в порядке их весомости.

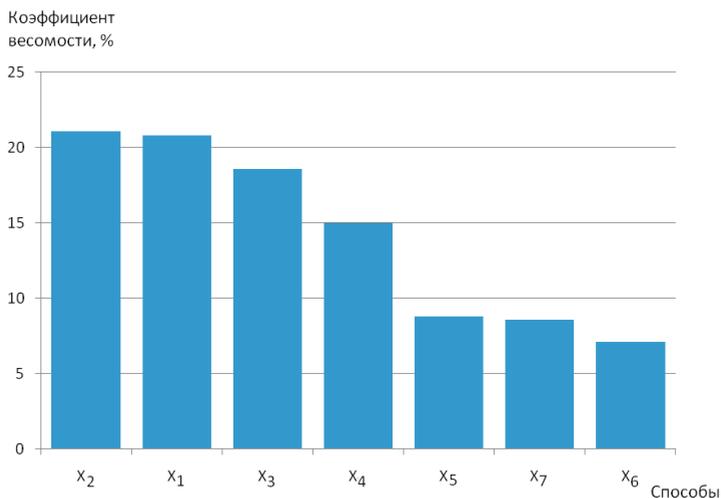


Рисунок 101 – Распределение весомости способа управления надежностью сельскохозяйственной техники

Из рисунка 101 видно, что наиболее весомыми способами управления надежностью машин при эксплуатации являются: X₂ – внедрение диагностирования; X₁ – переход от эксплуатации машин по наработке к эксплуатации по фактическому техническому состоянию, X₃ – совершенствование организации технической эксплуатации, X₄ – внедрение информационной системы управления ТОиР и надежности. Наименьшим весом обладает способ X₆ – внедрение системы управления качеством эксплуатации техники.

Сделанные выводы можно считать достоверными, поскольку, судя по значениям коэффициентов вариации V_i , по всем способам имеется удовлетворительная согласованность мнений экспертов, а по 3 из 4 наиболее весомых способов – хорошая.

Заключение

После проведения ранжирования основных способов управления надежностью были выделены наиболее весомые из них. Способы управления надежностью машин при эксплуатации по своей актуальности выстроились следующим образом: внедрение диагностирования (коэффициент весомости равен 0,2107); переход от эксплуатации машин по наработке к эксплуатации по фактическому техническому состоянию

(коэффициент весомости равен 0,2083); совершенствование организации технической эксплуатации (коэффициент весомости равен 0,1857); повышение квалификации механизаторов и обслуживающего персонала (коэффициент весомости равен 0,15). Наименее весомым было признано внедрение системы управления качеством эксплуатации техники (коэффициент весомости равен 0,0714).

14.06.12

Литература

1. Надежность в технике. Термины и определения: ГОСТ 27.002–89. – Введ. 01.07.90. – М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам. 1990. – 24 с.
2. Бешелев, С.Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гурвич. – М.: Статистика, 1974. – 159 с.

УДК 631.3–192

**И.Л. Подшиваленко, В.А. Хитрюк,
М.А. Недосеко, М.В. Езапенко**

(УО «БГСХА»,

г. Горки, Республика Беларусь)

В.К. Клыбик

(РУП «НПЦ НАН Беларуси

по механизации сельского хозяйства»,

г. Минск, Республика Беларусь)

**РЕЗУЛЬТАТЫ
ИССЛЕДОВАНИЯ
ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ
НАДЕЖНОСТИ
ТРАКТОРОВ
«БЕЛАРУС-3022»**

Введение

Одним из главных направлений повышения эффективности сельского хозяйства Республики Беларусь являются технико-технологическая модернизация и переоснащение машинно-тракторного парка сельскохозяйственных товаропроизводителей. Повышение энергонасыщенности современных тракторов приводит к достаточно быстрому сокращению общего парка с 53,3 до 47,6 тысячи за последние пять лет (на 10,6 %) при одновременном увеличении численности мощных тракторов класса 5 на 48 %.

Поскольку стоимость современных тракторов мощностью 250 л.с. и более достаточно высока, то одним из основных требований наряду с высокой производительностью является их безотказная работа в процессе эксплуатации. В сложившихся обстоятельствах решающее значение имеет обеспечение надежности отдельных узлов и деталей трактора, от которого зависит работоспособность машинно-тракторного агрегата в целом. Простои таких высокопроизводительных агрегатов из-за недостаточной надежности приводят к превышению агротехнических сроков, что в итоге является одной из причин снижения урожайности.

Поскольку тракторы «Беларус-3022» различных модификаций массово начали использоваться в сельскохозяйственных предприятиях только в последние четыре года, вопросы их эксплуатационной надежности исследованы недостаточно. Целесообразно проведение исследований с целью установить основные отказы и причины выхода из строя систем и агрегатов тракторов.

Основная часть

Обследованию подверглись 30 тракторов «Беларус-3022ДЦ.1» 2009–2010 годов выпуска, которые работали в сельхозпредприятиях Могилевской области. Сбор данных о техническом состоянии тракторов осуществлялся в хозяйствах Горецкого района и в технических центрах Могилевской области. В качестве источников информации о техническом состоянии тракторов «Беларус-3022» служили: сервисные книжки, акты рекламации и сведения из технических центров.

Полученные данные были обработаны и итоговые показатели безотказности трактора «Беларус-3022ДЦ.1» сведены в таблицу 30.

Таблица 30 – Показатели безотказности трактора «Беларус-3022ДЦ.1»

| Наименование показателя | Значение показателя |
|---|---------------------|
| 1. Количество машин, шт. | 30 |
| 2. Средняя наработка одной машины, ч | 2460,7 |
| 3. Общее количество отказов, в том числе: | 597 |
| I группы сложности | 87 |
| II группы сложности | 504 |
| III группы сложности | 6 |
| 4. Среднее количество отказов одной машины, в том числе: | 19,9 |
| I группы сложности | 2,9 |
| II группы сложности | 16,8 |
| III группы сложности | 0,2 |
| 5. Нарботка на отказ, ч | 123,6 |

Показатели безотказности систем и агрегатов трактора приведены в таблице 31.

Анализируя полученные данные по отказам тракторов «Беларус-3022ДЦ.1», следует отметить, что при средней наработке на отказ 123,6 ч разброс наработки отдельных тракторов находится в пределах от 72,1 до 471,8 ч.

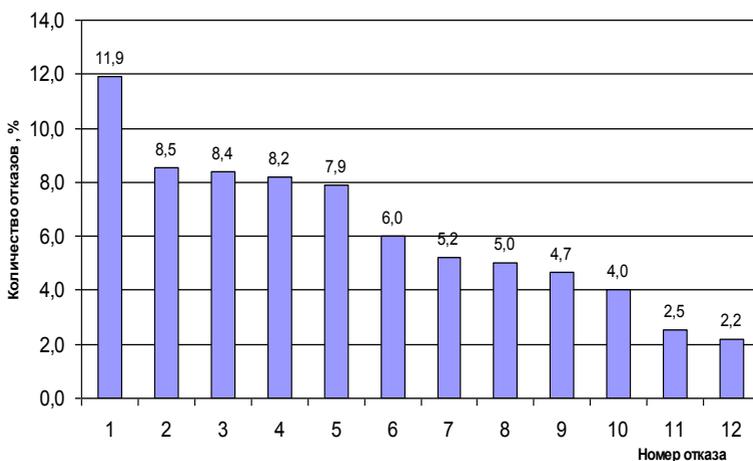
В пяти случаях (17,2 %) наработка на отказ не превысила 100 ч работы; в 15 случаях (51,7 %) наработка находилась в пределах 100–200 ч работы; в двух (6,8 %) – в пределах 200–300 ч. Отмечено 2 случая, когда наработка на отказ превысила 400 ч.

Таблица 31 – Показатели безотказности систем и агрегатов трактора при средней наработке 2460,7 ч основной работы

| Наименование систем и агрегатов | Среднее число отказов | | | | Коэффициент отказов, % | | | |
|---|-----------------------|-------------------|--------------------|------------|------------------------|-------------------|--------------------|------------|
| | I группа отказов | II группа отказов | III группа отказов | Общее | I группа отказов | II группа отказов | III группа отказов | Общее |
| 0400 – двигатель (демпфер) | | 6 | | 6 | | 100 | | 100 |
| 0420 – блок цилиндров в сборе | | 6 | | 6 | | 100 | | 100 |
| 0410 – головка цилиндров | | 1 | | 1 | | 100 | | 100 |
| 0440 – система топливоподачи | 8 | 7 | | 15 | 53 | 47 | | 100 |
| 0430 – система питания воздухом | 5 | 3 | | 8 | 62 | 38 | | 100 |
| 0460 – система водяного охлаждения | 13 | 15 | | 28 | 48 | 52 | | 100 |
| 1010 – водяной радиатор | | 1 | | 1 | | 100 | | 100 |
| 1020 – масляный радиатор | 1 | | | 1 | 100 | | | 100 |
| 1030 – система выпуска | | 2 | | 2 | | 100 | | 100 |
| 1040 – охладитель наддув. воздуха | 6 | | | 6 | | 100 | | 100 |
| 1060 – управление двигателем | | 13 | | 13 | | 100 | | 100 |
| 1070 – средства пуска | | 11 | | 11 | | 100 | | 100 |
| 1110 – кабина (стекла) | | 33 | | 33 | | 100 | | 100 |
| 1120 – система кондиционирования | | 2 | | 2 | | 100 | | 100 |
| 1130 – облицовка | 1 | | | 1 | 100 | | | 100 |
| 0500 – сцепление (гидропривод) | 6 | 41 | 3 | 50 | 12 | 80 | 8 | 100 |
| 0600 – трансмиссия | | | | | | | | 100 |
| 0650 – гидромеханическая КП | | 46 | 3 | 49 | | 94 | 6 | 100 |
| 0660 – ведущие мосты | | 9 | | 9 | | 100 | | 100 |
| 0670 – конечные передачи | | 16 | | 16 | | 100 | | 100 |
| 0680 – передний ведущий мост | 7 | 44 | | 51 | 14 | 86 | | 100 |
| 0690 – вал отбора мощности | | 8 | | 8 | | 100 | | 100 |
| 0700 – ходовая система | | | | | | | | 100 |
| 0740 – колеса | | 1 | | 1 | | 100 | | 100 |
| 0750 – шины | | 31 | | 31 | | 100 | | 100 |
| 0810 – управление поворотом трактора | 2 | 8 | | 10 | 20 | 80 | | 100 |
| 0820 – гидр. система мех. поворота (гидросилитель рулевого управления (далее – ГОРУ)) | 14 | 33 | | 47 | 30 | 70 | | 100 |
| 0830 – рабочие тормоза | | 5 | | 5 | | 100 | | 100 |
| 0840 – стояночный тормоз | | | | | | | | 100 |
| 0850 – пневмосистема привода тормозов прицепа | 1 | 23 | | 24 | 4 | 96 | | 100 |
| 0900 – гидронавесная система | | | | | | | | 100 |
| 0910 – агрегаты гидронавесной системы | 8 | 31 | | 39 | 20 | 80 | | 100 |
| 0920 – навесная система (течи распределителей высокого давления (РВД)) | | 32 | | 32 | | 100 | | 100 |
| 0200 – электрооборудование | | | | | | | | 100 |
| 0210 – генератор | 1 | 4 | | 5 | 20 | | | 100 |
| 0220 – стартер (система пуска) | | 7 | | 7 | | 100 | | 100 |
| 0230 – регулятор напряжения | | 3 | | 3 | | 100 | | 100 |
| 0240 – аккумуляторы (нет зарядки) | 7 | 23 | | 30 | 24 | 76 | | 100 |
| 0260 – светотехника | 1 | 3 | | 4 | 25 | 75 | | 100 |
| 0270 – коммутационная аппаратура | 5 | 9 | | 14 | 37 | 63 | | 100 |
| 0300 – приборы | | 4 | | 4 | | 100 | | 100 |
| 0320 – указатели | | 5 | | 5 | | 100 | | 100 |
| 0330 – датчики | | 8 | | 8 | | 100 | | 100 |
| 0340 – другие приборы (свечи накала) | 1 | 12 | | 13 | 7,5 | 92,5 | | 100 |
| Итого | 87 | 504 | 6 | 597 | 14,5 | 84,4 | 1,1 | 100 |

Основными отказами, приводящими к простою тракторов, являются:

- отказы элементов топливной системы – 15 случаев;
- отказы системы охлаждения – 28;
- отказы в системе управления двигателем – 13;
- самопроизвольное разрушение стекол кабины – 36;
- отказы, связанные с коробкой передач – 49;
- отказы сцепления в основном из-за нарушения герметичности системы привода – 50;
- неисправности в переднем ведущем мосту – 51;
- расслоение шин или негерметичность – 31;
- отказы и неисправности в системе ГОРУ – 47;
- отказы пневмосистемы – 24;



1 – неисправности гидронавесной системы; 2 – неисправности в переднем ведущем мосту; 3 – отказы сцепления в основном из-за нарушения герметичности системы привода; 4 – отказы, связанные с коробкой передач; 5 – отказы и неисправности в системе ГОРУ; 6 – самопроизвольное разрушение стекол кабины; 7 – расслоение шин или негерметичность; 8 – отсутствие зарядки аккумуляторов; 9 – система охлаждения; 10 – отказы пневмосистемы; 11 – элементы топливоподдачи; 12 – отказы в системе управления двигателем

Рисунок 102 – Распределение отказов систем и узлов трактора «Беларус-3022»

- неисправности гидронавесной системы – 71;
- отсутствие зарядки аккумуляторов – 30.

Проведенный анализ отказов трактора «Беларус-3022ДЦ» показал (рисунок 102), что заводу-изготовителю следует проводить работу по дальнейшему совершенствованию конструкции и повышению качества изготовления основных узлов. Кроме того, учитывая, что основная доля приходится на отказы I и II групп сложности (почти 99 % от общего количества), необходимо уделять серьезное внимание модернизации ре-

монтажно-обслуживающей базы сельскохозяйственных предприятий и обучению ремонтного персонала. Это позволит наиболее простые и часто встречающиеся отказы устранять на месте, тем самым снизив время простоя тракторов за счет экономии времени, затрачиваемого на вызов и проезд специалистов сервисных служб.

Заключение

Проведенный анализ числа неисправностей, возникших у 30 тракторов марки «Беларус-3022ДЦ», показал, что при средней наработке 2460 моточасов на один трактор приходится 19,9 отказов. Средняя наработка на отказ составила 123,6 часа при разбросе наработки отдельных тракторов в пределах от 72,1 до 471,8 ч. Полученные результаты планируется использовать при обосновании стратегии управления техническим состоянием машин по максимуму коэффициента технического использования.

10.09.12

Литература

1. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения: ГОСТ 27.002-89. – Введ. 01.07.90. – М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1990. – 32 с.
2. Беларус 2522В/2522ДВ/2822ДЦ/3022В/3022ДВ и их модификации: руководство по эксплуатации / сост. А.В. Рунов [и др.]; гл. ред. И.Н. Усс. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: РУП «Минский тракторный завод», 2008. – 395 с.

УДК 631.333.53

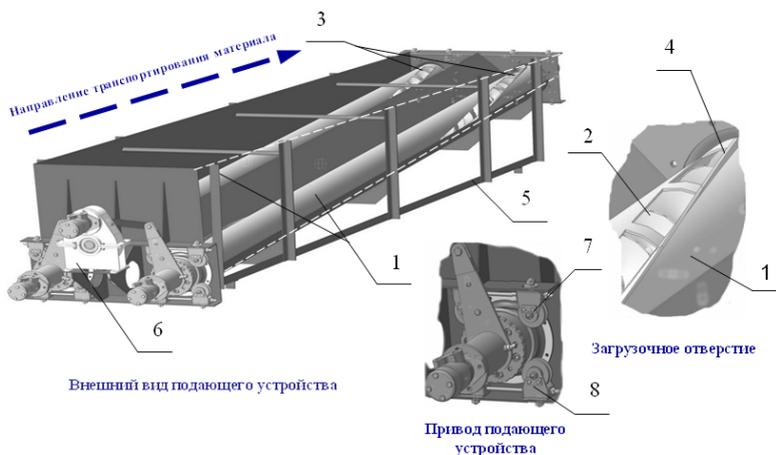
В.В. Голдыбан

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

ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ КОНСТРУКТИВНО- КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ШНЕКОВОГО ПОДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Введение

С целью снижения энергоемкости внесения минеральных удобрений прицепными машинами нами предложено подающее устройство [1], состоящее из кожухов и винтов. Кожухи выполнены цилиндрическими с возможностью вращения и имеют спиралевидные ленточные вырезы с шагом, равным длине днища кузова (рисунок 103). Удобрения из кузова поступают внутрь подающего устройства через загрузочную часть и транспортируются через дроссельную секцию устройства к распределяющим рабочим органам, не подвергаясь давлению столба материала, загруженного в кузов машины. Загрузочная часть (отверстие) представляет собой видимую сверху часть спиралевидного ленточного выреза в кожухе.



1 – кожух; 2 – винт; 3 – загрузочное отверстие; 4 – скребок; 5 – рама;
6 – механизм привода; 7 и 8 – упорные и опорные ролики

Рисунок 103 – Шнековое подающее устройство

На этапе проектирования основных элементов подающего устройства необходимо определить их основные конструктивно-кинематические параметры, обеспечивающие стабильную и непрерывную работу устройства с заданной производительностью.

Основная часть

Расчет частоты вращения винта и кожуха подающего устройства. Основной технологической характеристикой подающего устройства является его производительность $W_{ПВ}$ (кг/с), которая, исходя из гектарной дозы внесения, задаваемой агротехническими требованиями, определяется по формуле:

$$W_{ПВ} = \frac{Qv_{м}B_{м}}{3,6 \times 10^4}, \quad (1)$$

где Q – норма высева удобрений по агротехническим требованиям, кг/га;

$v_{м}$ – рабочая скорость машины, км/ч;

$B_{м}$ – рабочая ширина захвата машины, м.

Пропускная способность винтового транспортирующего органа определяется зависимостью:

$$W_{в} = 0,0131(D^2 - d^2)Sn_{в}\psi\gamma c, \quad (2)$$

где D – диаметр наружной кромки винта, м;

d – диаметр внутренней кромки винта, м;

S – шаг витков винта, м;

$n_{в}$ – число оборотов винта, мин⁻¹;

ψ – коэффициент наполнения;
 γ – насыпная плотность материала, $кз/м^3$;
 c – поправочный коэффициент, учитывающий угол наклона подающего устройства к горизонту [2, с. 359].

Приравняв правые части выражений (1) и (2) и решив полученное выражение относительно частоты вращения винта, получим:

$$n_b = \frac{Q v_m B_m}{471(D^2 - d^2)S \psi \gamma c}. \quad (3)$$

Рассмотрим, каким образом режимы работы винта и кожуха подающего устройства должны быть увязаны между собой.

Согласно конструктивной схеме подающего устройства, для обеспечения равномерной и непрерывной подачи удобрений на распределяющие рабочие органы необходимо, чтобы время прохождения загрузочной частью кожуха участка, равного половине длины днища кузова ($t_{зч}$), не превышало бы времени перемещения винтом удобрений от передней стенки кузова к задней (t_b). Здесь важно соблюдение условия:

$$t_{зч} \leq t_b. \quad (4)$$

Время прохождения загрузочной частью кожуха расстояния $l_k/2$ определяется по формуле:

$$t_{зч} = \frac{0,5l_k}{v_{зч}}, \quad (5)$$

где l_k – длина днища кузова, равная периоду синусоиды, образующей ленточный вырез в кожухе, $м$;

$v_{зч} = l_k n_k / 60$ – поступательная скорость загрузочной части, $м/с$;

n_k – частота вращения кожуха, $мин^{-1}$.

$$t_b = \frac{l_k}{v_b}, \quad (6)$$

где $v_b = S n_b / 60$ – скорость продольного перемещения удобрений винтом, $м/с$.

С учетом выражений (5) и (6) неравенство (4) примет вид:

$$n_k \leq \frac{S n_b}{2l_k}. \quad (7)$$

Неравенство (7) устанавливает взаимосвязь между режимами работы винта и кожуха. Его соблюдение обеспечивает равномерное истечение материала по всей длине кузова, а также стабильную и непрерывную подачу удобрений на распределяющие рабочие органы.

Расчет ширины загрузочной части кожуха подающего устройства.
 В предложенной нами конструкции подающего устройства удобрения из кузова поступают на витки шнека через загрузочную часть в кожухе,

образованную пересечением двух синусоид y_1 и y_2 на участке, равном половине длины днища кузова (рисунок 104):

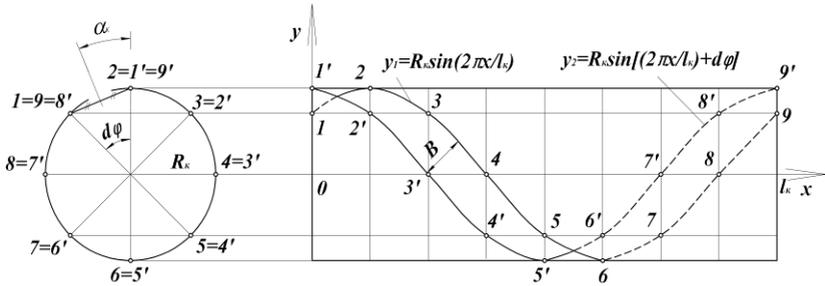


Рисунок 104 – Схема к расчету ширины загрузочной части кожуха подающего устройства

$$y_1 = R_k \sin \frac{2\pi x}{l_k}; \quad (8)$$

$$y_2 = R_k \sin \left(\frac{2\pi x}{l_k} \pm \Delta\varphi \right), \quad (9)$$

где $R_k = 0,5 \cdot D_k$ – наружный радиус кожуха, м;

D_k – наружный диаметр кожуха, м;

$\Delta\varphi$ – центральный угол (рисунок 104), на который смещены синусоиды y_1 и y_2 друг относительно друга, град.

Знак «±» в выражении (9) зависит от направления откладывания угла $\Delta\varphi$: «+» – по часовой стрелке, «-» – против часовой стрелки.

Удобрения из кузова движутся к загрузочной части кожуха в пределах определенной зоны, так называемого канала истечения, вне которой материал находится в неподвижном состоянии [3]. В движущемся материале реализуется предельное «активное» напряженное состояние [4], характеризующееся уплотняющим напряжением σ_1 . Для определения этого напряжения применяют метод бесконечно малых слоев (плоских сечений), базирующийся на кулоновском подходе о постулировании формы поверхности скольжения, впервые предложенный Янсеном [5]. Исходное исследование Янсена содержит два важных предположения: первое состоит в том, что осевые напряжения не зависят от радиальной координаты и являются функциями только вертикальной координаты h ; в соответствии со второй гипотезой отношение осевых напряжений для любой точки сыпучей среды является постоянной величиной, называемой коэффициентом бокового давления.

Рассмотрим, как изменяется напряженное состояние истекающих из кузова удобрений в различных сечениях загрузочной части кожуха.

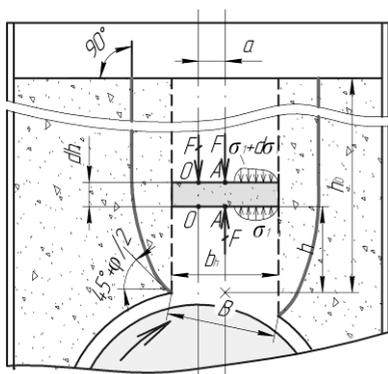


Рисунок 105 – Схема к расчету уплотняющего напряжения

Для этого выделим в столбе удобрений, движущихся через выпускное отверстие, образованное пересечением загрузочной части с вертикальной плоскостью, проходящей через диаметрально сечение кожуха, бесконечно тонкий элементарный слой квадратного сечения между двумя горизонтальными плоскостями – h и $h + \Delta h$ (рисунок 3). На первую плоскость действует напряжение σ_1 снизу вверх, на вторую – напряжение $\sigma_1 + d\sigma_1$ сверху вниз.

На слой материала действует также собственный вес $g\gamma S_h dh$, где dh – высота слоя материала (м), $S_h = b_h^2$ – площадь проекции на горизонтальную плоскость рассматриваемого слоя материала со стороны b_h (м²), g – ускорение свободного падения (м/с²).

Кроме этих сил, если начать вращать винт, в самом начале движения вследствие давления движущихся удобрений на стенки канала истечения возникает направленное вверх сопротивление трения, вызванное касательным напряжением τ .

Пусть $P_h = 4b_h$ – периметр слоя материала dh , тогда поверхность части стенок, ограничивающей рассматриваемый слой, будет $P_h dh$. Так как величина dh бесконечно мала, то боковое давление на единицу площади в пределах этого слоя материала можно принять постоянным. Полное боковое давление равно $P_h \tau dh$.

Поворот кожуха вызовет смещение рассматриваемого слоя материала на величину a , называемую эксцентриситетом.

Определим вид нагружения смещенного элементарного слоя материала относительно его первоначального положения. Для этого воспользуемся приемом приведения силы к точке: к точке O прикладываем силу, равную осевой сжимающей силе F , и, чтобы не нарушить равновесия, силу, численно равную F , но противоположно ей направленную (рисунок 105). Силы F , перечеркнутые одним штрихом, создают пару сил, т.е. изгибающий момент $M = F \times a$, а оставшаяся перечеркнутая сила вызывает сжатие. Такой вид нагружения в сопротивлении материалов называется внецентренным сжатием [6, с. 283].

Для определения наибольшего главного уплотняющего напряжения по принципу независимости действия сил (принцип суперпозиции) с учетом принятого правила знаков алгебраически просуммируем нор-

мальные напряжения от действия каждого из внутренних силовых факторов в отдельности:

$$d\sigma_1 = \frac{F}{b_h^2} \left(1 + \frac{6a}{b_h} \right). \quad (10)$$

Запишем условие равновесия всех действующих на слой сил:

$$F + S_h \gamma dh = P_h \tau dh. \quad (11)$$

Сжимающую силу F определим из уравнения (10):

$$F = \frac{b_h^3 d\sigma_1}{b_h + 6a}. \quad (12)$$

Касательные напряжения определим по формуле [7, с. 152]:

$$\tau = \sigma_1 m' f, \quad (13)$$

где m' – коэффициент подвижности удобрений;

f – коэффициент внутреннего трения.

$$m' = 1 + 2f^2 - 2f^2 \sqrt{1 + f^2}. \quad (14)$$

С учетом уравнений (12) и (13) выражение (11) примет следующий вид:

$$\frac{b_h^3 d\sigma_1}{b_h + 6a} + g \gamma b_h^2 dh = 4m' f b_h \sigma_1 dh. \quad (15)$$

Для упрощения дальнейших расчетов разделим правую и левую части выражения (15) на $b_h^2 l_h dh$:

$$\frac{d\sigma_1}{dh} \left(\frac{b_h}{b_h + 6a} \right) = \frac{4m' f \sigma_1}{b_h} - \gamma g; \quad (16)$$

$$\frac{d\sigma_1}{dh} = \frac{4m' f (b_h + 6a) \sigma_1}{b_h^2} - \gamma g \left(\frac{b_h + 6a}{b_h} \right). \quad (17)$$

Далее полученное дифференциальное уравнение приводится к уравнению с разделенными переменными, решая которое, получим:

$$\sigma_1 = \frac{\gamma g b_h \left(1 - e^{4m' f (b_h + 6a)(h - h_0) / b_h^2} \right)}{4m' f}. \quad (18)$$

При смещении загрузочной части от центра кожуха к его периферии ширина элементарного слоя b_h и горизонтальная координата его расположения a изменяются следующим образом:

$$b_h = B \cos \alpha_k. \quad (19)$$

$$a = R_k \sin \alpha_k. \quad (20)$$

Приращением h и h_0 при повороте кожуха пренебрегаем, длину l_h принимаем равной единичному отрезку. После этого выражение для определения уплотняющего напряжения в канале истечения примет вид

$$\sigma_1 = \frac{g\gamma B \cos \alpha_{\kappa} \left(1 - e^{4m'f(B \cos \alpha_{\kappa} + 6R_{\kappa} \sin \alpha_{\kappa})(h-h_0)/(B^2 \cos^2 \alpha_{\kappa})} \right)}{4m'f}. \quad (21)$$

Для подающих устройств с малой шириной загрузочной части кожуха разностью в скобках в выражении (21) пренебрегают:

$$\sigma_1 = \frac{g\gamma B \cos \alpha_{\kappa}}{4m'f}. \quad (22)$$

При изменении угла α_{κ} от 0° до 90° для $B = 0,8$ м (рисунок 104) уплотняющее напряжение σ_1 изменяется от максимального своего значения до нуля. Основная причина этого связана с уменьшением проходного сечения канала истечения.

Выявим влияние положения загрузочной части кожуха на скорость истечения из нее удобрений. Запишем теорему об изменении кинетической энергии элементарного слоя dh массой $m_h = \gamma dh S_h$ (рисунок 105), совершающего прямолинейное движение под действием собственного веса $G_h = g\gamma S_h dh$:

$$\frac{m_h v_u^2}{2} - \frac{m_h v_0^2}{2} = G_h dh, \quad (23)$$

где v_u и v_0 – скорость истечения удобрений через загрузочную часть кожуха при включенном винте и ее начальное значение, м/с.

При неработающем подающем устройстве $v_0 = 0$. Тогда

$$\frac{m_h v_u^2}{2} = G_h \frac{m_h}{\gamma S_h}; \quad (24)$$

$$v_u = \sqrt{\frac{2G_h}{\gamma S_h}}. \quad (25)$$

В последнем выражении отношение G_h/S_h представляет собой напряжение σ_h в поперечном сечении канала истечения единичной длины l_h . С учетом этого выражение (25) примет вид:

$$v_u = \sqrt{\frac{2\sigma_h}{\gamma}}. \quad (26)$$

При нормальном виде истечения удобрений из кузова, когда размеры загрузочной части кожуха подающего устройства малы по сравнению с размерами кузова и давление в канале относится к виду местных напряжений, вертикальное уплотняющее напряжение определяется по уравнению (22). С учетом этого выражение (18) примет вид:

$$v_u = \sqrt{\frac{gB \cos \alpha_{\kappa}}{2m'f}}. \quad (27)$$

Из выражения (27) видно, что скорость истечения материала через загрузочную часть кожуха не зависит от уровня материала в кузове, а определяется размерами выпускного отверстия и видом материала, подлежащего внесению.

Полученные выражения (22) и (27) объясняют физическую сущность тех явлений и процессов, которые происходят над загрузочной частью кожуха при включении подающего устройства, они же являются исходной информацией для определения размеров загрузочной части.

Чтобы в загрузочной части не создавался избыток удобрений, следовательно, была бы исключена возможность забивания, необходимо, чтобы количество удобрений, поступающее в загрузочную часть в единицу времени $W_{зч}$ ($\kappa\text{з}/\text{с}$), не превышало пропускной способности винта $W_{в}$ ($\kappa\text{з}/\text{с}$). С другой стороны, если в загрузочную часть в секунду поступает удобрений меньше величины $W_{в}$, то подающее устройство не обеспечивает необходимой производительности [8].

Оптимальные условия работы шнекового подающего устройства обеспечиваются при одинаковом количестве удобрений, поступающих на винт и транспортируемых им к выгрузному отверстию:

$$W_{зч} = W_{в}. \quad (28)$$

Производительность загрузочной части ($\kappa\text{з}/\text{с}$) определится как

$$W_{зч} = F_{зч} v_u \gamma, \quad (29)$$

где $F_{зч}$ – площадь загрузочной части, м^2 ;

v_u – скорость истечения удобрений, определяемая по выражению (27).

Площадь загрузочной части кожуха (рисунок 103) с учетом выражений (8) и (9) определится по выражению

$$\begin{aligned} F_{зч} &= \int_0^{l_k/2} (y_1 - y_2) dx = \int_0^{l_k/2} (y_1 - y_2) dx = \left(R_k \sin \frac{2\pi x}{l_k} - R_k \sin \left(\frac{2\pi x}{l_k} - \Delta\varphi \right) \right) dx = \\ &= \int_0^{l_k/2} 2R_k \cos \left(\frac{2\pi x}{l_k} - \Delta\varphi \right) \times \sin \frac{\Delta\varphi}{2} dx = 2R_k \sin \frac{2\pi x}{l_k} \times \left(\sin \left(\frac{2\pi x}{l_k} - \frac{\Delta\varphi}{2} \right) \times \frac{l}{2\pi} \right) \Big|_0^{l_k/2} = (30) \\ &= \frac{l_k R_k}{\pi} \sin^2 \frac{\Delta\varphi}{2} = \frac{l_k R_k}{\pi} \times \frac{B^2}{4R_k^2} = \frac{l_k B^2}{4\pi R_k}. \end{aligned}$$

Учитывая, что скорость истечения удобрений в различных сечениях загрузочной части кожуха является величиной переменной, выражение (29) для определения производительности загрузочной части кожуха запишется как

$$dW_{зч} = \gamma \frac{l_k}{4\pi R_k} \sqrt{\frac{gB^5 \cos \alpha_k}{2m' f}} d\alpha_k. \quad (31)$$

Проинтегрировав равенство (31) в пределах от $-\pi/2$ до $\pi/2$, получим

$$W_{\text{зп}} = \gamma \frac{l_{\text{к}}}{4\pi R_{\text{к}}} \sqrt{\frac{gB^5}{2m'f}} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \sqrt{\cos \alpha_{\text{к}}} d\alpha_{\text{к}}. \quad (32)$$

Интеграл $\int_{-\pi/2}^{\pi/2} \sqrt{\cos \alpha_{\text{к}}} d\alpha_{\text{к}}$ в выражении (32) не берется, т.к. первооб-

разная функции, находящейся в подынтегральном выражении, не может быть выражена как комбинация элементарных функций, связанных знаками арифметических действий и знаками композиций. Поставленная задача с успехом решается при помощи пакета прикладных математических задач *Mathematica*: так,

$$\int_{-\pi/2}^{\pi/2} \sqrt{\cos \alpha_{\text{к}}} d\alpha_{\text{к}} = 2,39628.$$

Для определения ширины загрузочной части кожуха подающего устройства приравняем правые части выражений (2) и (32):

$$\gamma \frac{0,6l_{\text{к}}}{\pi R_{\text{к}}} \sqrt{\frac{gB^5}{2m'f}} = 0,0131(D_{\text{в}}^2 - d^2)Sn_{\text{в}}\eta\gamma c. \quad (33)$$

Решив уравнение (33) относительно B , получим выражение для определения ширины загрузочной части кожуха подающего устройства:

$$B = \sqrt[5]{\frac{m'f}{g} \left(\frac{0,27(D_{\text{в}}^2 - d^2)SR_{\text{к}}n_{\text{в}}\eta c}{l_{\text{к}}} \right)^2}. \quad (34)$$

Так как данное выражение получено для стационарного режима работы подающего устройства и не учитывает воздействия вибраций, а также режима и длительности хранения удобрений в кузове, то для обеспечения стабильности работы подающего устройства материалом А.В. Дженике [9, с. 308] предлагает ширину загрузочной части брать примерно на 25 % больше расчетной.

С учетом сказанного выражение (34) примет вид:

$$B = \sqrt[5]{\frac{m'f}{g} \left(\frac{2,51(D_{\text{в}}^2 - d^2)SR_{\text{к}}n_{\text{в}}\eta c}{l_{\text{к}}} \right)^2}. \quad (35)$$

На рисунке 106 по данным теоретических исследований представлены зависимости изменения ширины загрузочной части кожуха от частоты вращения винта и шага его витков.

Так, для обеспечения максимальной дозы внесения минеральных удобрений 700 кг/га , что соответствует частоте вращения винтов подающего устройства 45 мин^{-1} , ширина загрузочной части кожуха должна быть равной $0,04 \text{ м}$.

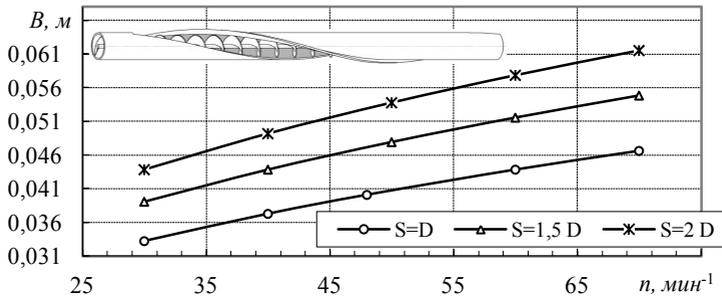


Рисунок 106 – Зависимость ширины загрузочной части кожуха от частоты вращения и шага винта

Выводы

Выражения (7) и (35) являются необходимыми условиями нормальной работы шнекового подающего устройства. Неравенство (7) устанавливает взаимосвязь между режимами работы винта и кожуха. Его соблюдение обеспечивает равномерное истечение материала по всей длине кузова. Ширина B , рассчитанная по выражению (35), позволяет согласовать пропускную способность (производительность) загрузочной части кожуха с транспортирующей способностью винта, обеспечить равномерную и непрерывную подачу материала на распределяющие рабочие органы.

Результаты приведенных расчетов использованы при разработке опытного образца машины для внесения минеральных удобрений МШВУ-18.

23.05.12

Литература

1. Разбрасыватель минеральных удобрений: пат. 12401 Респ. Беларусь, МПК 2006 А 01 С 15/00 / Л.Я. Степук, В.В. Голдыбан, С.А. Казаченок, П.И. Нитиевский; заявитель РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – № 20070357; заявл. 04.04.07; опубл. 16.06.09 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – № 5. – С. 37.
2. Спиваковский, А.О. Транспортирующие машины / А.О. Спиваковский, В.К. Дьячков. – М.: Машиностроение, 1968. – 504 с.
3. Степук, Л.Я. Исследование характера истечения удобрений через ленточный вырез в кожухе подающего устройства / Л.Я. Степук, В.В. Голдыбан // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С. 43–49.
4. Walker, D.M. An Approximate Theory for Pressures and Arching in Hoppers / D.M. Walker // Chemic. Eng. Science. – 1966. – Vol. 21. – P. 975–997.

5. Janssen, H.A. Versuche uber Getreidedruck in Silozellen / H.A. Janssen // Z.d. VDI. – 1895. – № 35. – P. 1045–1049.
6. Рудицын, М.Н. Справочное пособие по сопротивлению материалов / М.Н. Рудицын, П.Я. Артемов, М.И. Любошиц. – Минск: Вышэйшая школа, 1970. – 630 с.
7. Зенков, Р.Л. Механика насыпных грузов / Р.Л. Зенков. – М.: Машиностроение, 1952. – 216 с.
8. Обертышев, А.И. Длина загрузочного окна винтового транспортера / А.И. Обертышев // Механизация и электрификация соц. сельского хозяйства. – 1964. – № 1. – С. 56–57.
9. Wright, H. An Evaluation of the Jenike Bunker Design Method / H. Wright // Engineering for Industry. Transactions of the ASME, Series B. – 1969. – № 2. – P. 301–308.

УДК 631.3:631.174

П.П. Бегун

(РУП «НПЦ НАН Беларуси

по механизации сельского

хозяйства),

г. Минск, Республика Беларусь)

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПО ЛОПАСТИ БАРАБАНА ВЫРАВНИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Введение

Центробежные разбрасыватели в парке машин по внесению минеральных удобрений составляют почти 100 %. Однако они не обеспечивают требуемого качества внесения. Одной из причин тому является пульсирующая подача удобрений на распределяющий рабочий орган. Устранить этот недостаток возможно с использованием на прицепных разбрасывателях выравнивающего устройства [1].

Известно, что снижение неравномерности внесения удобрений на 1 % ведет к увеличению прибавки урожая за их счет также на 1 %, и наоборот [2]. То есть существует прямая зависимость между неравномерностью внесения и эффективностью применения удобрений. Поэтому снижение неравномерности внесения удобрений является важной народнохозяйственной задачей.

Лопастной барабан является основным рабочим органом двухступенчатого выравнителя потока минеральных удобрений центробежного рассеивателя РУ-7000, влияющим на равномерность подачи удобрений в туконаправитель и далее на распределяющие рабочие органы. Технологический процесс его работы описан в [1].

Целью данной работы является исследование движения частицы удобрений по лопасти вращающегося барабана, выявление характера этого движения, определение сил, действующих на частицу, что в ко-

в конечном итоге позволит определить абсолютную скорость схода частиц с лопасти и угол их схода, необходимый для обоснования рациональных параметров выравнивающего устройства.

Основная часть

Для решения данной задачи примем некоторые допущения:

- частицы удобрений являются абсолютно твердыми телами, совершающими движение обособленно, независимо друг от друга;
- сопротивление воздуха при движении частицы отсутствует ввиду малой скорости движения;
- частица удобрений является материальной точкой, поскольку ее размеры в сравнении с размерами барабана малы.

Приняв указанные допущения, теоретически исследуем движение частицы минеральных удобрений по лопасти барабана.

На частицу b (рисунок 107) при движении по поверхности лопасти барабана, вращающегося вокруг оси O с некоторой угловой скоростью ω , действуют следующие силы:

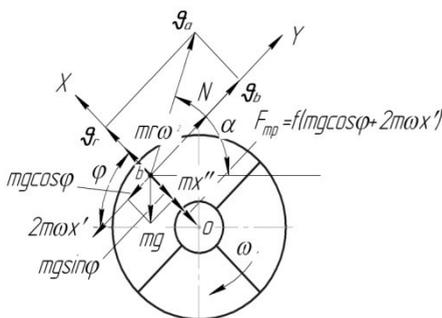


Рисунок 107 – К определению абсолютной скорости полета частиц удобрений

- Кориолисова (поворотная) сила инерции, которая прижимает частицу к лопасти,

$$F_k = 2 \cdot m \cdot \omega \cdot v;$$

- тангенциальная сила инерции

$$F_t = m \cdot a;$$

- сила трения, возникающая от действия сумм нормальных сил на поверхности лопасти,

$$F_{mp} = f \cdot N,$$

где f – коэффициент трения частицы по поверхности лопатки (для стали $f = 0,31 \dots 0,76$ [3, с. 354]);

N – нормальная реакция, H ;

m – масса частицы, $кг$;

a – ускорение, $м/с^2$.

- составляющая силы веса частицы в плоскости лопасти

$$G_x = m \cdot g \cdot \sin \varphi;$$

- составляющая силы веса частицы в направлении, перпендикулярном поверхности лопасти,

$$G_y = m \cdot g \cdot \cos \varphi;$$

- центробежная сила инерции

$$P = m \cdot \omega^2 \cdot r;$$

Положение частицы на лопасти определяется расстоянием до оси барабана и углом φ .

Выберем систему прямоугольных координат, у которой ось абсцисс bx лежит в плоскости скольжения частицы удобрений.

Составим уравнение равновесия, взяв сумму проекций всех сил на оси координат:

$$\begin{cases} mr\omega^2 - mg \sin \varphi - fN - mx'' = 0; \\ mg \cos \varphi + 2m\alpha x' - N = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Исключив из этих уравнений силы N и произведя ряд преобразований, получим дифференциальное уравнение относительного движения частицы по лопасти:

$$x'' + 2f\alpha x' - r\omega^2 = -g(f \cos \varphi + \sin \varphi). \quad (2)$$

Это неоднородное линейное дифференциальное уравнение второго порядка. Решение такого уравнения может быть найдено как сумма общего решения соответствующего ему однородного уравнения \bar{x} и частных решений неоднородной части x^* [4, с. 97], то есть:

$$x = \bar{x} + x^*. \quad (3)$$

Однородное дифференциальное уравнение второго порядка, соответствующее неоднородному уравнению (2), будет равно:

$$\frac{d^2 r}{dt^2} - 2 \cdot f \cdot \omega \cdot \frac{dr}{dt} - \omega^2 \cdot r = 0. \quad (4)$$

Его характеристическое уравнение представим в виде:

$$k^2 + 2 \cdot f \cdot \omega \cdot k - \omega^2 = 0. \quad (5)$$

Определим значения корней k_1 и k_2 характеристического уравнения (5):

$$k_{1,2} = \frac{-2f\omega \pm \sqrt{4f^2\omega^2 + 4\omega^2}}{2} = -f\omega \pm \omega\sqrt{f^2 + 1},$$

или

$$\begin{aligned} k_1 &= \omega(-f + \sqrt{f^2 + 1}); \\ k_2 &= -\omega(f + \sqrt{f^2 + 1}). \end{aligned} \quad (6)$$

Корни характеристического уравнения (5) при всех значениях ω и f будут действительными числами. Поэтому сама дополнительная функция представится выражением:

$$\bar{x} = e^{t \cdot k_1} \cdot C_1 + e^{t \cdot k_2} \cdot C_2, \quad (7)$$

где C_1 и C_2 – произвольные постоянные.

Частное решение неоднородного уравнения (3) ищем в виде:

$$x^* = A \cdot \cos(\omega \cdot t) + B \cdot \sin(\omega \cdot t), \quad (8)$$

где A и B – неопределенные коэффициенты.

Дифференцируя уравнения (8), получим:

$$x^{*'} = B \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t) - A \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot t);$$

$$x^{**} = -A \cdot \omega^2 \cdot \cos(\omega \cdot t) - B \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega \cdot t).$$

Отсюда, подставляя эти выражения в уравнение движения частицы (2), получим:

$$-A \cdot \omega^2 \cdot \cos(\omega \cdot t) - B \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega \cdot t) + 2 \cdot f \cdot \omega \cdot (B \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t) - A \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot t)) - \\ - \omega^2 \cdot (A \cdot \cos(\omega \cdot t) + B \cdot \sin(\omega \cdot t)) = -g \cdot f \cdot \cos(\omega \cdot t) - g \cdot \sin(\omega \cdot t).$$

Упростив и преобразовав последнее выражение, получим систему уравнений:

$$\begin{cases} -2 \cdot A \cdot \omega^2 + 2 \cdot B \cdot f \cdot \omega^2 = -g \cdot f; \\ -2 \cdot B \cdot \omega^2 - 2 \cdot A \cdot f \cdot \omega^2 = -g. \end{cases} \quad (9)$$

Из системы уравнений (9) определяем коэффициенты:

$$A = \frac{f \cdot g}{(1 + f^2) \cdot \omega^2}; \quad (10)$$

$$B = \frac{(f^2 - 1) \cdot g}{-2 \cdot \omega^2 \cdot (1 + f^2)}. \quad (11)$$

Таким образом, решение уравнения (2), как неоднородного линейного дифференциального уравнения второго порядка, будет следующим:

$$x = e^{t \cdot k_1} \cdot C_1 + e^{t \cdot k_2} \cdot C_2 + A \cdot \cos(\omega \cdot t) + B \cdot \sin(\omega \cdot t). \quad (12)$$

Продифференцировав данное уравнение, получим уравнение изменения скорости частицы по поверхности лопатки в зависимости от времени t :

$$\mathcal{G}_r = k_1 \cdot e^{t \cdot k_1} \cdot C_1 + k_2 \cdot e^{t \cdot k_2} \cdot C_2 - A \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot t) + B \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t). \quad (13)$$

Заменяя в уравнениях (12), (13) $t = \varphi / \omega$, получим систему уравнений, описывающих движение частицы по лопасти барабана в зависимости от угла поворота:

$$\begin{cases} x = e^{\frac{\varphi \cdot k_1}{\omega}} \cdot C_1 + e^{\frac{\varphi \cdot k_2}{\omega}} \cdot C_2 + A \cdot \cos \varphi + B \cdot \sin \varphi; \\ \mathcal{G}_r = k_1 \cdot e^{\frac{\varphi \cdot k_1}{\omega}} \cdot C_1 + k_2 \cdot e^{\frac{\varphi \cdot k_2}{\omega}} \cdot C_2 - A \cdot \omega \cdot \sin \varphi + B \cdot \omega \cdot \cos \varphi. \end{cases} \quad (14)$$

Постоянные интегрирования C_1 и C_2 найдем из начального условия движения частицы. Обозначим φ_0 и x_0 те значения угла φ и координаты x , при которых частица удобрения начнет свое относительное перемещение вдоль лопасти барабана. Тогда систему уравнений (14) запишем следующим образом:

$$\begin{cases} x_0 = C_1 + C_2 + A; \\ 0 = k_1 \cdot C_1 + k_2 \cdot C_2 + B \cdot \omega. \end{cases} \quad (15)$$

Из первого уравнения системы (15) находим $C_1 = x_0 - C_2 - A$, подставляя во второе, получим:

$$0 = k_1 \cdot x_0 - k_1 \cdot C_2 - k_1 \cdot A + k_2 \cdot C_2 + B \cdot \omega,$$

или

$$k_1 \cdot C_2 - k_2 \cdot C_2 = k_1 \cdot x_0 - k_1 \cdot A + B \cdot \omega.$$

Отсюда

$$C_2 = \frac{k_1 \cdot x_0 - k_1 \cdot A + B \cdot \omega}{k_1 - k_2}. \quad (16)$$

Тогда

$$C_1 = x_0 - \frac{k_1 \cdot x_0 - k_1 \cdot A + B \cdot \omega}{k_1 - k_2} - A.$$

Помножив x_0 и A на отношение $(k_1 - k_2)/(k_1 - k_2)$, подводим правую часть уравнения под общий знаменатель. Сократив, получим:

$$C_1 = \frac{k_2 \cdot A - k_2 \cdot x_0 - B \cdot \omega}{k_1 - k_2}. \quad (17)$$

Уравнения (14) позволяют определить относительную скорость движения частицы по лопасти и положение частицы на ней в любой момент времени, однако их решение возможно только графическим путем. Для решения этих уравнений строим номограммы в соответствии с заданными параметрами лопастного барабана (r ; n ; r_l). В частности, по верхнему уравнению системы (14) строим номограмму для определения угла схода частицы с лопасти (рисунок 108). На рисунке 109 приведена номограмма для определения относительной скорости движения материала по лопасти.

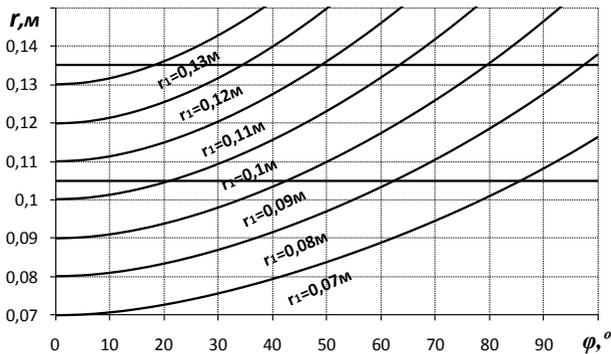
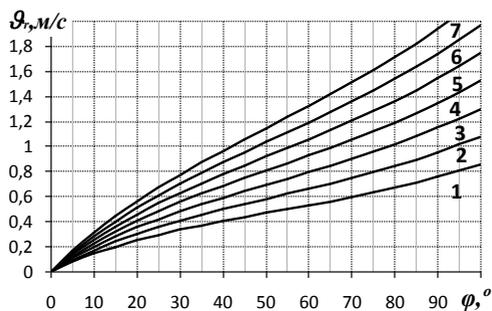


Рисунок 108 – Изменение положения частицы на лопасти в зависимости от угла поворота лопастного барабана



- 1) $r_1 = 0,07$ м; 2) $r_1 = 0,08$ м; 3) $r_1 = 0,09$ м; 4) $r_1 = 0,10$ м; 5) $r_1 = 0,11$ м;
6) $r_1 = 0,12$ м; 7) $r_1 = 0,13$ м

Рисунок 109 – Изменение скорости движения частиц по лопасти в зависимости от угла поворота барабана при различном первоначальном положении частицы на лопасти при $\omega = 17,3$ с⁻¹

Таким образом, используя номограмму (рисунок 108), можно определить время нахождения частицы на лопасти в зависимости от места расположения частицы на лопасти и угол, при котором сойдет эта частица с последней. Далее по номограмме (рисунок 109) определяем относительную скорость движения частицы по лопасти при соответствующем месте расположения частицы на лопасти.

Выводы

1. В результате проведенных теоретических исследований получены уравнения, описывающие движение частицы по лопасти барабана в зависимости от угла поворота, по которым построены номограммы для определения относительной скорости движения частицы по лопасти и угла их схода с последней.

2. Приведенные уравнения (14) позволили определить рациональные параметры двухступенчатого выравнивателя потока удобрений [5], что в конечном итоге дает возможность снизить неравномерность внесения минеральных удобрений в 2–3 раза.

18.01.12

Литература

- Бегун, П.П. О снижении продольной неравномерности внесения минеральных удобрений центробежными разбрасывателями / П.П. Бегун, Л.Я. Степук // Перспективная техника и технологии–2009: материалы V-й междунар. науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых / МДАУ. – Николаев, 2009. – С. 54–57.
- Лях, С.И. Повышение качества внесения минеральных удобрений совершенствованием процесса их дозирования: дис. ... канд. технич. наук: 05.20.01 / С.И. Лях. – Минск, 2003. – С. 16.

3. Физико-механические свойства растений, почв и удобрений / Всесоюзный науч.-ислед. ин-т с/х машин-я им. В.П. Горячкина; под ред. Л.А. Трепцова [и др.]. – Москва, Колос, 1970. – 424 с.
4. Пискунов, Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисление / Н.С. Пискунов. – Т. 2. – М.: Наука, 1976. – 576 с.
5. Бегун, П.П. Обоснование параметров выравнивателя потока удобрений / П.П. Бегун // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2007. – Вып. 41. – С. 81–88.

УДК 631.333.6

Л.Я. Степук, А.А. Лях,

П.П. Бегун

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

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ АЭРАТОРА-СМЕСИТЕЛЯ КОМПОСТОВ АСК-4,5

Анализ внесения органических удобрений и изменения содержания гумуса в пахотных почвах показывает, что существенное снижение объемов применения органических удобрений в 2001–2006 гг. явилось причиной снижения содержания гумуса в почвах ряда районов республики. Поэтому в качестве органических удобрений должны максимально использоваться все виды навоза, солома, торф, органические отходы промышленных предприятий. Особенно следует обратить внимание на использование в качестве удобрения полужидкого навоза (влажностью 88–92 %). Образуется он при содержании скота с применением подстилки не более 1 кг на одну голову в сутки и при ежедневной уборке навоза из животноводческих помещений транспортерами типа ТСН, шнеками, дельта-скреперами. Ежегодно получают около 10 млн т полужидкого навоза, но внесение его в таком виде не представляется возможным по причине отсутствия специальной техники [1]. Поэтому его целесообразно компостировать. Однако существующая технология компостирования имеет ряд недостатков, что сдерживает ее широкое применение. Мало того, что она требует больших затрат времени (более 2 месяцев), так еще и не всегда обеспечивает на должном уровне обеззараживание компостной массы и очищение от всхожих семян сорняков. К тому же в самой массе удобрения элементы питания растений распределены неравномерно. Для повышения эффективности применения компостов необходимо тщательное перемешивание компостной смеси в период закладки и компостирования, что обеспечивается разработанной технологией ускоренного приготовления органических компостов с использованием аэратора-смесителя органических компостов АСК-4,5.

Высокое качество механизированного технологического процесса производства органических компостов на основе полужидкого навоза аэратором-смесителем и серийными транспортно-технологическими средствами достигается путем двухступенчатого приготовления однородной высокопористой смеси: предварительного формирования бурта погрузчиком типа «Амкорд» и окончательного формирования бурта перемешиванием и аэрацией массы АСК-4,5.

Аэратор-смеситель является техническим средством для обработки компостных буртов, разработан в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» и представляет собой прицепную машину с рамой арочного типа.

Рабочие органы состоят из двух шнекороторов, представляющих собой шнеки со встречной навивкой. К виткам шнеков крепятся ножи, предназначенные для дробления комьев исходного материала компостной смеси. К валам шнеков крепятся бросающие лопасти с зубчатой кромкой. Они располагаются в наиболее нагруженных местах: в центральной части и посередине левой и правой навивок шнека. Наличие зубчатой кромки способствует лучшему врезанию лопастей в бурт и тщательному измельчению массы. Ширина лопасти, равная шагу винтовой навивки шнека, обеспечивает отбрасывание всего объема массы, поступающей на лопасть, за один оборот. Для равномерного распределения нагрузки на шнекороторный рабочий орган обе лопасти на каждой стороне расположены диаметрально, а по отношению друг к другу – под прямым углом.

Отличие верхнего шнекоротора от нижнего заключается в том, что витки с ножами и бросающие лопасти в верхнем шнекороторе расположены только в центральной части с целью уменьшения его металлоемкости.

Работает аэратор-смеситель следующим образом: во время движения вдоль компостного бурта шнекороторы, вращаясь, захватывают и интенсивно перемешивают компостируемую массу, при этом происходит ее активное насыщение кислородом. На выходе формируется бурт определенной формы и размеров.

Приемочные испытания аэратора-смесителя АСК-4,5 проводились ГУ «Белорусская МИС». Условия проведения испытаний опытного образца определялись в соответствии с ОСТ 70.2.15–73 «Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний».

Для определения показателей качества навоза, оценки влияния периодичности активной аэрации на биотермические и химические процессы, протекающие при компостировании навоза, было сформировано четыре бурта. Первый бурт подвергся аэрации через 5 дней, второй – через 10 дней, третий – через 15, а четвертый не аэрировался вообще. Измерение температуры компостируемой массы и отбор проб для определения качественного состава осуществлялись в трех повторностях.

В результате проведенных опытов установлено, что основное влияние на протекание процессов компостирования оказывает температура окружающей среды. Наиболее высокая температура практически во всех буртах характерна для верхнего слоя. Микробиологические процессы при участии микроорганизмов протекают в верхнем слое наиболее интенсивно, способствуя значительному повышению температуры компостируемой массы. Это обусловлено, по-видимому, более высоким уровнем кислородообеспечения, необходимого для компостирования, по сравнению с другими слоями. Значительная роль уровня кислородообеспечения как одного из факторов регуляции процесса компостирования подтверждается данными, полученными при разной степени аэрации изучаемых буртов. Наиболее высокой температурой внутри компостной кучи (до 49 °С) характеризовался бурт, который перемешивался через каждые 5 дней. Кроме того, было установлено, что температура в компостируемой массе зависит от температуры окружающего воздуха. Невысокая (ниже 49 °С) температура не способствует обеззараживанию и дегельминтизации, уничтожению семян сорных растений, замедляются процессы разложения органического вещества.

При испытаниях было также установлено снижение солоmistости во всех буртах, однако наибольшее снижение (до 24,6 %) наблюдалось в бурте, который перемешивали через 5 дней, против 0,7 % в бурте, который не перемешивали вообще. Фракционный состав изменился в сторону увеличения содержания фракции менее 10 мм на 28,6 % при перемешивании через 5 дней и на 6,0 % без перемешивания. Фракционный состав солоmistых частиц свыше 100 мм уменьшился до 0 % при перемешивании через 5, 10 и 15 дней и до 1,9 % без перемешивания.

Эксплуатационно-технологические показатели аэратора-смесителя были определены в наиболее характерный период его использования – во время второго перемешивания с аэрированием компостного бурта. В результате проведенной оценки и последующих расчетов установлено, что производительность аэратора-смесителя за час основного времени составляет 355 м³, за час сменного времени – 264 м³ и за час эксплуатационного времени – 258 м³.

Показатели работы АСК-4,5 при выполнении технологического процесса аэратором-смесителем в агрегате с трактором «Беларус-1221» приведены в таблице 32.

Расчет экономических показателей использования аэратора-смесителя компостов АСК-4,5 проведен по результатам эксплуатационно-технологической оценки на приготовлении компоста в сравнении с западноевропейскими машинами «SCV 320 MD» и «Aeromaster PT-130». В результате расчетов показателей сравнительной экономической эффективности было определено, что:

**Таблица 32 – Эксплуатационно-технологические показатели
аэратора-смесителя**

| Наименование показателя | Значение |
|---|--|
| Состав агрегата, марка: аэратор-смеситель АСК-4,5 трактор «Беларус-1221» с ходоуменьшителем | |
| Рабочая ширина захвата, мм, не более | 4500 |
| Максимальная высота бурта, мм, не более | 2200 |
| Транспортная скорость, км/ч, не более | 30 |
| Рабочая скорость, км/ч, не более | 0,17 |
| Производительность аэрирования буртов за 1 ч основного времени, м ³ /ч, не менее | 355 |
| Размеры формируемого бурта, мм, не более: ширина (у основания) высота | 4500 2000 |
| Масса аэратора, кг, не более | 3630 |
| Габаритные размеры, мм, не более в транспортном положении: ширина высота длина в рабочем положении: ширина высота длина | 2450 2800 8600 7850 2400 2600 |

- снижение себестоимости механизированных работ при использовании АСК-4,5 составило 56902,340 тыс. руб. в сравнении с «SCV 320 MD» и 19230,450 тыс. руб. в сравнении с «Aeromaster PT-130»;

- абсолютные капитальные вложения при использовании АСК-4,5 окупаются за 0,9 года в сравнении с «SCV 320 MD» и за 2,6 года в сравнении с «Aeromaster PT-130»;

- годовой приведенный экономический эффект от использования АСК-4,5 составил 103315,340 тыс. руб. в сравнении с «SCV 320 MD» и 31065,770 тыс. руб. при сравнении с «Aeromaster PT-130»;

- капитализированная стоимость аэратора-смесителя компостов АСК-4,5 составляет 351210,900 тыс. руб. в сравнении с «SCV 320 MD» и 140570,750 тыс. руб. в сравнении с «Aeromaster PT-130».

За период испытаний надежности наработка аэратора-смесителя составила 90 ч основного времени (в целом было перемешано и измельчено 14800 т компостируемого материала), при этом технических отказов не зарегистрировано.

Заключение

Аэратор-смеситель качественно выполняет функции активной аэрации, равномерного смешивания компонентов компостной массы и формирования буртов требуемой формы.

01.06.12

Литература

1. Степук, Л.Я. Проблемы применения навоза и пути их решения / Л.Я. Степук, А.Н. Кавгареня // Наше сельское хозяйство. – 2010. – № 2. – С. 55–62.
2. Марченко, Н.М. Механизация внесения органических удобрений / Н.М. Марченко, Г.И. Личман, А.Е. Шебалкин. – М.: ВО «Агропромиздат», 1990. – 207 с.

УДК 631.333.6

С.В. Лосик, С.Н. Конончук

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

ОБЗОР И АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ТВЕРДЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Введение

Агротехнически обоснованное применение органических удобрений способствует накоплению гумуса в почве, улучшает ее физико-химические свойства (увеличивает запас питательных веществ, понижает кислотность, повышает содержание поглощенных оснований, поглотельную способность и буферность, влагоемкость, скважность и водопроницаемость), обогащает почву микрофлорой. Усиливается ее биологическая активность и выделение углекислоты, уменьшается сопротивление почвы при механической обработке, создаются оптимальные условия для минерального питания растений, повышается устойчивость земледелия при неблагоприятных погодных условиях. Важно не только систематически вносить необходимые дозы удобрений, но и обеспечивать равномерность их распределения по полю. Неравномерное распределение удобрений по поверхности поля приводит к нарушению питания растений и неодновременному созреванию урожая, более поздней готовности полей к уборке, снижению урожайности и производительности уборочных машин, увеличению сроков уборки [1, 2].

При существующей структуре посевных площадей в республике для поддержания бездефицитного баланса гумуса в почвах пахотных земель необходимо вносить ежегодно не менее 12 *m/га* органических удобрений, или 55,7 млн *t*. Однако с учетом имеющегося поголовья скота может быть заготовлено 46,8 млн *t* органических удобрений, или 10 *t* на 1 *га* пашни. Недостающее количество органических удобрений может быть компенсировано за счет вовлечения в биологический круговорот в агробиоценозе дополнительных источников органического вещества – соломы зерновых, зернобобовых, крестоцветных и крупяных культур, органических отходов промышленности и т.д. Однако еще большую проблему помимо недостающего поголовья скота на сегодняшний день представляет нехватка специализированной техники. Парк машин для внесения органических удобрений в последние годы значительно сократился. Так, если

на 01.01.2001 г. насчитывалось 12,4 тыс. машин для внесения твердых удобрений, то на 01.01.2011 г. – всего 6,8 тыс., причем 80 % из них находятся за пределами амортизационного срока [3, 4].

От того, насколько правильно и в требуемые сроки будут внесены органические удобрения, зависит полевая всхожесть, выживаемость культур и, в конечном итоге, величина урожая. Также следует учитывать, что стоимость минеральных удобрений и химических средств защиты растений в нынешних условиях значительно возросла, и органические удобрения становятся в буквальном смысле стратегическим ресурсом. Повсеместное рациональное их использование является огромным резервом сокращения объемов применения средств химизации и позволяет получать экологически чистую продукцию и устойчивые урожаи всех сельскохозяйственных культур [4].

Требования к выполнению технологических операций при внесении органических удобрений

Скорость движения агрегатов при внесении твердых органических удобрений должна быть в пределах 8–10 км/ч. В удобрениях не должны присутствовать посторонние предметы (куски металла, дерева, обрывки тросов и т.п.), смявшиеся комки удобрений размером свыше 150 мм. Загружаются удобрения равномерно по всей площади кузова в соответствии с грузоподъемностью транспортных средств и машин для внесения. После окончания работы площадку очищают от остатков удобрений и выравнивают. В процессе транспортировки к местам складирования и внесения необходимо исключать потери удобрений, обеспечивать условия для непрерывной работы МТА, соблюдать безопасность движения [5].

В процессе биотермической обработки органические удобрения доводят до однородного состояния и обеспечивают минимальные потери питательных веществ, а также уничтожение семян сорняков и яиц гельминтов. Применение свежего навоза, помета нецелесообразно в связи с засорением полей сорняками.

Удобрения равномерно распределяют по полю. Неравномерность по длине и ширине прохода – не более 25 %, отклонение от заданной дозы внесения – не более 10 %. Разрывы между смежными проходами не допускаются. Зоны перекрытия между смежными проходами должны обеспечить заданную равномерность распределения. Необработанные поворотные полосы, участки, огрехи не допускаются.

Органические удобрения полностью заделывают в почву, равномерно перемешивая с ней. Разрыв во времени между распределением и заделкой их в почву не должен превышать двух часов.

Основная часть

В настоящее время основная часть машин для внесения твердых органических удобрений имеет схожий принцип работы. Широко при-

меняются машины производства ОАО «Бобруйскагромаш» (ПРТ-7А, МТТ-9 и др.) грузоподъемностью от 7 до 10 т, оборудованные цепочно-планчатым транспортером и двумя горизонтальными шнеками (рисунок 110). Они имеют достаточно простую конструкцию и маневренны.

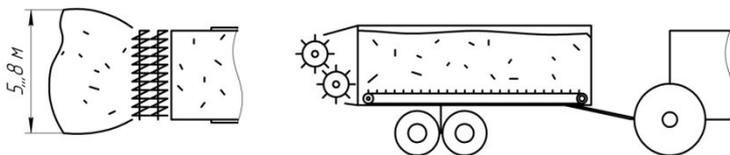


Рисунок 110 – Машина для внесения органических удобрений с цепочно-планчатым транспортером и горизонтальными шнеками

Недостатками данной конструкции являются низкая грузоподъемность и небольшая, порядка 5–8 м, ширина внесения. Машины такой грузоподъемности, как правило, не успевают за одну загрузку внести удобрения по всей длине поля и вынуждены повторно заезжать в колею, тем самым переуплотняя почву. Использование машин с малой грузоподъемностью приводит к растягиванию агротехнических сроков и ставит под сомнение их эффективность.

С учетом этих недостатков начали выпускаться машины с большей грузоподъемностью (11–15 т) и большей шириной внесения благодаря усовершенствованиям рабочего органа (8–12 м). Одним из таких усовершенствований является то, что шнеки больше не распределяют, а только измельчают рабочий материал. Для распределения органической массы в нижней части рабочего органа устанавливаются диски, которые распределяют измельченную массу по поверхности поля (рисунок 111). Такая конструкция рабочего органа позволила снизить неравномерность внесения органических удобрений. Примером может служить машина для внесения твердых органических удобрений МТУ-15 ОАО «Бобруйскагромаш» и TSW 5210S «Bergmann» (Германия) грузоподъемностью 15 т. Однако эти усовершенствования не позволяют добиться требуемой равномерности. При внесении органического удобрения, расположенного в кузове неровным слоем (пиками и впадинами), оно неравномерно подается к распределяющим рабочим органам. Перед измельчающим барабаном периодически образуется неустойчивый бугор, который, обваливаясь, резко увеличивает нагрузку на разбрасывающие рабочие органы. Рабочий орган не успевает измельчать и разбрасывать чрезмерно большую массу, что приводит к увеличению неравномерности внесения органических удобрений. Кроме этого, скорость движения слоев материала в кузове несколько меньше, чем скорость транспортера, и на материал воздействуют случайные колебания. В результате слой удобрений удлиняется и уменьшается по высоте, т.е. наблюдается так называемое явление шлейфообразования, что приводит к изменению нормы внесения [6].

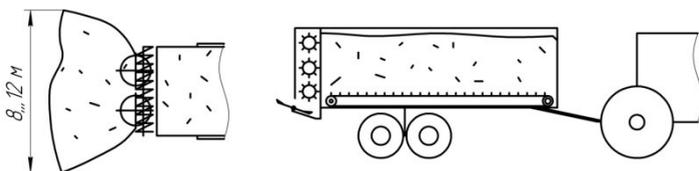


Рисунок 111 – Машина для внесения органических удобрений с цепочно-планчатым транспортером, горизонтальными шнеками и дисками

Учитывая эти проблемы, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» совместно с ДП «Вороновская сельхозтехника» была разработана и выпущена машина ПСС-15, отличие которой в том, что вместо цепочно-планчатого транспортера в ней установлен подвижный пол с гидравлическим выталкивателем (рисунок 112). Зарубежным аналогом с таким же подающим устройством служит машина ASW-268 фирмы «Fliegl Agrartechnik GmbH» (Германия). Установка подвижного пола с выталкивающим бортом позволила избежать эффекта шлейфообразования и возникновения неустойчивых бугров перед рабочим органом. Однако появилась новая проблема: из-за несогласованности действий подвижного борта и распределяющих рабочих органов при чрезмерном давлении первого шнеки рабочих органов не успевают справляться с поступающей массой, что также сказывается на неравномерности внесения.

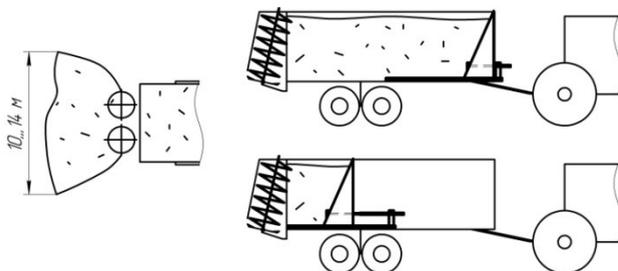


Рисунок 112 – Машина для внесения органических удобрений, оборудованная подвижным полом, гидравлическим выталкивателем и вертикальными шнеками с дисками

ОАО «Бобруйскагроماش» и РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» проводились испытания с использованием в качестве рабочих органов горизонтальных и вертикальных шнеков совместно с дисками. Согласно результатам испытаний, использование вертикальных шнеков позволяет ширину внесения увеличить на 23 %, неравномерность снизить на 26 % по сравнению с горизонтальными шнеками [7]. Учитывая эти показатели, вышеназванные организации начали комплектовать машины серии МТУ рабочими органами, оборудованными вертикальными шнеками.

Одним из недостатков машин с большей грузоподъемностью является, как правило, их большая длина (7–11 м). При внесении органических удобрений, после того как масса перемещается к задней части кузова, перемещается и центр тяжести машины. Это ведет к разгрузке задних колес трактора и, как следствие, к частичному или полному буксованию, что сказывается на скорости машины и неравномерности внесения твердых органических удобрений.

Заключение

Учитывая приведенный анализ, можно сделать вывод, что преимуществом обладают машины, оборудованные гидравлическим выталкивателем и вертикальными рабочими органами, позволяющими производить внесение органических удобрений с наименьшей неравномерностью и с большей шириной захвата. Однако вопрос неравномерности внесения органических удобрений до конца не решен.

Несомненную актуальность имеет направление, связанное с созданием машин для внесения органики, согласующих работу подвижного борта и распределяющего рабочего органа. Важной также является проблема неравномерной нагрузки на задние колеса трактора в процессе внесения удобрений.

04.07.12

Литература

1. Босак, В.Н. Органические удобрения / В.Н. Босак. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – 256 с.
2. Лапа, В.В. Справочник агрохимика / В.В. Лапа / Институт почвоведения и агрохимии. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 390 с.
3. Влияние различных видов органических удобрений на продуктивность звена севооборота на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / В.Н. Босак [и др.]. – Вестник БГСХА. – 2010. – № 3. – 75 с.
4. Степук, Л.Я. Построение машин химизации земледелия / Л.Я. Степук, А.А. Жешко. – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2012. – 443 с.
5. Воронов, Ю.И. Сельскохозяйственные машины / Ю.И. Воронов. – М.: Высшая школа, 1972. – 479 с.
6. Ловкис, З.В. Интенсификация технологических процессов возделывания картофеля активными рабочими органами: дисс. ... д-ра техн. наук / З.В. Ловкис. – Минск, 1989. – 224 л.
7. Протокол приемочных испытаний МТУ-15 № 151 Б1/2-2009 от 14.10.2009. – ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2009. – 66 с.

Введение

Контейнерная сушка семенного материала – важнейший этап его послеуборочной обработки. Основным элементом любого сушильного агрегата является емкость, в которой непосредственно происходит процесс сушки. Конструкция контейнера должна обеспечивать максимальную загрузку зерна при соблюдении равномерности и требуемой скорости сушки, а также возможность быстрой и тщательной очистки от остатков семян при переходе на другой сорт или культуру. Несмотря на наличие общих элементов конструкций, выбор геометрических размеров и формы контейнера для сушки конкретного зернового материала не всегда очевиден.

Основная часть

Целью данной работы является теоретическое обоснование оптимальной конструкции контейнера для зерна при соблюдении условия эффективной выгрузки высушенного зернового материала.

Расчет вместимости контейнера для низкотемпературной сушки и активного вентилирования зерна рекомендуется выполнять по его максимально допустимой загрузке [1]. Это обеспечивает высокую производительность и, как следствие, снижение затрат на обработку зернового материала. Как правило, максимальная емкость контейнера определяется по показателю вместимости тяжелого зерна – озимой пшеницы. При расчете учитываются такие параметры, как объемная масса, влажность и засоренность зернового материала. Для озимой пшеницы – $0,75 \text{ т/м}^3$, 14 %, 2 % соответственно.

Величина емкости для обработки (сушки) зерна ($J_3, \text{ т}$) будет равна [1]:

$$J_3 = \frac{\rho_{\text{нп}} \cdot b_{\text{кт}}^2}{3} (H_{\text{сн1}} + 2H_{\text{сн2}}), \quad (1)$$

где $\rho_{\text{нп}}$ – насыпная плотность зерновой массы, кг/м^3 ;

$b_{\text{кт}}$ – ширина контейнера, м ;

$H_{\text{сн1}}$ – высота зернового слоя в центре контейнера, м ;

$H_{\text{сн2}}$ – высота зернового слоя у боковины (стенки) контейнера, м .

Большое значение для контейнеров зерносушилок имеет минимизация поверхности при заданном объеме емкости для зерна. Это позволяет обеспечить минимальные тепловые потери при сушке и свести к

минимуму неконтролируемый солнечный нагрев поверхности. Условие минимальной поверхности находится из равенства нулю производной от объема контейнера V по его характерному размеру. Высота H_k контейнера с квадратным основанием и шириной стороны $b_{кт}$, исходя из условия минимума поверхности известного объема, равна: $H_k = b_{кт}/2$ [1].

Особое значение при выборе эффективной конструкции емкости для зерна имеет обеспечение оптимальных условий его выгрузки.

Как известно, существует три вида истечения сыпучих материалов из выпускных отверстий бункеров: гидравлический, нормальный и смешанный [1, 2]. В первом случае свободная поверхность сыпучего материала в процессе истечения не претерпевает существенных изменений и нет интенсивного перемещения промежуточных слоев. Сам процесс соответствует обычному истечению невязкой жидкости из отверстия сосуда. Нормальный вид истечения практически аналогичен гидравлическому, в этом случае частицы скользят не по стенкам емкости, а по поверхности, образованной неподвижными частицами самого сыпучего материала. Смешанный вид истечения является промежуточным между первыми двумя и включает признаки обоих. При определенных условиях он может перейти или в гидравлический, или в нормальный. Такие переходы связаны как с физико-механическими свойствами сыпучих материалов, так и с формой и геометрическими параметрами емкостей [1].

Анализ показывает, что движение потока сыпучего материала при любом виде истечения происходит по поверхности скольжения (при гидравлическом – по стенкам емкостей, при нормальном – по поверхности, образованной неподвижными частицами сыпучего материала) [1]. Эти поверхности скольжения для одного и того же сыпучего материала пропорционально равновелики и эквидистантны, независимо от размера

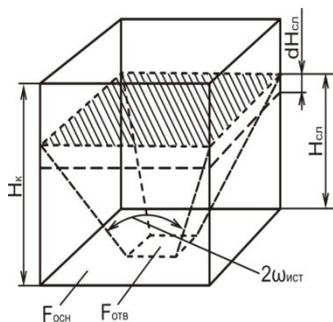


Рисунок 113 – Схема для расчета истечения зерна из контейнера с квадратным отверстием

отверстия истечения. Образующиеся поверхности скольжения являются поверхностями предельного равновесия сыпучего материала в объеме контейнера или бункера.

Расчет процесса истечения сыпучего материала из емкости аналогичен расчету процесса истечения жидкости (гидравлическое истечение). При расчете времени опорожнения зерновой емкости конкретного вида следует учитывать образующийся при истечении зерновой конус (рисунок 113).

Известно [1], что скорость гидравлического истечения v_3 (м/с) из емкости с высотой насыпи $H_{сл}$ определяется формулой:

$$v_3 = \sqrt{2g \cdot H_{\text{сл}}}, \quad (2)$$

где g – ускорение силы тяжести, m/c^2 .

Поскольку высота уровня насыпи с течением времени изменяется, то изменяется и скорость истечения зернового материала из контейнера. В течение бесконечно малого промежутка времени $d\tau$, когда уровень зернового материала в контейнере понизится на величину $dH_{\text{сл}}$, скорость может считаться постоянной величиной. Тогда объем зерна, вытекающий из контейнера за время $d\tau$, будет равен:

$$dV_3 = F_{\text{отв}} \cdot v_3 \cdot d\tau = F_{\text{отв}} \cdot \sqrt{2g \cdot H_{\text{сл}}} \cdot d\tau,$$

где $F_{\text{отв}}$ – площадь отверстия, m^2 .

За временной интервал $d\tau$ высота слоя зерна в контейнере уменьшится пропорционально уменьшению объема зернового материала согласно выражению: $dV_3 = F_{\text{отв}} dH_{\text{сл}}$. Приравнивание полученных значений dV_3 позволяет получить дифференциальное уравнение процесса опорожнения зерновой емкости:

$$d\tau = \frac{F_{\text{очн}}}{F_{\text{отв}} \sqrt{2g}} \frac{dH_{\text{сл}}}{\sqrt{H_{\text{сл}}}}. \quad (3)$$

Как видно из выражения (3), время опорожнения зерновой емкости произвольной формы прямо пропорционально площади его основания и обратно пропорционально площади выпускного отверстия, а также зависит от высоты слоя и величины ускорения силы тяжести.

Интегрирование выражения (3) позволяет получить зависимость общего вида для любого типа зерновой емкости по определению полного времени ее опорожнения:

$$\tau = \frac{F_{\text{очн}}}{F_{\text{отв}}} \sqrt{\frac{2H_{\text{сл}}}{g}}. \quad (4)$$

Процесс опорожнения контейнера с квадратным выпускным отверстием (рисунок 113) со стороны, равной $a_{\text{отв}}$, будет описываться следующим дифференциальным уравнением:

$$d\tau = \frac{2 \cdot \text{tg}^2 \omega_{\text{ист}}}{a_{\text{отв}}^2 \cdot \sqrt{0,5 \cdot g}} \cdot H_{\text{сл}}^{3/2} \cdot dH_{\text{сл}}, \quad (5)$$

где $\omega_{\text{ист}}$ – угол наклона к вертикали линии, соединяющей в плоскости сечения точку касания поверхности сыпучего материала со стенкой и близлежащую точку выгрузного отверстия, град.

Частное решение дифференциального уравнения (5):

$$\tau = \frac{2 \cdot \text{tg}^2 \omega_{\text{ист}}}{a_{\text{отв}}^2 \cdot \sqrt{0,5 \cdot g}} \cdot (H_{\text{сл}^0}^{5/2} - H_{\text{сл}}^{5/2}),$$

а полное время опорожнения емкости будет определяться согласно следующему выражению:

$$\tau = \frac{2 \cdot \operatorname{tg}^2 \omega_{\text{ист}}}{a_{\text{отв}}^2 \cdot \sqrt{0,5 \cdot g}} \cdot H_{\text{сл}0}^{5/2}.$$

Таким образом, основными параметрами зерновой емкости, определяющими время ее опорожнения, являются: высота слоя, величина выпускного отверстия и угол образующей высыпающего конуса. Для случая нормального истечения материала необходимо вводить в полученные зависимости эмпирические поправочные коэффициенты [1].

Изложенная методика расчета параметров контейнерных сушилок использовалась для расчета контейнера сушилки ССК-16.

Контейнер сушилки ССК-16 предназначен для непосредственной сушки партии семян. Он состоит (рисунок 114) из рамы с коробом и шибером для выгрузки зерна, вставного сетчатого пирамидального каркаса с выгрузным отверстием, камеры подвода агента сушки с присоединительным фланцем.

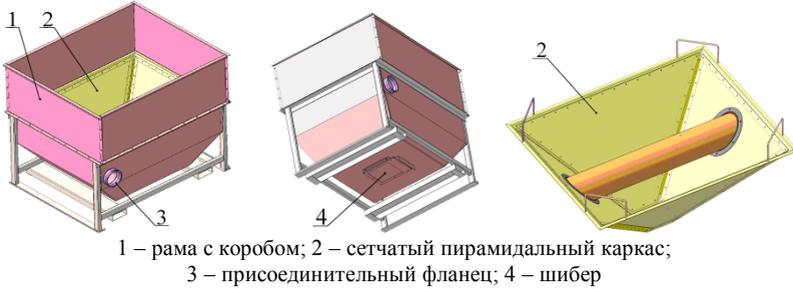


Рисунок 114 – Контейнер

Заключение

По результатам проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. Основными параметрами зернового контейнера, определяющими время его опорожнения, являются: высота слоя зерна в контейнере, величина выпускного отверстия и угол образующей высыпающего конуса. Для сушилки модели ССК-16 оптимальные значения этих величин равны: $H_{\text{сл}} = 1,25 \text{ м}$, $a_{\text{отв}} = 0,195 \text{ м}$, $\omega_{\text{ист}} = 75^\circ$.

2. Полное время опорожнения зернового контейнера прямо пропорционально площади его основания и обратно пропорционально площади выпускного отверстия, а также зависит от $H_{\text{сл}}$ и величины g . Для сушилки модели ССК-16 время опорожнения зернового контейнера составляет 4,92 мин.

22.10.12

Литература

1. Чеботарев, В.П. Низкотемпературная сушка и режимное хранение зерна / В.П. Чеботарев; Нац. акад. наук Беларуси, РУП «Науч.-практ. центр Нац. акад.

наук Беларуси по механизации сел. хоз-ва». – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2010. – 202 с.

2. Богомягих, В.А. Теория и расчет бункеров для зернистых материалов / В.А. Богомягих. – Ростов н/Д.: Изд-во Ростовского университета, 1973. – 150 с.

УДК 631.365.22

В.П. Чеботарев,
И.В. Барановский,
А.А. Перепечаев, А.И. Иванов

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

**РАСЧЕТ
ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ
ПНЕВМОСИСТЕМЫ
СУШИЛКИ
КОНТЕЙНЕРНОЙ
ДЛЯ МАЛЫХ ПАРТИЙ
СЕМЯН ССК-16**

Введение

В настоящей статье рассмотрены особенности расчета тепловых потерь неизолированными воздуховодами сушилки контейнерной и предложена практическая методика выполнения расчета. Данный расчет производится для определения расхода тепла на 1 килограмм испаренной влаги и необходимости использования теплоизоляции в воздуховодах сушилки.

Основная часть

Воздуховод сушилки представляет собой горизонтально расположенную нагретую трубу, обдуваемую ветром или находящуюся в спокойном воздухе. Поэтому теплоотдачу такого воздуховода можно определять по известным зависимостям с использованием коэффициента теплопередачи через стенку трубы [1, 2]:

$$Q = F_n \cdot (T_n - T_g) / K;$$

$$K = 1 / (1/a_n + \delta_m/\lambda_m + 1/a_w),$$

где Q – теплоотдача трубопровода, ккал/ч;

a_n – коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности трубопровода, ккал/(ч·м²·°C);

F_n – площадь наружной поверхности трубопровода, м²;

T_n – температура наружной поверхности трубопровода, °C;

T_g – температура наружного воздуха, °C;

K – коэффициент теплопередачи через стенку рассматриваемого трубопровода, ккал/(ч·м²·°C);

δ_m – толщина металлической стенки трубы, м;

λ_m – теплопроводность материала стенки трубы, ккал/(ч·м·°C);

a_w – коэффициент теплоотдачи на внутренней поверхности трубопровода, ккал/(ч·м²·°C).

В качестве расчетных температур принимаем средние температуры в рассматриваемый период. При этом температуру поверхности трубопровода можно принимать равной температуре воздуха в трубопроводе, так как термическое сопротивление стенки трубы δ_m/λ_m и сопротивление теплоотдаче на внутренней поверхности $1/\alpha_w$ для чистой трубы во много раз меньше, чем сопротивление теплоотдаче на наружной поверхности $1/\alpha_n$. Такое допущение позволяет значительно упростить расчет и уменьшить число необходимых исходных данных, так как тогда не требуется знать скорости воздуха в трубе, толщины стенки трубы, степени загрязнения стенки на внутренней поверхности. Погрешность расчета, связанная с таким упрощением, невелика и значительно меньше погрешностей, связанных с неопределенностью других расчетных величин.

Площадь наружной поверхности трубопровода определяется его длиной и диаметром:

$$F_n = \pi D_n L,$$

где π – константа, равная 3,141;

D_n – наружный диаметр трубопровода, м;

L – длина трубопровода, м.

С учетом вышеизложенного выражение можно преобразовать к виду:

$$Q = \alpha_n \pi D_n L (T_n - T_e).$$

Наиболее важным при расчете тепловых потерь является правильное определение коэффициентов теплоотдачи на наружной поверхности трубопровода. Вопрос теплоотдачи одиночной трубы хорошо изучен, расчетные зависимости приводятся в учебных пособиях и справочниках по теплообмену. Согласно теории, общий коэффициент теплоотдачи α_n определяется как сумма коэффициентов конвективной α_k и лучистой теплоотдачи α_l :

$$\alpha_n = \alpha_k + \alpha_l.$$

Коэффициент конвективной теплоотдачи зависит от скорости воздуха и направления потока по отношению к оси трубопровода, от диаметра трубопровода, теплофизических характеристик воздуха. В общем случае выражение для определения коэффициента теплоотдачи на наружной поверхности трубопровода при поперечном обдувании потоком воздуха следующее:

- при ламинарном режиме движения воздуха (критерий Рейнольдса Re меньше 1000)

$$\alpha_k = 0,43 \beta_\varphi Re^{0,5} \lambda_g / D_n;$$

- при переходном и турбулентном режиме движения воздуха (критерий Рейнольдса Re равен или больше 1000)

$$\alpha_k = 0,216 \beta_\varphi Re^{0,6} \lambda_g / D_n,$$

где Re – критерий Рейнольдса, вычисляемый по наружному диаметру трубопровода и скорости движения воздуха, определяемой с учетом высоты расположения трубопровода над землей и характера рельефа местности;

λ_v – коэффициент теплопроводности воздуха, $ккал/(ч \cdot м \cdot ^\circ C)$;

β_ϕ – поправочный коэффициент, учитывающий направление воздушного потока по отношению к оси трубопровода.

$$Re = U \beta_u D_n / \nu_v,$$

где U – расчетная скорость движения воздуха;

β_u – поправочный коэффициент, учитывающий высоту расположения трубопровода над землей и характер рельефа местности;

ν_v – коэффициент кинематической вязкости воздуха, определяемый при температуре наружного воздуха, $м^2/с$.

Выбор расчетной скорости ветра U является ответственной задачей, так как этот параметр в существенной степени влияет на значение коэффициента конвективной теплоотдачи. Сложность выбора заключается в том, что скорость ветра является сильно переменной и труднопредсказуемой величиной, поэтому в расчете неизбежно приходится ориентироваться на некоторые средние значения скорости. Среднее значение расчетной скорости ветра U можно определять по фактическим данным скоростей ветра за рассматриваемый период на основании метеорологических наблюдений или по среднемесячным значениям [3, 4]. При этом первый вариант явно предпочтительнее, так как данные СНиП и климатологических справочников являются результатом осреднения за очень большой период многолетних наблюдений и не могут учитывать особенностей климата в конкретный расчетный год.

Значение поправочного коэффициента β_u может быть определено на основании данных о поправках на ветровое давление, приводимых в [5].

Соотношение между поправочным коэффициентом на скорость воздуха и поправкой на ветровое давление достаточно простое:

$$\sqrt{\beta_u} = \beta_p.$$

Высота расположения трубопровода над землей обычно не превышает 1 м, поэтому значения поправочного коэффициента на скорость ветра определены только для такой ситуации. Данные о зависимости коэффициента кинематической вязкости ν_v и коэффициента теплопроводности λ_v от температуры воздуха с интервалом в 10 градусов приведены в [1, 2, 3].

Учитывая, что направление движения воздуха относительно ориентации трубопровода обычно неизвестно, поправочный коэффициент на угол обдувания β_ϕ следует принимать как среднее значение в диапазоне изменения угла направления потока от 90 (перпендикулярно оси трубопровода) до 0 градусов (параллельно оси трубопровода). Согласно справочным данным, среднее значение равно 0,821.

Коэффициент лучистой теплоотдачи зависит от температуры воздуха и температуры поверхности трубопровода, а также от степени черноты поверхности трубопровода ε_n :

$$\alpha_n = \varepsilon_n C_0 \left(\left((T_n + 273)/100 \right)^4 - \left((T_0 + 273)/100 \right)^4 \right) / (T_n - T_0),$$

где C_0 – коэффициент излучения абсолютно черного тела,

$$C_0 = 4,97 \text{ ккал}/(\text{ч} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{К}^4).$$

Оголенная стальная труба теплопровода, находящаяся в атмосферных условиях, имеет окисленную или сильно окисленную поверхность, для которой степень черноты ε_n , согласно данным [6], лежит в пределах от 0,8 до 0,98. Поэтому рекомендуется принимать среднее значение $\varepsilon_n = 0,9$.

Особенности расчета потерь теплоты длинными участками неизолированных теплопроводов

Теоретические расчетные зависимости, представленные в предыдущем разделе, справедливы для случая, когда входящие в них расчетные коэффициенты теплоотдачи и температура теплоносителя являются постоянными по длине трубопровода. Это достаточно близко соответствует ситуации, когда снижение температуры теплоносителя на участке за счет тепловых потерь невелико и средняя температура теплоносителя мало отличается от начальной. Вследствие постоянства температуры поверхности трубопровода постоянными остаются и значения коэффициентов конвективной и лучистой теплоотдачи с поверхности трубы.

В общем случае падение температуры теплоносителя на коротком участке прямо пропорционально длине трубопровода и его диаметру и обратно пропорционально расходу теплоносителя:

$$\Delta T_w \sim (T_w - T_0) D_n L / G_w.$$

Если же трубопровод имеет малый диаметр, расход невелик, а длина участка достаточно велика, то вследствие значительного изменения температуры теплоносителя изменяются перепад температур между поверхностью трубы и воздухом, а также значение коэффициента лучистой теплоотдачи. В результате удельные потери теплоты постепенно снижаются от начала участка к его концу, общие потери тепла уже непропорциональны длине трубопровода. В этом случае расчет по линейной зависимости может дать слишком большую погрешность в сторону завышения теплотерь, так как снижение теплоотдачи идет по нелинейному экспоненциальному закону.

Для получения более достоверного результата в такой ситуации расчет тепловых потерь следует вести по уточненным зависимостям, учитывающим экспоненциальный характер снижения теплоотдачи. Для их применения в качестве исходных данных следует обязательно использовать еще один параметр: расход теплоносителя на участке G_w .

Расчетные зависимости могут быть получены из дифференциального уравнения, описывающего процесс теплоотдачи с поверхности трубопровода элементарной длины, и из дифференциального уравнения, описывающего расход теплоты вследствие остывания воды:

$$dQ = \alpha_n (T_w - T_e) \pi D_n \cdot dL;$$

$$dQ = c_w G_w dT_w,$$

где dQ – теплопотери участка трубопровода элементарной длины;

dL – элементарная, бесконечно малая длина трубопровода;

dT_w – снижение температуры теплоносителя на участке элементарной длины;

c_w – теплоемкость воды, $\text{ккал}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$; $c_w = 1$.

При выводе решения предполагается, что коэффициент теплообмена на поверхности трубопровода остается постоянным. Учитывая, что доля лучистого теплообмена в общем коэффициенте составляет около 15–20 %, такое допущение вполне правомерно и не приводит к существенным погрешностям. В то же время такой подход позволяет значительно упростить конечные выражения.

Решение системы уравнений приводит к следующей зависимости падения температуры теплоносителя от длины трубопровода L :

$$\Delta T_w = (T_w - T_e) (1 - e^{-AL}),$$

где e – основание натуральных логарифмов, $e = 2,71$;

A – комплекс из расчетных величин, $1/\text{м}$.

$$A = \alpha_n \pi D_n / c_w G_w.$$

При этом конечная температура теплоносителя:

$$T_{\text{вк}} = T_w - \Delta T_w.$$

Если конечная температура теплоносителя получается меньше или равной 0°C , это означает, что трубопровод перемерзнет. Рассчитывать теплопотери трубопровода в такой ситуации не имеет смысла. Критическая длина трубопровода, то есть максимально допустимая длина, при которой он еще не будет перемерзать, определится:

$$L_{\text{кр}} = -\ln(1 - T_w / (T_w - T_e)) / A.$$

Если конечная температура теплоносителя выше 0°C , то могут быть рассчитаны тепловые потери трубопровода:

$$Q = c_w G_w \Delta T_w.$$

Практическая методика расчета тепловых потерь

Последовательность расчета:

1. Определяем теплофизические характеристики воздуха λ_e и ν_e при заданной его температуре. В расчете следует использовать значения, выбираемые непосредственно из таблиц, без переводных коэффициентов, так как они включены в расчетные формулы.

2. По таблице определяем поправочный коэффициент на скорость воздуха β_u в зависимости от типа местности.

3. Определяем значение поправки на угол обдувания трубопровода β_φ , приравнивая его среднему значению 0,821, или, если известен угол обдувания, – по таблице.

4. Определяем критерий Рейнольдса для воздуха:

$$Re = 1000 U \beta_u D_n / \nu_e.$$

5. Определяем коэффициент конвективной теплоотдачи.

Если значение критерия Рейнольдса меньше 1000, то вычисление проводим по формуле:

$$\alpha_k = 4,3 \beta_\varphi Re^{0,5} \lambda_e / D_n.$$

В противном случае вычисление проводим по формуле:

$$\alpha_k = 2,16 \beta_\varphi Re^{0,6} \lambda_e / D_n.$$

6. Определяем степень черноты поверхности трубопровода ε_n , приравнивая ее среднему значению 0,9, или обосновываем другое значение по справочной литературе.

7. Определяем коэффициент лучистой теплоотдачи:

$$\alpha_n = 4,97 \varepsilon_n (((T_n + 273)/100)^4 - ((T_e + 273)/100)^4) / (T_n - T_e).$$

8. Определяем полный коэффициент теплоотдачи:

$$\alpha_n = \alpha_k + \alpha_n.$$

9. Определяем часовые тепловые потери трубопроводом:

$$Q = \alpha_n \pi D_n L (T_n - T_e) / 1000.$$

10. Определяем потери тепла за расчетный период времени, $G_{\text{кал/ч}}$:

$$Q_N = 24 Q N / 1000000,$$

где N – количество суток в расчетном периоде времени.

Дальнейшие действия следует выполнять, если есть опасения, что снижение температуры на участке велико и расчет следует выполнять по нелинейной зависимости. Для дальнейшего расчета должен быть известен расход теплоносителя на участке.

11. Определяем модуль показателя экспоненты AL :

$$AL = \alpha_n \pi D_n L / (10^6 G_w).$$

Если полученное значение незначительно отличается от 0, то погрешность расчета теплотерь составляет примерно половину вычисленного значения. Так, если полученное значение равно 0,05, то можно считать, что теплотери были определены с точностью порядка 2,5 %. Если полученная точность расчета устраивает, то переходим к пункту 13. При необходимости можно откорректировать значение теплотерь в соответствии с определенной погрешностью:

$$Q = Q (1 - AL/2).$$

12. Если значение модуля показателя экспоненты AL больше 0,05 или требуется более высокая точность расчета, вычисляем снижение температуры теплоносителя на участке за счет теплопотерь по экспоненциальной зависимости:

$$\Delta T_w = (T_w - T_g) (1 - e^{-AL}).$$

13. Определяем конечную температуру теплоносителя, чтобы убедиться, что трубопровод не перемерзнет:

$$T_{\text{нк}} = T_w - \Delta T_w.$$

14. Определяем уточненное значение теплопотерь:

$$Q = 1000 G_w \Delta T_w.$$

15. Определяем уточненные потери тепла за расчетный период времени в соответствии с п. 10.

Расчет тепловых потерь сушилки контейнерной ССК-16

Исходные данные:

Требуется определить потери теплоты подающим воздуховодом при следующих исходных данных:

$$D_n = 900 \text{ мм}, L = 7,096 \text{ м}, T_w = 55 \text{ °С}, T_g = 21 \text{ °С}, U_g = 6,4 \text{ м/с}, \\ G_w = 24000 \text{ т/ч}, \text{ местность пересеченная.}$$

Расчет:

1. Определяем по справочным данным при $T_g = -21 \text{ °С}$: $\lambda_g = 1,953$; $\nu_g = 11,69$.
2. Для пересеченной местности: $\beta_u = 0,707$.
3. Принимаем по среднему значению: $\beta_\phi = 0,821$.
4. Вычисляем: $Re = 1000 \cdot 6,4 \cdot 0,707 \cdot 900 / 15,15 = 268800$.
5. Вычисляем: $\alpha_k = 0,216 \cdot 0,821 \cdot 268800,6 \cdot 2,237 / 900 = 0,8$.
6. Принимаем по среднему значению: $\varepsilon_n = 0,9$.
7. Вычисляем: $\alpha_n = 497 \cdot 0,9 \cdot ((115,743 - 74,71) / 34) = 5,4$.
8. Вычисляем: $\alpha_n = 0,8 + 5,4 = 6,2$.
9. Вычисляем тепловые потери:

$$Q = 166,2 \cdot 3,14 \cdot 900 \cdot 7,096 \cdot (55 - 21) / 1000 = 4227,234 \text{ ккал/ч.}$$

Заключение

По результатам проведенных расчетов тепловые потери составили 4227 ккал/ч, что не превышает установленных норм – 5200 ккал/ч. Исходя из изложенного можно сделать вывод, что тепловые потери сушилки контейнерной ССК-16 находятся в допустимом диапазоне и применение теплоизоляции воздуховодов целесообразно.

22.10.12

Литература

1. Нащокин, В.В. Техническая термодинамика и теплопередача: учеб. пособие для неэнергетических специальностей вузов / В.В. Нащокин. – М.: Высшая школа, 1975. – 496 с.: ил.
2. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. / В.Н. Богословский [и др.]; под ред. И.Г. Старовойтова, Ю.И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990. – Ч. I: Отопление. – 344 с.: ил. – (Справочник проектировщика).
3. Нестеренко, А.В. Основы термодинамических расчетов вентиляции и кондиционирования воздуха / А.В. Нестеренко. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1971. – 460 с.: ил.
4. Нагрузки и воздействия: СНиП 2.01.07–85. – Введ. 01.01.1987. – М.: Изд-во стандартов. – 43 с.
5. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов: СНиП 2.04.14–88. / Госстрой России. – Введ. 01.01.1990. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1998. – 28 с.
6. Строительная климатология и геофизика: СНиП 2.01.01–82. – Введ. 01.01.1984. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1982. – 136 с.

УДК 631.331.022

С.О. Синяк, А.Н. Юрин
*(РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

О ПРОБЛЕМЕ УБОРКИ ОБРЕЗАННЫХ ВЕТОК ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ И ПУТИ ЕЕ РЕШЕНИЯ

Введение

В республике выращивание плодовых культур переводится на промышленную основу. В настоящее время посажено более 14 тыс. гектаров садов интенсивного типа, в текущей пятилетке планируется осуществить посадку новых садов на площади 6 тыс. гектаров.

Основная часть

Успешное применение высокоадаптивной технологии в плодовом саду связывают с выбором рациональной системы формирования кроны. Рационально сформированная крона дерева, прежде всего, должна способствовать росту урожая хорошего качества. Важный фактор увеличения продуктивности – свет. От интенсивности освещения зависит урожайность и качество урожая. За счет обрезки ускоряется процесс образования ассимиляционной поверхности. В технологии возделывания плодовых деревьев необходимо осуществлять ежегодное формирование кроны, что является самым важным агротехническим приемом ухода за плодоносящими насаждениями, благодаря которому достигается повы-

шение урожайности и качества плодов. При обрезке деревьев в междурядьях сада образуется большое количество древесных отходов. В зависимости от сортов, возраста и других биологических особенностей плодовых деревьев объем срезанных ветвей достигает 10–20 и более тонн на гектар [1].

Такое количество отходов требует проведения технологических операций по их утилизации. Наиболее распространена в республике технология сволокивания срезанных ветвей за пределы сада, в которой применяется волокуша типа СТС-4 и ВСН-2,5 [2]. В результате часть ветвей остается в рядах садов, что требует дополнительных трудозатрат по их уборке. Данные процессы выполняются раздельно. При этом отчуждается органическая масса с территории сада и исключается возможность поступления из нее в почву элементов питания в процессе их минерализации. Утилизация обрезанных веток происходит путем их последующего сжигания, что приводит к загрязнению окружающей среды. Так, с каждой тонны сожженных веток в воздух выделяется 2–3 кг оксида азота, 3–5 кг оксида углерода, 0,2 кг диоксида серы и другие вредные вещества. Это оказывает токсическое действие на экосистемы и человека. Низкая эффективность данной технологии проведения утилизации древесных отходов сопровождается большими материальными и трудовыми затратами. По данным А.Н. Медовник (Россия), из 473 чел.-ч трудовых затрат при возделывании 1 га яблоневого сада на обрезку кроны и утилизацию веток требуется 386 чел.-ч трудовых затрат.

Таким образом, проблема утилизации и рационального использования отчуждаемой плодовой древесины актуальна в плодоводстве.

Наиболее рациональным и перспективным в современном садоводстве является измельчение срезанных ветвей и дробление их до щепообразного состояния непосредственно в междурядьях сада с одновременным мульчированием почвы измельченным материалом. В садах в возрасте 5–10 лет количество веток на одном гектаре составляет до 6 тонн. Мульчирование почвы в междурядьях сада щепой срезанных веток способствует улучшению агрофизических свойств почвы, на 10–13 % снижается ее объемная масса в слое 10 см, на 10 % увеличивается водопроницаемость почвы, под мульчей складывается более благоприятный тепловой режим, когда температура почвы увеличивается на 2,7–3 °С, снижается испарение влаги из почвы и на 30–33 мм возрастает количество продуктивной влаги. В конечном итоге вовлекается отчужденная древесина в круговорот веществ, возрастает урожайность плодов яблони до 13 % и исключаются негативные последствия для экологии.

В последнее десятилетие за рубежом все больше создается измельчителей веток плодовых деревьев, способных обеспечивать сгребание обрезанных веток и мелкощепочное их измельчение в междурядьях сада.

Лучшими аналогами таких машин являются валкователь-измельчитель веток BG2-180 фирмы «Perfekt» (Голландия) (рисунок 115 а, б) и измельчитель веток «Tigre 200» фирмы «Falconero» (Италия).



а)



б)

а) измельчитель веток; б) валкователь веток

*Рисунок 115 – Валкователь-измельчитель веток BG2-180
фирмы «Perfekt» (Голландия)*

Мировой опыт применения данной техники показал целесообразность создания таких средств механизации для отрасли плодоводства.

Таким образом, с учетом оптимизации агротехники по уходу за садом и необходимости максимальной механизации всех технологических процессов утилизации обрезанных веток необходимо создать многофункциональное техническое средство, обеспечивающее одновременное сгребание обрезанных веток разного возраста, расположенных в междурядьях и рядах посаженных деревьев, их размещение посередине междурядий, измельчение до уровня щепы с последующим ее размещением на поверхности почвы в междурядьях сада.

Применение данной разработки обеспечит новый технический уровень при уходе за плодоносящими садами, что обеспечит дальнейший устойчивый социально-экономический рост и развитие отрасли плодоводства в республике и будет способствовать увеличению производства плодов в сельскохозяйственных предприятиях и фермерских хозяйствах.

Для определения значимости разработки и внедрения в производство комплекса уборки веток выполнен расчет его экономической эффективности. В качестве базовых вариантов при расчете показателей экономической эффективности были приняты сборщик ветвей СВ-1К и волокуша ВС-2,5, агрегируемые с трактором «Беларус-921».

Расчет показателей экономической эффективности осуществлялся по ТКП-151-2008 «Методы экономической оценки. Порядок определения показателей». Основные показатели экономической эффективности представлены в таблице 33.

Потребности в агрегатах при годовой загрузке 700 часов для Республики Беларусь ориентировочно составят 80 штук, а в перспективе, при вступлении всех садов в фазу плодоношения, 150 штук.

Таблица 33 – Сводные показатели экономической эффективности

| Наименование показателя | Значение показателя* |
|--|----------------------|
| Годовой приведенный экономический эффект, тыс. руб. | 223 825 |
| Годовая экономия себестоимости механизированных работ, тыс. руб. | 33425 |
| Степень снижения себестоимости механизированных работ, % | 69,3 |
| Срок окупаемости абсолютных (дополнительных) капитальных вложений, лет | 4,5 |
| Капитализированная стоимость новой техники, тыс. руб. | 896 084 |
| Цена машины (без НДС), тыс. руб. | 150 000 |

* Комплекс уборки веток плодовых деревьев в сравнении со сборщиком ветвей СВ-1К и волокушей ВС-2,5

Внедрение данного комплекса уборки веток плодовых деревьев обеспечит годовой приведенный экономический эффект на одну машину 223825 тыс. руб.

Заключение

1. Анализ состояния вопроса показал, что обрезка деревьев является трудоемкой операцией в садоводстве (затраты труда составляют 22–24 % всех трудозатрат при производстве плодов), в настоящее время в республике она не механизирована.

2. Существующий способ свлакивания срезанных ветвей за пределы сада и утилизация обрезанных веток путем их последующего сжигания приводят к загрязнению окружающей среды. Так, с каждой тонны сожженных веток в воздух выделяется 2–3 кг оксида азота, 3–5 кг оксида углерода, 0,2 кг диоксида серы и другие вредные вещества.

3. Для реализации технологического процесса сбора и утилизации срезанных ветвей необходимо создать многофункциональный агрегат, способный одновременно осуществлять валкование обрезанных веток и измельчение до уровня щепы с возможностью мульчирования междурядий.

24.10.12

Литература

1. Самощенко, Е.Г. Плодоводство: учебник для нач. проф. образования / Е.Г. Самощенко, И.А. Пашкина. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 320 с.
2. Сельскохозяйственная техника: кат. – М.: ФГНУ С 29 «Росинформагротех», 2007. – Т. 3: Техника для растениеводства. – 236 с.

УДК 631.145:631.3

А.В. Ленский

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

Е.И. Михайловский,

В.Е. Лагерь

*(УО «БГАТУ», г. Минск,
Республика Беларусь)*

**РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ
НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ
ОТЕЧЕСТВЕННОГО
СЕЛЬХОЗМАШИНОСТРОЕНИЯ –
ОСНОВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ВЫСОКОГО УРОВНЯ
КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ
ПРЕДПРИЯТИЙ АПК**

Введение

Эффективное функционирование предприятий агропромышленного комплекса в современных условиях невозможно без адекватного механизма ведения бизнеса, действующего на основе рыночных принципов хозяйствования и обеспечивающего конкурентные преимущества. В связи с этим все больше внимания уделяется на всех уровнях управления вопросам обеспечения конкурентоспособности как отдельных субъектов хозяйствования различных отраслей народного хозяйства, так и страны в целом.

Опыт экономически развитых стран показывает, что конкурентоспособным оказывается тот субъект хозяйствования, который ориентирует свою деятельность на инновационное развитие и главной целью стратегического плана ставит совершенствование выпускаемой продукции, предоставляемых услуг, а также разработку новых товаров и услуг.

Задача повышения конкурентоспособности отечественного агропромышленного комплекса на основе научно-инновационного развития является особенно актуальной.

Основная часть

Обеспечение высокого уровня конкурентоспособности сельскохозяйственных предприятий на внутреннем и внешнем рынках в системе с другими факторами определяется насыщением функционирующих субъектов хозяйствования техникой и оборудованием, способствующими применению перспективных инновационных технологий.

Анализ сложившегося положения с обеспеченностью сельскохозяйственной техникой в Республике Беларусь на основе сопоставления расчетных данных о потребности в машинах и официальных статистических материалов об их наличии наглядно свидетельствует о том, что по многим позициям, в том числе таким приоритетным, как тракторы, зерно- и кормоуборочные комбайны, в структуре парка по-прежнему наблюдается ярко выраженный дисбаланс (таблица 34).

Таблица 34 – Наличие и потребность в технике в целом в Республике Беларусь

| Наименование машин | Наличие | Потребность | Дисбаланс | % |
|---|---------|-------------|-----------|-------|
| Тракторы | 49 234 | 52 000 | -2 766 | 94,7 |
| класса 1,4 | 31 022 | 15 000 | 16 022 | 206,8 |
| класса 2–4 | 12 211 | 28 000 | -15 789 | 43,6 |
| класса 5 и выше | 6 001 | 9 000 | -2 999 | 66,7 |
| Зерноуборочные комбайны | 11 549 | 13 600 | -2 051 | 84,9 |
| до 10 кг/с | 4 238 | 3 000 | 1 238 | 141,3 |
| 10–12 кг/с | 3 778 | 5 000 | -1 222 | 75,6 |
| 12 кг/с и выше | 3 533 | 5 600 | -2 067 | 63,1 |
| Кормоуборочные комбайны | 4 555 | 4 000 | 555 | 113,9 |
| до 300 л.с. | 3 458 | 1 800 | 1 658 | 192,1 |
| свыше 300 л.с. | 1 097 | 2 200 | -1 103 | 49,9 |
| Картофелеуборочные комбайны | 1 082 | 2 000 | -918 | 54,1 |
| прицепные | 1 082 | 1 800 | -718 | 60,1 |
| самоходные | – | 200 | -200 | – |
| Плуги | 12 930 | 15 000 | -2 070 | 86,2 |
| в том числе оборотные | 6 221 | 8 000 | -1 779 | 77,8 |
| Агрегаты дисковые | 3 336 | 4 000 | -664 | 83,4 |
| Агрегаты почвообрабатывающе-посевные | 4 061 | 6 000 | -1 939 | 67,7 |
| Сеялки зерновые | 4 520 | 6 000 | -1 480 | 75,3 |
| Сеялки для кукурузы и свеклы | 3 912 | 3 500 | 412 | 111,8 |
| Картофелесажалки | 2 018 | 2 200 | -182 | 91,7 |
| Машины для внесения твердых минеральных удобрений | 7 147 | 10 000 | -2 853 | 71,5 |
| в том числе для высокоточного внесения | – | 2 000 | -2 000 | – |
| Машины для внесения твердых органических удобрений | 6 828 | 12 000 | -5 172 | 56,9 |
| Опрыскиватели | 4 932 | 8 500 | -3 568 | 58 |
| Самоходные погрузчики типа «Амкордор» | 4 155 | 4 500 | -345 | 92,3 |
| Косилки | 7 288 | 9 000 | -1 712 | 81 |
| Ворошилки и вспушватели | 4 953 | 7 200 | -2 247 | 68,8 |
| Пресс-подборщики | 6 014 | 8 000 | -1 986 | 75,2 |
| в том числе для прямоугольных тюков | 221 | 2 000 | -1 779 | 11,1 |
| Грузовые автомобили | 24 190 | 35 000 | -10 810 | 69,1 |

Например, общее количество тракторов составляет 49 234 шт., что достаточно близко к расчетной потребности – 52 000 шт. При этом наличие тракторов класса 1,4 («Беларус 800/820/1022» и др.) более чем в два раза превышает потребность в них, в то время как обеспеченность тракторами высоких тяговых классов 2–4 («Беларус 1221/1523/2022» и др.), 5 и выше («Беларус 2522/3022» и др.) составляет в среднем 50 %. В результате нехватка мощных энергосредств сдерживает внедрение современных технологий на базе соответствующей широкозахватной техники высокой производительности, негативно сказывается на сроках

выполнения полевых работ. Такое положение наблюдается практически во всех областях республики.

Сложившаяся ситуация объясняется тем, что большинство сельскохозяйственных предприятий не имело четко проработанной стратегии технического переоснащения. Замена оборудования и машин, отработавших амортизационный срок эксплуатации, осуществлялась, как правило, стихийно, а принятие управленческих решений зависело от финансовых возможностей предприятия и часто от субъективных, ничем не оправданных, подходов, без должного научного обоснования и строгих экономических расчетов. Все это привело к падению энергооснащенности сельскохозяйственного производства более чем на 15 %, или, в удельных показателях, на 80 л.с./100 га, одновременно с резким снижением физического количества машин и оборудования, увеличением нагрузки на оставшийся парк техники (рисунок 116).

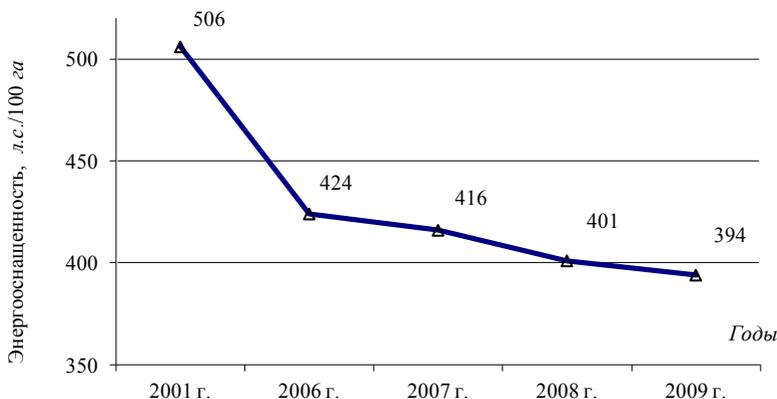


Рисунок 116 – Энергооснащенность сельскохозяйственного производства

Изучение мирового опыта по формированию технической политики свидетельствует, что в странах с развитым сельским хозяйством также отмечена тенденция сокращения абсолютной численности сельскохозяйственных машин, однако это не является показателем снижения технической оснащенности сельскохозяйственного производства, энергообеспеченности и энерговооруженности труда. В этих странах сокращение парка технических средств происходит на фоне смены поколений машин, совершенствования их конструкции, повышения надежности, качества выполняемых работ, других показателей технического уровня. С 2006 года в Республике Беларусь реализуется стратегия повышения уровня энергооснащенности производства за счет применения инновационной мощной техники, и, как показывает практика, данный подход себя полностью оправдал. Применение инновационной новой техники в

республике позволило замедлить темпы падения энергооснащенности за счет поставки сельскохозяйственным товаропроизводителям широкой номенклатуры машин и оборудования, отвечающих современному техническому уровню, конкурентоспособных как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

Предлагаемая новая техника резко отличается от списываемой не только техническими параметрами (мощностью двигателя, пропускной способностью, расходом топлива и др.), но и показателями, характеризующими ее устойчивость к моральному износу (показателями надежности, экологичностью, эргономичностью и др.).

Анализ поставок техники свидетельствует, что в сельскохозяйственном производстве республики прослеживается тенденция к оснащению предприятий мощными энергонасыщенными машинами. Например, по отношению к 2007 году численность тракторов тягового класса 5 возросла почти в 1,5 раза, зерноуборочных комбайнов с пропускной способностью 14 *кз/с* – более чем в 5 раз, кормоуборочных комбайнов мощностью свыше 300 *л.с.* – почти в 2 раза.

Таким образом, в настоящее время происходит не просто замена тракторов и сельскохозяйственных машин на новые с прежними техническими характеристиками, а обновление парка машин техническими средствами нового поколения, более качественными, обеспечивающими существенный рост производительности труда, экономию топлива и энергии, возможность применения наиболее перспективных машинных технологий.

Реализация таких решений в настоящее время должна быть основана на коллегиальном принципе, то есть на совместной выработке технической политики заинтересованными структурами (рисунок 117).

В перспективе целесообразно определять стратегию формирования технического потенциала отрасли, опираясь на предварительно выполненные расчеты по обоснованию состава и структуры парка машин и оборудования, причем комплектование машинно-тракторного парка должно осуществляться таким образом, чтобы в каждом предприятии складывалась прогрессивная система машин, удовлетворяющая требованиям агротехники и технологии, обеспечивающая высокую производительность и минимальную себестоимость выполнения механизированных работ. Это позволит проводить целенаправленную политику в области механизации сельского хозяйства, устанавливать приоритеты технического перевооружения и в итоге формировать парк машин, соответствующий по составу и структуре современным требованиям производства продукции.

Такие управленческие решения должны базироваться на экономической оценке эффективности новейших разработок, позволяющих снижать эксплуатационные затраты до уровня европейских показателей (таблица 35).



Рисунок 117 – Модель реализации системы машин

Справочно. Для обеспечения сельскохозяйственных предприятий современными машинами и оборудованием ежегодно производится их закупка в рамках реализации, например, Республиканской программы оснащения современной техникой и оборудованием организаций АПК, строительства, ремонта, модернизации производственных объектов этих организаций на 2011–2015 годы, утвержденной Указом Президента Республики Беларусь от 24 января 2011 года № 35. В указанной программе определены объемы и номенклатура закупаемой техники и оборудования, а также порядок финансирования.

Таблица 35 – Прогнозируемая эффективность системы машин в растениеводстве

| Наименование продукции | Затраты труда, чел.-ч/т | | Расход электроэнергии, кВт-ч/т | | Расход условного топлива, кг у.т/т | |
|------------------------|-------------------------|---------|--------------------------------|---------|------------------------------------|---------|
| | факт | прогноз | факт | прогноз | факт | прогноз |
| Зерно | 3,5–4,2 | 2,5–2,8 | 4,5–5,5 | 3,5–4,0 | 55–60 | 30–35 |
| Картофель | 5,5–6,0 | 3,0–3,5 | 8–10 | 6–8 | 25–30 | 8–10 |
| Корма: | | | | | | |
| сено | 0,7–0,8 | 0,4–0,5 | – | – | 7,0–7,4 | 3,4–3,6 |
| сенаж | 0,4–0,5 | 0,3–0,4 | – | – | 6,0–6,2 | 3,4–3,6 |
| силос | 0,2–0,3 | 0,2–0,3 | – | – | 3,5–3,6 | 3,0–3,2 |
| Сахарная свекла | 5,0–5,5 | 3,8–4,0 | – | – | – | – |
| Льнопродукция | 35–40 | 30–33 | 400–450 | 350–380 | 115–125 | 85–100 |
| Овощи (открытый грунт) | 10–15 | 8–10 | 6–8 | 4–5 | 10–12 | 6–8 |

Анализ исследований современной экономики и тенденций развития сельского хозяйства позволяет сделать вывод, что первостепенными задачами являются повышение технической оснащенности производства, эффективности использования сельскохозяйственных машин и оборудования, организация их сервиса, обеспеченность трудовыми ресур-

сами, в том числе инженерно-техническими работниками. Существующий машинно-тракторный парк не выполняет главного своего предназначения – быть эффективным инструментом ускоренного технического обеспечения сельскохозяйственного производства, внедрения технико-технологических инноваций.

Чтобы добиться этого, развитие должно основываться на следующих принципах.

1. Ориентация продукции отечественного тракторного и сельскохозяйственного машиностроения на внутренний рынок, предполагающая рост его платежеспособности на основе повышения финансовой устойчивости сельскохозяйственных предприятий в ближайшей перспективе, с последующей переориентацией на внешний рынок (страны СНГ и далее зарубежье).

2. Приведение потребительских свойств (конструкции, технико-эксплуатационных параметров машин и др.) к требованиям и платежеспособности основных групп сельскохозяйственных товаропроизводителей, использующих современные, но упрощенные технологии производства сельскохозяйственной продукции.

3. Расширение номенклатуры выпускаемых моделей и комплектаций отечественной техники (в том числе упрощенной конструкции и, соответственно, более дешевой) с учетом необходимости оптимизации парка сельскохозяйственных товаропроизводителей различных категорий по размеру, производственной направленности, экономическому положению, зональным условиям ведения производства.

4. Модернизация отечественного сельскохозяйственного машиностроения, его интеграция в международную систему на основе создания совместных с передовыми зарубежными фирмами предприятий, внедрения новейших технологий.

5. Проведение государственными органами управления внешней протекционистской политики в отношении предприятий по производству сельскохозяйственной техники: использование таможенных механизмов для ограничения доступа зарубежной техники на белорусский рынок, но не ниже предела, при котором конкуренция зарубежных производителей перестанет стимулировать повышение качества отечественных машин и оборудования.

6. Научное обоснование оптимального состава машинно-тракторного парка сельскохозяйственных организаций в зависимости от их размера и специфики производства: до 4,5 тыс. га; 4,5–8 тыс. га; свыше 8 тыс. га.

7. Разработка и реализация на государственном уровне мер по ускоренному комплектованию сельскохозяйственных предприятий квалифицированными специалистами и механизаторами, по повышению аграрного менеджмента в целом и менеджмента в сфере технического обеспечения.

8. Государственная поддержка (правовая, экономическая, организационная, методическая) форм и методов продвижения сельскохозяйственной техники от производителей до конечных потребителей, совершенствования технического агросервиса, концентрации и специализации как производства машин, так и их эффективного использования.

9. Создание вторичного рынка сельскохозяйственной техники, дальнейшая реорганизация системы технического и технологического сервиса.

Заключение

Реализация этих направлений приведет к изменению структуры спроса, а следовательно, и структуры предложения на рынке сельскохозяйственной техники и ремонтно-технических услуг, цен и тарифов, емкости первичного и вторичного рынков. Это, в свою очередь, потребует введения в действие адекватных рыночных механизмов их развития как инструментов технической модернизации АПК, его оснащения современной техникой, регулирования экономики сельскохозяйственного производства, что обеспечит высокий уровень его конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках.

21.09.12

Литература

1. Шайтан, Б.И. Инновации в АПК и роль службы сельскохозяйственного консультирования / Б.И. Шайтан // Инновационная деятельность в АПК: опыт и проблемы: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 13–14 января 2005 г. / ВНИИЭСХ. – М., 2005. – С. 207.
2. Статистика науки и инноваций: Краткий терминологический словарь / Под ред. Л.М. Гохберга. – М.: ЦИСН, 1996. – С. 30–31.
3. Гусаков, В.Г. Экономика и организация сельского хозяйства в условиях становления рынка: научный поиск, проблемы, решения / В.Г. Гусаков. – Минск: Беларус. наука, 2008. – 431 с.
4. Шамхалов, Ф. Прибыль – основной показатель результатов деятельности организации / Ф. Шамхалов // Экономика, финансы, управление. – 2000. – № 6. – С. 19–22.
5. Донцова, Л.В. Анализ финансовой отчетности / Л.В. Донцова, Н.А. Никифорова // Финансовый менеджмент. – 2009. – № 1. – С. 25–28.

Введение

В условиях рыночных отношений предприятия, чтобы выжить в конкурентной борьбе, стремятся организовать производство на инновационной основе. Конкурентный рынок является важным позитивным условием, мотивирующим субъекты хозяйствования к инновациям. Применяя нововведения, предприятия могут снизить издержки производства, что обеспечит им большую долю на рынке и получение дополнительной прибыли; производить новую или улучшенную продукцию, что создает для них возможность получить добавочный доход за счет монопольной позиции на рынке. Внедрение инноваций позволяет хозяйствующим субъектам сохранить конкурентные преимущества и не потерять свою долю на рынке.

Основная часть

Понятие «инновация» впервые появилось в научных исследованиях культурологов еще в XIX в. и означало введение некоторых элементов одной культуры в другую.

Обычно речь шла об инфильтрации европейских обычаев и способов организации в традиционные азиатские и африканские общества. И только в начале XX столетия стали изучаться закономерности технических нововведений.

Основоположником теории инноваций считают Й. Шумпетера [1]. Он в своей работе «Теория экономического развития», изданной в 1912 г., рассматривал инновацию (новые комбинации) как средство предпринимательства для получения прибыли. Автор предпринимателями называл «хозяйственные субъекты, функцией которых является как раз осуществление новых комбинаций и которые выступают как их активный элемент». Позднее, в 30-х годах, Й. Шумпетер выделил пять типичных изменений в экономическом развитии: использование новой техники, новых технологических процессов или нового рыночного обеспечения производства (купля-продажа); внедрение продукции с новыми свойствами; использование нового сырья; изменения в организации производства и его материально-техническом обеспечении; появление новых рынков сбыта.

Значительный вклад в исследование инноваций внес Н.Д. Кондратьев, который обосновал теорию больших циклов продолжительностью 50–60 лет, разработал модели циклов конъюнктуры. Он доказал,

что переход к новому циклу связан с расширением запаса капитальных благ, создающих условия для массового внедрения накопившихся изобретений. Н.Д. Кондратьев связывал переход к новому циклу с техническим прогрессом: «Перед началом повышательной волны каждого большого цикла, а иногда в самом ее начале, – писал он, – наблюдаются значительные изменения в условиях хозяйственной жизни общества. Эти изменения обычно выражаются в той или иной комбинации, в значительных технических изобретениях и открытиях, в глубоких изменениях техники производства и обмена» [2].

Главную роль в изменениях экономической жизни общества Н.Д. Кондратьев отводил научно-техническим новациям. В мировой экономической литературе «инновация» интерпретируется как превращение потенциального научно-технического прогресса в реальный, воплощающийся в новых продуктах и технологиях.

В исследованиях отечественных экономистов термин «инновация» стал широко применяться с переходом экономики к рыночным отношениям. До этого в отечественной экономической литературе проблематика нововведений широко освещалась в рамках исследований научно-технического прогресса, развития науки и техники.

В настоящее время авторитетным центром, организующим исследования, связанные с понятием инноваций и инновационной деятельности, является Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР). Результаты теоретических и практических работ формализуются в систему руководств так называемого семейства Фраскати. Центральным методическим документом, определяющим понятия инноваций и инновационной деятельности, является «Руководство ОСЛЮ». Проработанными в «Руководстве ОСЛЮ» на момент его выхода (в редакции 2002 г.) являются инновации применительно к новым продуктам, техническим изменениям и социальным услугам. Международные стандарты не охватывают нововведения в области организации и управления. На основе изучения в экономической литературе последних лет понятия «инновация» можно утверждать, что существует множество его определений.

Так, по мнению Б. Санто, инновация – это такой общественный – технический – экономический процесс, который через практическое использование идей и изобретений приводит к созданию лучших по своим свойствам изделий, технологий [3]. Д.И. Кокурин под инновацией понимает результат деятельности по обновлению, преобразованию предыдущей деятельности, приводящей к замене одних элементов другими либо к дополнению уже имеющихся новыми [4]. По мнению Р.А. Фатхутдинова, инновации – это конечный результат внедрения новшества с целью изменения объекта управления и получения экономического, социального, экологического, научно-технического или другого вида эффекта [5].

Анализ существующих определений термина «инновация» позволяет констатировать, что распространены три точки зрения. Первая – инновация отождествляется с нововведением, новшеством. Вторая точка зрения – инновация рассматривается как процесс создания новой продукции, технологии, новшество в сфере организации, экономики и управления производством, то есть как результат творческого процесса. Третья – инновация как процесс внедрения в производство новых изделий, элементов, подходов, качественно отличных от предшествующего аналога.

Применительно к АПК инновации представляют собой реализацию в хозяйственной практике результатов исследований и разработок в виде новых сортов растений, пород и видов животных и птицы, новых или улучшенных продуктов питания, материалов, новой техники, новых технологий в растениеводстве, животноводстве и перерабатывающей промышленности, новых форм организации и управления различными сферами экономики, новых подходов к социальным услугам, позволяющих повысить эффективность производства.

Инновации тесно связаны с таким понятием, как инновационный процесс. Инновационный процесс представляет комплекс последовательных работ от получения новой идеи до использования ее потребителем в виде нового или усовершенствованного продукта, технологического процесса, новых способов организации и управления производством. Его можно представить в виде структуры, состоящей из следующих звеньев: сферы, производящей нововведения, организационно-экономического механизма передачи новшеств, потребителей инновационной продукции. Регулирует и координирует этот процесс государство.

В целях системной модернизации национальной экономики, ее структурной перестройки и повышения конкурентоспособности белорусских товаров (работ, услуг) на внутреннем и внешних рынках Советом Министров Республики Беларусь утверждена Государственная программа инновационного развития Республики Беларусь на 2011–2015 годы.

В части системной модернизации производства организаций агропромышленного комплекса страны основными задачами направления «Агропромышленные технологии и производства» являются проведение мероприятий по реконструкции и техническому переоснащению действующих мощностей, внедрение новых прогрессивных технологий в целях повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции, продвижения ее на внешние рынки и сокращения импорта, перевод сельскохозяйственных и перерабатывающих производств на качественно новый уровень.

В 2011–2015 годах в сельскохозяйственной сфере деятельности предполагается применение принципиально новых для аграрного сектора организационных и технологических инноваций (заказчик – Минсельхозпрод Республики Беларусь совместно с НАН Беларуси).

В растениеводстве планируется выведение новых высокоурожайных сортов и гибридов, адаптированных к различным зональным особенностям Республики Беларусь, что позволит свести к минимуму государственные дотации; создание производства современных экологически безопасных средств защиты растений на основе использования местных сырьевых ресурсов (жидкие медьсодержащие отходы, мочевины, водный аммиак и другие) и методов борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур; создание экологически безопасных технологий производства и применения комплексных биоминеральных удобрений.

В животноводстве предусматривается создание высокого генетического потенциала на основе применения новейших методов селекции и разведения, а также достижений науки по трансплантации эмбрионов и ДНК-технологий; создание экологически безопасных препаратов и адаптивных технологий заготовки и сохранения кормовых ресурсов для нужд животноводства.

Кроме того, в 2011–2015 годах предполагается создание:

- племенной свиноводческой фермы (нуклеуса) по разведению специализированных мясных пород и строительство станции по искусственному осеменению свиней, что позволит обеспечить получение новых высокопродуктивных пород и групп сельскохозяйственных животных, комплектование свинокомплексов высокогенетическим поголовьем, сокращение закупки указанных пород скота по импорту;
- репродуктора первого порядка (множителя) на 1000 свиноматок для получения племенного молодняка для родительских ферм свиней F1 для комплектования свиноводческих комплексов;
- племенного комплекса на 350 голов для обеспечения государственных племенных предприятий и племенных заводов племенным материалом с высоким генетическим потенциалом и для ускоренного формирования скота белорусского молочного типа.

Запланированы разработка и внедрение в производство перевязочных бактерицидных материалов для ветеринарии с покрытием из наночастиц металлов (меди, серебра, цинка, железа и других), реконструкция цеха по производству стерильных противомикробных препаратов в УП «Могилевский завод ветеринарных препаратов», цехов по розливу жидких и по производству сыпучих ветеринарных препаратов в УП «Минский завод ветеринарных препаратов», что позволит обеспечить снижение заболеваемости и непродуцибельного выбытия сельскохозяйственных животных.

В механизации сельского хозяйства планируется создание отечественных высокопроизводительных комплексов и систем сельскохозяйственных машин и оборудования, соответствующих по качеству, надежности и ресурсосбережению лучшим зарубежным аналогам, что позволит

повысить производительность труда в сельскохозяйственном производстве в 1,4–1,5 раза.

В перерабатывающей промышленности Минсельхозпродом и концерном «Белгоспищепром» совместно с облисполкомами предусмотрено внедрение в производство ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий производства бактериальных концентратов для молочных продуктов (криозамораживание), белковых, витаминизированных экспандированных пищевых продуктов из зернового сырья, сухого молочного продукта для питания детей с проявлениями пищевой аллергии, новых продуктов питания, расширение ассортимента производимой продукции, повышение качества традиционной для Республики Беларусь сельскохозяйственной продукции и продуктов питания.

В научной литературе инновации принято классифицировать по ряду признаков – степени радикальности, значимости в экономическом развитии, подразделяя их на базисные, улучшающие и псевдоинновации (рационализирующие).

По направленности результатов инновации делят на продуктовые и процессные. Продуктовые инновации охватывают внедрение новых или усовершенствованных продуктов. Они включают применение новых материалов, новых полуфабрикатов и комплектующих, получение новых продуктов.

Процессные инновации делятся на технологические – новые технологии производства продукции; организационно-управленческие – новые методы организации производства, транспорта, сбыта и снабжения, новые организационные структуры управления и социальные. По предмету и сфере применения в АПК целесообразно выделить четыре типа инноваций: селекционно-генетические; технико-технологические и производственные; организационно-управленческие и экономические; социально-экологические (таблица 36). Первый тип инноваций присущ только сельскому хозяйству.

Следует отметить, что инновационные процессы в АПК имеют свою специфику. Они отличаются многообразием региональных, отраслевых, функциональных, технологических и организационных особенностей.

Одна из особенностей сельского хозяйства состоит в том, что здесь наряду с промышленными средствами производства активное участие в производственном процессе принимают живые организмы – животные и растения. Развитие их подчинено действию естественных законов и зависит от таких естественных факторов, как климат, погода, тепло, влага, свет и пища.

Расширенное воспроизводство в сельском хозяйстве протекает во взаимодействии экономических и естественно-биологических процессов. Поэтому при управлении инновациями необходимо учитывать требования не только экономических законов, но и законов природы: равнозначности,

незаменимости и совокупности жизненных факторов, законов минимума, оптимума и максимума. Действие закона незаменимости факторов производства проявляется в том, что, например, селекцией не компенсировать удобрения, сортом нельзя возместить пробелы агротехники, племенным делом не заменить корма. Согласно закону минимума, рост производства сдерживается тем фактором, который находится в минимуме. Например, уровень продуктивности скота определяется тем веществом, наибольшее количество которого находится в кормовом рационе; в соответствии с законом максимума превышение какого-либо одного питательного вещества сверх потребности животного не приведет к повышению его продуктивности. Комплексный характер инноваций в АПК обуславливает специфические требования к инновационному механизму. Классификация типов инноваций в АПК приведена в таблице 36.

Таблица 36 – Классификация типов инноваций в АПК

| Селекционно-генетические | Технико-технологические и производственные | Организационно-управленческие | Социально-экологические |
|--|--|---|--|
| <p>Новые сорта и гибриды сельскохозяйственных растений.</p> <p>Новые породы, типы животных и кроссы птицы.</p> <p>Создание растений и животных, устойчивых к болезням и вредителям, неблагоприятным факторам окружающей среды.</p> | <p>Использование новой техники.</p> <p>Новые технологии возделывания сельскохозяйственных культур.</p> <p>Новые индустриальные технологии в животноводстве.</p> <p>Научно обоснованные системы земледелия и животноводства.</p> <p>Новые удобрения и их системы.</p> <p>Новые средства защиты растений.</p> <p>Биологизация и экологизация земледелия.</p> <p>Новые ресурсосберегающие технологии производства и хранения пищевых продуктов, направленные на повышение потребительской ценности продуктов питания.</p> | <p>Развитие кооперации и формирование интегрированных структур в АПК.</p> <p>Новые формы технического обслуживания и обеспечения ресурсами АПК.</p> <p>Новые формы организации и мотивации труда.</p> <p>Новые формы организации и управления в АПК.</p> <p>Маркетинг инноваций.</p> <p>Создание инновационно-консультативных систем в сфере научно-технической и инновационной деятельности.</p> <p>Концепции, методы выработки решений.</p> <p>Формы и механизмы инновационного развития.</p> | <p>Формирование системы кадров научно-технического обеспечения АПК.</p> <p>Улучшение условий труда, решение проблем здравоохранения, образования и культуры тружеников села.</p> <p>Оздоровление и улучшение качества окружающей среды.</p> <p>Обеспечение благоприятных экологических условий для жизни, труда и отдыха</p> |

Сложность аграрного производства и его особенности определяют своеобразие подходов и методов управления инновационным процессом, сочетание различных типов инноваций, усиление роли государства в стимулировании инноваций.

Следует отметить, что сложность и особенности сельскохозяйственного производства характеризуются высоким уровнем рисков инновационных процессов. Риск финансирования научно-производственных результатов, риск временного разрыва между затратами и результатами, неопределенность спроса на инновационную продукцию не заинтересовывают частных инвесторов вкладывать капитал в развитие сельского хозяйства.

Анализ условий и факторов, влияющих на инновационное развитие АПК, позволил подразделить их на негативные (сдерживающие инновационное развитие) и позитивные (способствующие ускорению инновационных процессов).

К факторам, сдерживающим инновационное развитие АПК Беларуси, нами отнесены:

- слабое управление НТП, отсутствие тесного взаимодействия государства и частного бизнеса;
- снижение затрат на аграрную науку. Фактические данные показывают существенную разницу между структурой затрат в Беларуси и за рубежом на исследования и разработки в сфере АПК (таблица 37);
- неподготовленность кадров;
- низкий уровень маркетинговой работы;
- низкий уровень платежеспособного спроса на инновационную продукцию;
- резкое снижение финансирования мероприятий по освоению научно-технических достижений в производстве и соответствующих инновационных программ;
- до настоящего времени не разработаны механизмы, стимулирующие развитие инновационного процесса в АПК.

Таблица 37 – Структура расходов на исследования и разработки в сфере АПК по источникам финансирования, %

| Страна (регион) | Средства заказчика на разработки со стороны отраслевых министерств и ведомств | Консолидированные государственные (бюджетные) средства | Прочие источники (хозрасчетные средства, ресурсы агропромышленных и научных организаций и др.) |
|------------------|---|--|--|
| Беларусь | 35 | 50 | 15 |
| Россия | 33 | 55 | 12 |
| Европейский союз | 55 | 35 | 10 |
| Страны ОЭСР | 65 | 30 | 5 |
| США | 70 | 25 | 5 |

К факторам, способствующим инновационному развитию АПК Беларуси, нами отнесены:

- отход от административного управления экономикой;
- многообразии форм хозяйствования;

- емкий продовольственный рынок;
- сохранившийся научно-образовательный и производственный потенциал.

Анализ состояния и оценка инновационной деятельности в АПК республики свидетельствуют, что этот процесс характеризуется низким уровнем активности при значительном научном потенциале. Освоение нововведений наблюдается, в основном, на перерабатывающих предприятиях АПК и в индустриальных сельхозорганизациях (на птицефабриках и в тепличных комбинатах). Доля агропромышленных предприятий, являющихся наиболее динамичными потребителями новшеств, составляет 8–10 % от общего числа всех организаций (для справки: в 2000–2001 гг. их было 2–3 %). В большинстве аграрных предприятий и хозяйств преобладают примитивные методы и технологии, применяются устаревшие сорта сельскохозяйственных культур и породы скота, несовершенные формы организации и управления.

Отход от инновационного развития связан, прежде всего, с резким снижением платежеспособного спроса на научно-техническую и наукоемкую продукцию из-за тяжелого финансового состояния организаций, резкого снижения объема средств из бюджетных источников финансирования, невозможности получить кредиты. Ограниченность ресурсов, направляемых на инновации, создает проблему выбора приоритетов как по направлениям, так и по субъектам инновационной деятельности.

Слабым звеном в развитии инновационной деятельности является неразвитость рынка инновационной продукции, отсутствие эффективного организационно-экономического механизма управления инновационными процессами. Научно-технические разработки далеко не всегда представляют собой продукт, готовый для эффективной реализации в агропромышленном производстве. Отсутствуют структуры, занимающиеся изучением спроса на инновации. При отборе инновационных проектов не проводится их экономическая экспертиза, не рассматриваются показатели эффективности освоения и не отрабатываются схемы продвижения полученных результатов в производство. Оценка ситуации в АПК республики свидетельствует, что активизация инновационной деятельности без реализации системы мер прежде всего финансового оздоровления и поэтапного восстановления производства становится затруднительной. Для развития инновационных процессов предстоит решить целый ряд задач государственной инновационной политики.

В растениеводстве инновационные процессы должны быть направлены на: увеличение объемов производимой растениеводческой продукции на основе повышения плодородия почвы, роста урожайности сельскохозяйственных культур и улучшения качества продукции; преодоление процессов деградации и разрушения природной среды и экологизацию производства; снижение расхода энергоресурсов и уменьшение за-

висимости продуктивности растениеводства от природных факторов; повышение эффективности использования орошаемых и осушенных земель; экономию трудовых и материальных затрат; сохранение и улучшение экологии окружающей среды. В связи с этим инновационная политика в области растениеводства должна строиться на совершенствовании методов селекции – создании новых сортов сельскохозяйственных культур, обладающих высоким продуктивным потенциалом, на освоении научно обоснованных систем земледелия и семеноводства.

В современных условиях нестабильного развития животноводства, резкого спада животноводческой продукции для повышения производственного потенциала отрасли важное значение имеет использование биологического блока инноваций, достижений отечественной и мировой селекции, отражающих важнейшие направления совершенствования селекционно-генетического потенциала, от которого непосредственно зависят уровень продуктивности животных, эффективное использование кормовых ресурсов, освоение ресурсосберегающих технологий, направленных на повышение уровня интенсивности и эффективности производства.

Не менее важное значение в развитии инновационного процесса в животноводстве принадлежит технологической и научно-техническим группам инноваций, которые связаны с индустриализацией производства, механизацией и автоматизацией производственных процессов, модернизацией и техническим перевооружением производства, освоением наукоемких технологий, ростом производительности труда, обуславливающими уровень и эффективность производства продукции животноводства.

Внедрение высокоадаптивных ресурсосберегающих технологий производства продукции животноводства на основе инновационной деятельности при широком использовании автоматизации и компьютеризации производства, машин и оборудования нового поколения, робототехники и электронных технологий, восстановление и совершенствование производственно-технического потенциала животноводческих комплексов и птицефабрик являются определяющими направлениями повышения эффективности производства продукции.

Заключение

Обобщив сведения из отечественных и зарубежных экономических научных источников, можно сделать следующие выводы:

- инновационное развитие – это, прежде всего, конструктивная созидательная динамика, обеспечивающая создание и реализацию инноваций и на этой основе – получение существенных конкурентных преимуществ;
- специфика ведения аграрного производства предопределяет своеобразие подходов и методов управления инновационным процессом,

сочетание различных типов инноваций, усиление роли государства в стимулировании инноваций.

21.09.12

Литература

1. Шумпетер, Й. Теория экономического развития / Й. Шумпетер. – М.: Прогресс, 1982. – С. 169–170.
2. Кондратьев, Н.Д. Избранные сочинения / Н.Д. Кондратьев. – М.: Экономика, 1993. – С. 47.
3. Санто, Б. Инновация как средство экономического развития: пер. с венгер. / Б. Санто. – М.: Прогресс, 1990. – С. 24.
4. Кокурин, Д.И. Инновационная деятельность / Д.И. Кокурин. – М.: Экзамен, 2001. – С. 10.
5. Фатхутдинов, Р.А. Конкурентоспособность: экономика, стратегия, управление / Р.А. Фатхутдинов. – М.: ИНФРА-М, 2000. – 312 с.

УДК 637.1.02

В.О. Китиков

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

БАЗОВЫЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ НАУЧНО- ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА

Введение

Дальнейшее развитие молочного животноводства, как и сельскохозяйственного производства в целом, в условиях сокращения потребления ископаемых видов топлива требует перехода на энерго- и ресурсосберегающие технологии, соответствующие V_{-му} и VI_{-му} технологическим укладам. Вместе с тем в настоящее время доминирующими остаются технологии привязного содержания коров с доением в стойлах, применяемые примерно на 75 % от общего количества молочных ферм. Такие технологии существенно ограничивают возможность снижения удельных ресурсных затрат и повышения качества производимой продукции.

Главными факторами интенсификации производства как основы научно-технического прогресса в отрасли являются минимальный уровень затрат на единицу произведенной продукции, включая прямые затраты энергии, кормов и живого труда; надежность и долговечность, соответствующие передовому научно-техническому уровню машин и оборудования; экологическая обоснованность применения технологий и технических средств; научное и организационно-технологическое обеспечение стабильного высокого качества молочного сырья. При этом важнейшим резервом повышения объема его производства является

увеличение продуктивного долголетия дойных коров на основе применения щадящих методов доения и технологического оборудования, адекватно отвечающего физиологическим состояниям животных.

Методика обоснования эффективных стереотипов механизированного доения

В зависимости от степени влияния режимов работы доильной установки и материала рабочих органов на состояние животного во время и после доения определяется уровень физиологичности оборудования. Процесс обоснования эффективных стереотипов механизированного доения (ЭСМД) включает три этапа: оценку рабочих органов и режимов работы доильной установки по техническим параметрам и технологическую оценку показателей состояния вымени и динамики молокоотдачи; оценку эффективности внедрения; формирование базы данных ЭСМД для заданных производственно-климатических условий. Показатели технологической оценки ЭСМД могут быть объединены в один обобщенный показатель, предложенный профессором Л.П. Карташовым [1, с. 31]:

$$K_t = (1 - П/100)^2 + (1 - V_{cp}/V_{max})^2, \quad (1)$$

где $П$ – полнота извлечения молока из вымени, %;

V_{cp} – средняя фактическая скорость доения, $кг/мин.$;

V_{max} – средняя максимальная скорость доения, $кг/мин.$

Предложенная методика обоснования ЭСМД может быть представлена в виде блок-схемы (рисунок 118). Методика может включать также оценку эффективности внедрения, которая проводится на основе общепринятых энергетических и экономико-энергетических расчетов.

Концепция и базовые условия развития научно-технического уровня технологического оборудования для производства молока

Проведенные многочисленные исследования, ориентированные, как правило, на технологии привязного содержания коров и доение в стойлах, позволили сформировать методологию биотехнической системы «человек – машина – животное». Вместе с тем на фоне устойчивой тенденции развития молочно-товарных ферм и комплексов с технологией беспривязного содержания очевидной проблемой стала низкая эффективность функционирования подсистемы «машина – животное» из-за отсутствия научно обоснованных методов щадящего машинного доения и соответствующего им технологического оборудования, способного взаимодействовать с информационными управляющими системами. Как следствие, в практической плоскости внедрения выделяется проблема формирования эффективных технологических комплектов машин и оборудования для производства молока.

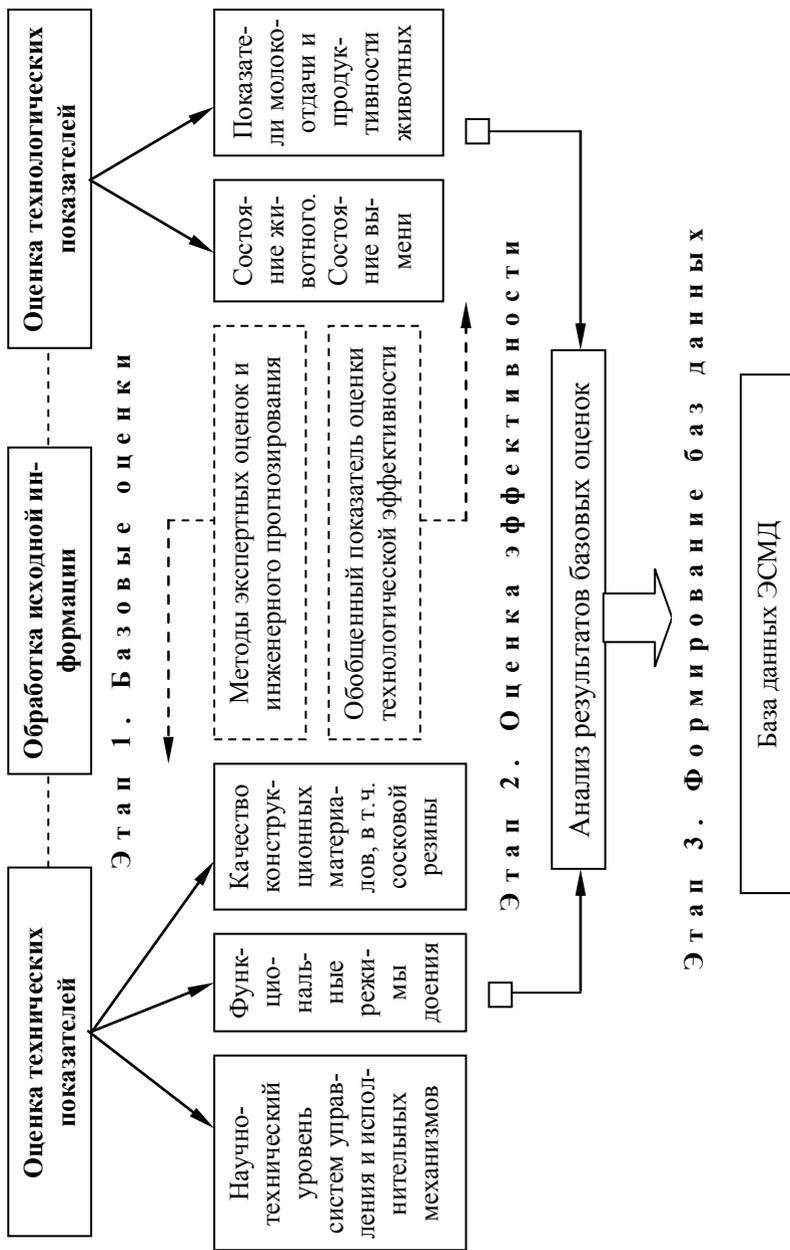


Рисунок 118 – Блок-схема методики обновления ЭСМД

Научное обоснование ресурсоэффективного производства молока, исследования и разработка новейшего технологического оборудования являются актуальной народнохозяйственной задачей. При этом в качестве важного нерешенного вопроса выделяется повышение продуктивного долголетия животных и качества молока на основе усовершенствованных технических средств, адекватно отвечающих физиологическим состояниям животных.

Отсутствие в настоящее время обобщенного научного материала по методологии создания и эффективного внедрения этих технических средств создает трудности при проектировании перспективных цехов промышленного производства молока, приводит к несоответствию требований по щадящему воздействию на организм коровы и условий эксплуатации оборудования, а в конечном счете – к дискредитации многих инновационных технологических решений. В контексте биотехнической системы «человек – машина – животное» предложена научная концепция разработки и эффективного внедрения оборудования нового поколения для производства молока высокого качества. Она опирается на следующую научную гипотезу. Проблема снижения ресурсоемкости получения молочного сырья должна решаться путем непрерывного развития научно-технического уровня технологического оборудования, а достижение стабильного высокого качества молока – на основе адаптации этого оборудования к физиологическим состояниям животных.

Проблема «физиологичности» рабочих органов доильного аппарата, взаимодействующих с выменем животного, была остро обозначена учеными во второй половине XX века в связи с многообразием технических подходов в доении, а также с развитием интенсивных технологий промышленного производства молока, эффективность внедрения которых зависит в том числе и от сохранения здоровья и стабильной продуктивности животных на протяжении не менее пяти периодов лактаций.

Многочисленными исследованиями, в том числе известных физиологов Н.Е. Введенского и И.Г. Велитока, профессора Л.П. Карташова [1, 2], установлено, что «максимальная молокоотдача возможна только при условии возбуждения полноценного рефлекса, являющегося результатом условных и безусловных рефлекторных реакций организма на определенные виды раздражения». Условие адекватности в текущий момент времени настроек доильного оборудования физиологическому состоянию животного – основа развития щадящего доения.

Исходя из стратегии и логики развития системы машин в подотрасли молочного животноводства, сформулированы базовые условия для реализации научной концепции системы машинных технологий, адаптированных к физиологическим состояниям животных. Базовые условия составляют основу для непрерывного развития научно-технического уровня технологического оборудования для производства молока:

- обоснование эффективного модельного ряда доильных установок, отвечающих физиологии животных, интегрированных в отраслевые информационно-управляющие системы (ИУС);
- формирование технологических комплектов для поставки потребителю как элементов системы машин;
- создание системы управления качеством при производстве и эксплуатации наукоемкого технологического оборудования;
- обеспечение планово-предупредительной системы сервисного обслуживания;
- развитие системы профессиональной подготовки кадров.

Одним из важных звеньев, замыкающих цепочку производства и внедрения наукоемкой продукции, является система непрерывной подготовки и переподготовки высококвалифицированных кадров, способных реализовать преимущества инновационной техники и информационных технологий в количестве и качестве молочного сырья.

Анализ технологического и научно-технического уровня молочно-товарного производства дает представление о наиболее значимых факторах его эффективности. Это генетический потенциал животных, кормовая база, технологическая и техническая оснащенность предприятий, производящих молочное сырье, а также уровень подготовки специалистов и обслуживающего персонала. Удельный вес последнего в эффективности производства и в конечной продукции, по нашим данным, достигает 30 %, в то время как доля фактора совершенства технологического оборудования не превышает 10 % (рисунок 119). Вместе с тем именно этот фактор в целом определяет научно-технический уровень производства. Повышение научно-технического уровня оборудования для производства молока, в частности доильных установок, является основным условием развития комплексной системы подготовки-переподготовки кадров: операторов машинного доения, слесарей-наладчиков, специалистов инженерной и зоотехнической служб.

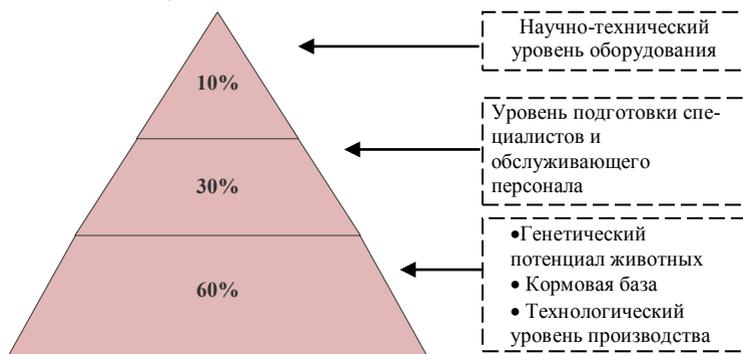


Рисунок 119 – Удельный вес составляющих эффективного производства молока

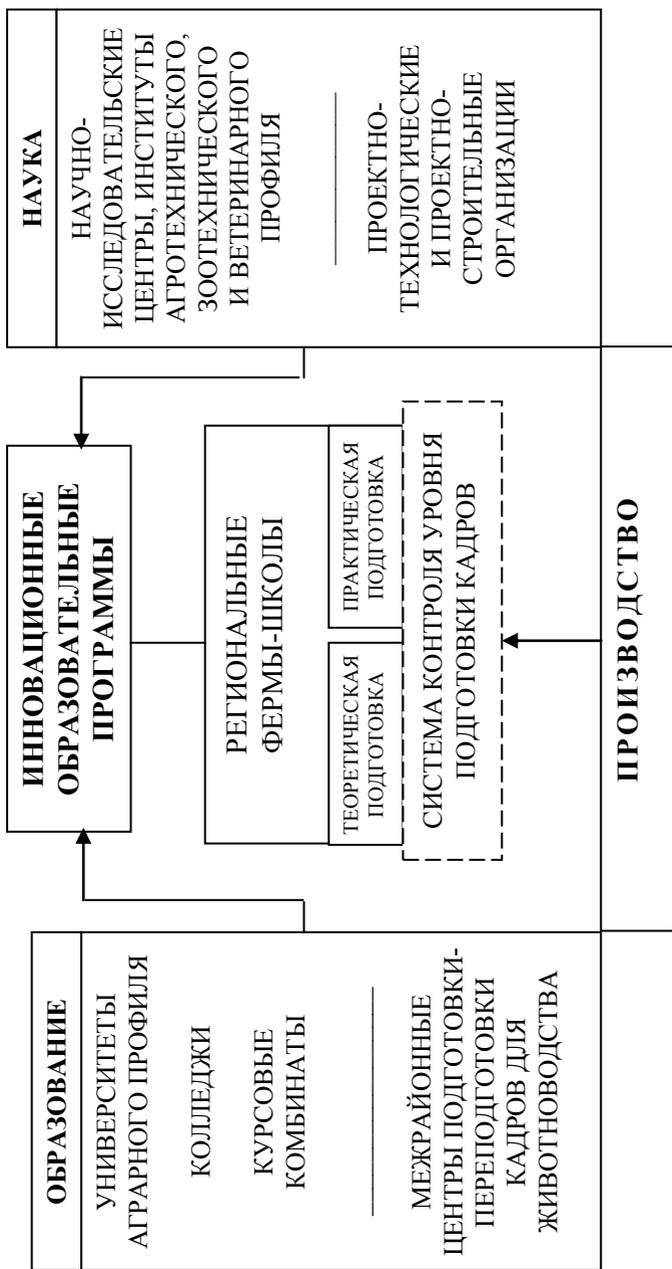


Рисунок 120 – Комплексная система подготовки-переподготовки кадров в отрасли молочного животноводства

Взаимодействие учебных и научно-исследовательских ресурсов должно стать основой для выполнения долгосрочных инновационных образовательных программ, рассчитанных на высокий уровень теоретической и практической подготовки специалистов отрасли (рисунок 120).

Среди базовых направлений по подготовке кадров для промышленного молочно-товарного производства должны появиться следующие, продиктованные научно-техническим прогрессом:

- Эксплуатация и обслуживание автоматизированных доильных установок и роботов доения.
- Эксплуатация и обслуживание роботизированных кормоцехов, кормоприготовительных станций и линий раздачи кормосмесей.
- Методы и средства диагностики и сервисного обслуживания технологического оборудования МТФ, включая станции кормления коров, автоматизированное оборудование для выпойки телят и удаления навоза.
- Эксплуатация и обслуживание систем управления стадом на молочно-товарных фермах с АСУ ТП.
- Обслуживание автоматизированной системы обмена данными АСУ ТП МТФ и информационной базы племенного и зоотехнического учета.

Доильные установки нового поколения оснащены электронным оборудованием для управления процессами доения и промывки. Это повышает требования к качеству обслуживания и предполагает участие в сервисе специально обученного персонала.

Отдельной комплексной задачей повышения эффективности внедрения технологического оборудования для МТФ является разработка методологии и аппаратного оснащения системы сервисного обслуживания доильного оборудования, которая предполагает создание технологических процессов диагностирования и наладки оборудования, обоснование комплектов приборов и приспособлений для сервисного обслуживания оборудования, подготовку нормативно-технической документации на эксплуатацию и ремонт машин с каталогами основного оборудования и приборов.

Основу исследований в системе технического сервиса составляет обоснование и развитие его базовых составляющих (рисунок 121), среди которых методическая и технологическая базы технического сервиса, определяющие его качественный уровень.

Исследования предполагают как развитие централизованного сервисного обслуживания доильного оборудования с созданием соответствующих специализированных подразделений мобильных и стационарных технических средств, так и варианты обслуживания на местах силами персонала фермы [3, 187-191].

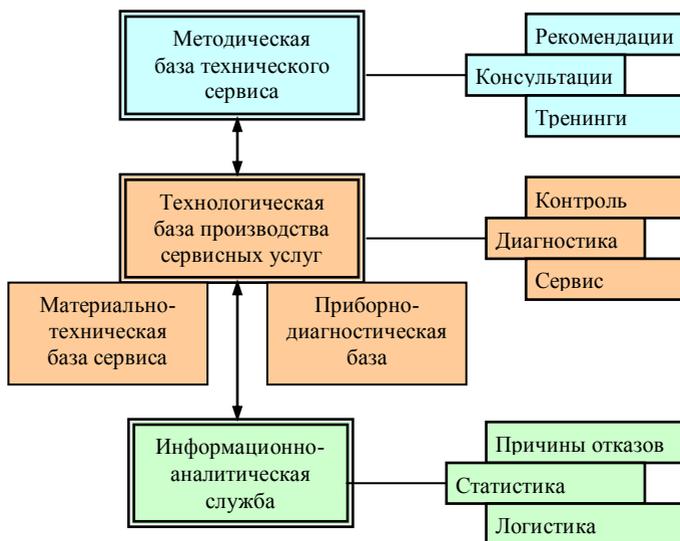


Рисунок 121 – Схема комплексного развития технического сервиса в молочном животноводстве

Следует отметить, что в случаях, когда новые доильные установки в масштабах района немногочисленны, создание централизованных специализированных подразделений, как правило, экономически не оправдано. Целесообразно развитие дилерской системы технического обслуживания доильных установок поставщиками (изготовителями). При этом в регионах, где имеется достаточное количество доильных установок, предприятие-изготовитель организует дилерский участок с персоналом, способным провести техническое обслуживание поставленного оборудования при наличии необходимого запаса комплектующих и расходных материалов. Такая форма проведения технического обслуживания будет являться менее затратной как для изготовителей в гарантийный период, так и для хозяйств.

По мере масштабного оснащения хозяйств новыми доильными установками эта форма технического обслуживания должна быть преобразована в централизованную. Наиболее эффективной формой работы межрайонного сервисного центра с хозяйствами, имеющими молочно-товарное производство, является сервис на основе договоров планово-предупредительного обслуживания.

Выводы

1. Эффективность функционирования биотехнической системы «человек – машина – животное» должна определяться исходя из условия сохранения и повышения продуктивного долголетия дойных коров.

Применяемое технологическое оборудование для производства молока должно разрабатываться с учетом принципа адекватности его физиологическим состояниям животных.

2. Предложенная методика построения системы машин для молочного животноводства основана на формировании эффективного модельного ряда доильных установок исходя из комплексного анализа производственно-климатических условий получения молока, с последующим формированием технологических комплектов оборудования для МТФ и МТК.

14.06.12

Литература

1. Карташов, Л.П. Машинное доение коров / Л.П. Карташов. – М.: Колос, 1982. – 301 с.
2. Велиток, И.Г. Молокоотдача при машинном доении коров / И.Г. Велиток. – М.: Московский рабочий, 1986. – 138 с.
3. Китиков, В.О. Ресурсоэффективные технологии производства молока / В.О. Китиков. – Минск: РУП НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2011. – 233 с.

УДК 631.364.1/2:636.085.51/.52

И.М. Лабоцкий, А.В. Ленский,

И.М. Ковалева

(РУП «НПЦ НАН Беларуси

по механизации сельского хозяйства»),

г. Минск, Республика Беларусь)

**ТЕХНОЛОГИИ
И КОМПЛЕКСЫ МАШИН
ДЛЯ ЗАГОТОВКИ
КОРМОВ С УПАКОВКОЙ
В ПОЛИМЕРНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ**

Введение

Сельхозпредприятиями республики в 2012 г. предусматривалось заготовить до 1,2 млн *t* сена, 10,6 млн *t* сенажа, 16 млн *t* силоса, а к концу пятилетки – увеличить объемы заготовки кормов в 1,3÷1,5 раза [1].

Ежегодно убирают 1403,3 тыс. *га* трав, в том числе 520 тыс. *га* многолетних и 883,2 тыс. *га* улучшенных лугопастбищных угодий. Преимущественными способами (технологиями) заготовки травяных кормов остаются заготовка сена в прессованном виде в рулонах и тюках; сенаж и силос с закладкой на хранение в траншейные хранилища. Эти способы приемлемы при безусловном выполнении технологических требований. Недопустимы отступления в части влажности корма, норм внесения консервантов, продолжительности заполнения хранилища, а главное – уплотнения массы (не менее чем 650 кг/м³) и надежности герметизации. При этом можно получить корм первого класса с потерями до 14 % [2]. Вместе с тем минимальные (не выше 8 %) потери и гарантированное получение кормов первого класса обеспечивают технологии

заготовки кормов с их укладкой в полимерные материалы. Широкое применение этих технологий сдерживается отсутствием производства в республике расходных материалов (крупногабаритных рукавов ($\varnothing 2,7 \text{ м}$), самоклеящейся стрейч-пленки).

Разновидности технологии заготовки кормов с упаковкой в полимерные материалы

Технология упаковки кормов в полимерные материалы получила в мире широкое распространение, зарекомендовав себя как экономически эффективная, надежная и обеспечивающая стабильно высокие результаты.

Рекомендуются несколько разновидностей данной технологии:

- заготовка сенажа и травяного силоса путем прессования исходного материала рулонными или тюковыми пресс-подборщиками с последующей индивидуальной обмоткой рулонов или тюков пленкой;
- упаковка рулонов в полимерный рукав с помощью специального упаковщика;
- упаковка измельченной сенажной или силосной массы в крупногабаритный полимерный рукав с помощью специализированного пресс-упаковщика [3].

Каждый из этих способов имеет свою сферу применения, технические, технологические и эксплуатационные особенности, но в одном они схожи: обеспечивают высокое качество получаемого корма, практически 100 %-ный уровень механизации технологического процесса и неоспоримые экономические преимущества по сравнению с традиционными способами заготовки.

При заготовке сенажа в рулонах с индивидуальной обмоткой пленкой скошенная в оптимальной фазе вегетации растительная масса подвяливается до влажности 50–55 %, сгребается в валки и прессуется рулонным пресс-подборщиком в рулоны до плотности от 400 кг/м^3 и выше. Заготовленные рулоны в течение не более 2–3 ч с момента прессования доставляются к месту хранения и с помощью мобильного обмотчика обматываются специальной самоклеящейся пленкой толщиной 0,025 мм. После герметизации в рулоне практически прекращаются дыхание клеток и нежелательные микробиологические процессы, благодаря чему корм по своей питательности почти не уступает исходному сырью. На заводе ОАО «Бобруйскагромаш» создан комплекс машин, включающий косилки, грабли-ворошилки, рулонные пресс-подборщики, обмотчики рулонов, погрузчики с захватами, транспортировщики рулонов, и освоено его производство. По результатам испытаний производительность комплекса машин составляет 25–30 т/ч.

В настоящее время начата разработка одной из разновидностей технологии, когда рулоны обматываются полимерной пленкой комбиниро-

ванной машиной (пресс-подборщиком, заблокированным с обмотчиком). При этом спрессованная в рулон сенажная масса поступает в обмотчик и обматывается пленкой. Имеющиеся зарубежные аналоги проходят испытания в республике, получены положительные результаты их применения, что говорит о целесообразности использования таких пресс-подборщиков-обмотчиков [4]. Наиболее приемлем этот способ заготовки кормов для кормления молодняка, скота на малых фермах КРС, для подсобных и фермерских хозяйств, а также КРС с удоем более 6000 л молока в год.

Технология заготовки сенажа в рулонах с упаковкой в полимерный рукав отличается лишь завершающей операцией: вместо индивидуальной обмотки рулоны последовательно заправляются в полимерный рукав диаметром 1,5 и длиной до 60 м специальным упаковщиком УПР-1, производство которого освоено ОАО «Бобруйскагроماش». Сохранность корма в рукаве находится на уровне индивидуально упакованных в пленку рулонов. Согласно проведенным испытаниям производительность комплекса машин составляет 40 т/ч [5].

В условиях республики наиболее перспективен третий способ заготовки сенажа и силоса – закладка измельченной массы в полимерный рукав большого диаметра с помощью пресс-упаковщика. Провяленная травяная масса подбирается самоходным комбайном-измельчителем и подается в транспортные средства для доставки к месту закладки на хранение. Силосная масса, в свою очередь, убирается путем прямого комбайнирования и также загружается в прицепы-емкости. Поступающая к месту закладки сенажная или силосная масса выгружается в приемный бункер пресс-упаковщика и нагнетается в крупногабаритный полимерный рукав. Плотность материала в рукаве достигает 850 кг/м^3 (при закладке силоса из кукурузы), производительность пресс-упаковщика – до 90 т/ч [6]. При наличии высокопроизводительных кормоуборочных комплексов и четкой организации работ за день можно заложить на хранение от 700 до 1000 т сенажа или кукурузного силоса. Упаковка измельченной сенажной и силосной массы в полимерный рукав осуществляется пресс-упаковщиком УСМ-1 производства ОАО «Бобруйскагроماش». В качестве упаковочного материала используется полимерный многослойный рукав диаметром 2,7 и длиной 75 м. Один рукав вмещает до 350 т корма. Следует отметить, что с помощью пресс-упаковщика УСМ-1 в крупногабаритные рукава можно закладывать на хранение плющенное зерно колосовых, кукурузу и жом.

Все разновидности технологии заготовки консервированных сочных кормов с упаковкой в полимерные рукава и пленки, помимо высокого качества корма, имеют целый ряд технологических и экономических преимуществ:

- заготовка кормов не зависит от погодно-климатических условий (процесс закладки можно без потерь приостановить на любой срок до наступления благоприятной погоды);
- для закладки кормов не требуется специальных хранилищ; корма, упакованные в пленку, могут храниться на любой подходящей по размеру площадке (вплоть до обочины дороги или окраины поля);
- потери питательных веществ при хранении не превышают биологически неизбежных (от 6 до 8 %);
- гарантийный срок хранения кормов в полимерной упаковке – не менее 2 лет;
- процесс заготовки полностью механизирован (трудозатраты 0,07–0,09 чел.-ч/т);
- высокое качество получаемого корма и его сохранность эквивалентны повышению продуктивности кормовых угодий и получению дополнительной продукции животноводства.

Необходимость внедрения новой технологии хранения кормов обусловлена отсутствием хранилищ под заготавливаемые объемы, а именно под 26,6 млн *t* сенажа и силоса. Хозяйства республики обеспечены траншейными хранилищами для хранения 21,4 млн *t* силосной и сенажной массы. Недостающие объемы траншейных хранилищ составляют 5,6 млн *t*. Этот объем корма и подлежит упаковке в полимерные материалы.

Расчет эффективности технологии заготовки кормов

Для реализации технологии в республике разработаны и освоены в производстве технологические комплексы машин общего и специального назначения; кроме того, готовится производство упаковочных материалов.

С учетом технических возможностей машин, входящих в технологические комплексы, произведен расчет экономической эффективности разновидностей технологии заготовки кормов [7, 8]. Расчеты приведены в таблицах 38 и 39. Из таблиц следует, что затраты на упаковку кормов в крупногабаритный рукав минимальны.

Эффективность способа обусловлена в первую очередь высокой производительностью упаковщика УСМ-1, которая в 2–3 раза превышает производительность других комплексов. Кроме того, исключены операции герметизации, перевозки и укладки балласта, что примерно в 2 раза снижает расход топлива на процессе. Себестоимость корма при технологии упаковки рулонов в рукава и пленку значительно выше, что обусловлено относительно высокой стоимостью расходных материалов и ограниченной производительностью специальных машин.

Таблица 38 – Расчет эффективности способов и комплексов машин для заготовки кормов

| Технологическая операция | Марка трактора | Марка машины | Затраты труда, чел.-ч/т | Расход топлива, л/т | Структура себестоимости, тыс. руб./т | | | | | |
|---|----------------|--------------|-------------------------|---------------------|--------------------------------------|-------------|--------------|---------|--------|--------------|
| | | | | | заработная плата | амортизация | ТО и ремонты | топливо | прочие | всего |
| Заготовка сенажа в траншеях | | | | | | | | | | |
| Скашивание | Беларус 1221 | КДН-3,1 | 0,03 | 0,34 | 0,58 | 0,73 | 0,48 | 2,15 | 0,39 | 4,33 |
| Ворошение | Беларус 820 | ВВР-7,5 | 0,01 | 0,09 | 0,17 | 0,39 | 0,21 | 0,55 | 0,13 | 1,45 |
| Сгребание | Беларус 820 | ГВБ-6,2 | 0,01 | 0,12 | 0,19 | 0,49 | 0,26 | 0,78 | 0,17 | 1,89 |
| Подбор с измельчением | КВК-800 | | 0,05 | 1,40 | 1,04 | 12,92 | 10,33 | 8,82 | 3,31 | 36,42 |
| Транспортировка измельченной массы | Беларус 1523 | ПС-60 | 0,02 | 0,61 | 0,50 | 1,50 | 0,77 | 3,84 | 0,66 | 7,28 |
| Трамбовка с внесением консерванта | Амкодор 352 | БОВК-400 | 0,03 | 0,35 | 0,52 | 1,02 | 0,85 | 2,21 | 0,46 | 5,05 |
| Герметизация траншеи | вручную | | 0,005 | – | 0,03 | – | – | – | – | 0,03 |
| Транспортировка балласта | Беларус 820 | 2ПТС-5 | 0,20 | 1,20 | 4,18 | 1,39 | 0,88 | 7,56 | 1,40 | 15,41 |
| Укладка балласта | вручную | | 0,005 | – | 0,03 | – | – | – | – | 0,03 |
| ИТОГО | | | 0,35 | 4,11 | | | | | | 71,90 |
| Потери продукции при заготовке - 14 %. Расход пленки на траншею емкостью 2 тыс. т - 2500 м ² . Стоимость пленки - 4 тыс. руб./м ² , или 5 тыс. руб./т. С учетом стоимости расходных материалов и потерь затраты составят (71,9+5)/0,86 = 89,4 тыс. руб./т . С учетом затрат на эксплуатацию и обслуживание вновь построенных хранилищ расходы на заготовку сенажа возрастут на 15 тыс. руб. за 1 т и составят 104,4 тыс. руб./т (в расчете на хранилище емкостью 2000 т, стоимость которого составляет порядка 500 млн руб.). | | | | | | | | | | |
| Заготовка сенажа в крупногабаритных рукавах диаметром 2,7 м | | | | | | | | | | |
| Скашивание | Беларус 1221 | КДН-3,1 | 0,03 | 0,34 | 0,58 | 0,73 | 0,48 | 2,15 | 0,39 | 4,33 |
| Ворошение | Беларус 820 | ВВР-7,5 | 0,01 | 0,09 | 0,17 | 0,39 | 0,21 | 0,55 | 0,13 | 1,45 |
| Сгребание | Беларус 820 | ГВЦ-6,6 | 0,01 | 0,08 | 0,17 | 0,44 | 0,24 | 0,50 | 0,14 | 1,49 |
| Подбор с измельчением | КВК-800 | | 0,05 | 1,40 | 1,04 | 12,92 | 10,33 | 8,82 | 3,31 | 36,42 |
| Транспортировка измельченной массы | Беларус 1523 | ПС-60 | 0,02 | 0,61 | 0,50 | 1,50 | 0,77 | 3,84 | 0,66 | 7,28 |
| Упаковка в рукав | Беларус 1221 | УСМ-1 | 0,01 | 0,13 | 0,30 | 1,77 | 0,77 | 0,81 | 0,37 | 4,02 |
| ИТОГО | | | 0,13 | 2,65 | | | | | | 55,00 |
| Емкость рукава составляет 350 т. Стоимость - 500 евро (5,5 млн руб.), или 15,7 тыс. руб./т. Потери продукции при заготовке – 8 %. С учетом стоимости расходных материалов и потерь себестоимость продукции составит (55,0+15,7)/0,92 = 76,8 тыс. руб./т . | | | | | | | | | | |
| Заготовка сенажа в рулонах с обмоткой в пленку | | | | | | | | | | |
| Скашивание | Беларус 1221 | КДН-3,1 | 0,03 | 0,34 | 0,58 | 0,73 | 0,48 | 2,15 | 0,39 | 4,33 |
| Ворошение | Беларус 820 | ВВР-7,5 | 0,01 | 0,09 | 0,17 | 0,39 | 0,21 | 0,55 | 0,13 | 1,45 |

Продолжение таблицы 38

| Технологическая операция | Марка трактора | Марка машины | Затраты труда, чел.-ч/м | Расход топлива, л/м | Структура себестоимости, тыс. руб./м | | | | | |
|---|----------------|------------------------|-------------------------|---------------------|--------------------------------------|-------------|--------------|---------|--------|--------------|
| | | | | | заработная плата | амортизация | ТО и ремонты | топливо | прочие | всего |
| Сгребание | Беларус 820 | ГВЦ-6,6 | 0,01 | 0,08 | 0,17 | 0,44 | 0,24 | 0,50 | 0,14 | 1,49 |
| 1 вар. Прессование | Беларус 820 | ПРМ-150 | 0,08 | 1,51 | 1,67 | 3,33 | 2,12 | 9,53 | 1,66 | 18,31 |
| 1 вар. Обмотка рулонов | Беларус 820 | ОР-1 | 0,07 | 0,60 | 1,39 | 1,90 | 0,89 | 3,78 | 0,80 | 8,76 |
| 2 вар. Прессование с обмоткой рулонов | Беларус 1221 | Comprima CF155XC | 0,03 | 0,55 | 0,68 | 16,10 | 9,83 | 3,46 | 3,01 | 33,08 |
| 3 вар. Прессование с обмоткой рулонов | Беларус 1221 | Welger RPC 445 Tornado | 0,03 | 0,49 | 0,57 | 12,53 | 7,65 | 3,09 | 2,38 | 26,22 |
| Погрузка рулонов | Беларус 820 | ПФС-0,75 | 0,22 | 1,78 | 4,64 | 2,09 | 1,15 | 11,20 | 1,91 | 20,99 |
| Транспортировка рулонов | Беларус 820 | ПТК-10 | 0,10 | 0,70 | 2,09 | 3,20 | 1,48 | 4,41 | 1,12 | 12,30 |
| Разгрузка рулонов | Беларус 820 | ПФС-0,75 | 0,22 | 1,78 | 4,64 | 2,09 | 1,15 | 11,20 | 1,91 | 20,99 |
| ИТОГО (1 вар) | | | 0,74 | 6,88 | | | | | | 88,64 |
| ИТОГО (2 вар) | | | 0,62 | 5,31 | | | | | | 94,64 |
| ИТОГО (3 вар) | | | 0,62 | 5,25 | | | | | | 87,78 |
| 1 вариант. Обмотка шпагатом и пленкой. 1 катушка шпагата - 1100 м, масса - 5 кг, стоимость - 180 тыс. руб. Расход шпагата - 60 м на рулон массой 500 кг, или 180/9,2=19,6 тыс. руб./м. 1 катушка пленки - 25 кг, стоимость - 155 евро (1,7 млн руб.). Расход пленки - 1 кг/рулон массой 500 кг или 1700/12,5=136 тыс. руб./м. 2 и 3 варианты. Обмотка сеткой и пленкой. 1 катушка сетки - 2000 м, стоимость - 125 евро (1375 тыс. руб.). Расход сетки - 13 м на рулон массой 680 кг или 1375/104=13,2 тыс. руб./м. 1 катушка пленки - 25 кг, стоимость - 155 евро (1,7 млн руб.). Расход пленки - 1,1 кг/рулон массой 680 кг, или 1700/15,4 = 110,4 тыс. руб./м. Потери продукции при заготовке - 6 %. С учетом стоимости расходных материалов и потерь себестоимость продукции по 1 варианту составит (88,64+19,6+136)/0,94 = 259,8 тыс. руб./м , по 2 варианту - (94,64+13,2+110,4)/0,94 = 232,2 тыс. руб./м , по 3 варианту - (87,78+13,2+110,4)/0,94 = 224,9 тыс. руб./м . | | | | | | | | | | |
| Заготовка сенажа в рулонах с упаковкой в рукав диаметром 1,5 м | | | | | | | | | | |
| Скашивание | Беларус 1221 | КДН-3,1 | 0,03 | 0,34 | 0,58 | 0,73 | 0,48 | 2,15 | 0,39 | 4,33 |
| Ворошение | Беларус 820 | ВВР-7,5 | 0,01 | 0,09 | 0,17 | 0,39 | 0,21 | 0,55 | 0,13 | 1,45 |
| Сгребание | Беларус 820 | ГВЦ-6,6 | 0,01 | 0,08 | 0,17 | 0,44 | 0,24 | 0,50 | 0,14 | 1,49 |
| Прессование | Беларус 820 | ПРМ-150 | 0,08 | 1,51 | 1,67 | 3,33 | 2,12 | 9,53 | 1,66 | 18,31 |
| Погрузка рулонов | Беларус 820 | ПФС-0,75 | 0,22 | 1,78 | 4,64 | 2,09 | 1,15 | 11,20 | 1,91 | 20,99 |
| Транспортировка рулонов | Беларус 820 | ПТК-10 | 0,10 | 0,70 | 2,09 | 3,20 | 1,48 | 4,41 | 1,12 | 12,30 |
| Разгрузка рулонов | Беларус 820 | ПФС-0,75 | 0,22 | 1,78 | 4,64 | 2,09 | 1,15 | 11,20 | 1,91 | 20,99 |
| Упаковка рулонов в рукав | Беларус 820 | УПР-1 | 0,05 | 0,18 | 1,04 | 6,17 | 2,57 | 1,13 | 1,09 | 12,00 |
| ИТОГО | | | 0,72 | 6,46 | | | | | | 91,88 |
| 1 катушка шпагата - 1100 м, масса - 5 кг, стоимость - 180 тыс. руб. Расход шпагата - 60 м на рулон массой 500 кг, или 180/9,2 = 19,6 тыс. руб./м. Емкость рукава - 45 рулонов массой 500 кг, стоимость - 150 евро (1,65 млн руб.), или 1650/22,5 = 73,3 тыс. руб./м. Потери продукции при заготовке - 6 %. С учетом стоимости расходных материалов и потерь себестоимость продукции составит (91,88+19,6+73,3)/0,94 = 196,6 тыс. руб./м . | | | | | | | | | | |

Таблица 39 – Сравнительная эффективность способов заготовки кормов из трав

| Наименование способа заготовки корма | Производительность, т/ч | Затраты труда, чел.-ч/т | Расход топлива, л/т | Эксплуатационные затраты на вып. мех. работ, тыс. руб./т | Потери корма, % | Стоимость расходных материалов, тыс. руб./т | Себестоимость корма с учетом потерь и стоимости расходных материалов, тыс. руб./т |
|--|-------------------------|-------------------------|---------------------|--|-----------------|---|---|
| Заготовка сенажа в траншейных хранилищах | 30–40 | 0,35 | 4,11 | 71,9 | 14 | 5,0 | 89,4 |
| Заготовка сенажа в крупногабаритных рукавах Ø 2,7 м, L = 70 м | 60–90 | 0,13 | 2,65 | 55,1 | 6–8* | 15,7 | 76,8 |
| Заготовка сенажа в рулонах с обмоткой в пленку | 25–30 | 0,74 | 6,88 | 88,6 | 6–8* | 136 | 259,8 |
| Заготовка сенажа в рулонах с упаковкой в рукав Ø 1,5 м, L = 60 м | 30–35 | 0,72 | 6,46 | 91,8 | 6–8* | 7,3 | 196,6 |

* – биологически неизбежные потери

Заключение

Технологии заготовки кормов с упаковкой в полимерные материалы (пленку и рукава) позволяют получить высококачественные корма с минимальными потерями. Наиболее эффективна упаковка силосно-сенажной массы в крупногабаритные рукава с применением упаковщика УСМ-1. В этом случае затраты на заготовку минимальны.

25.01.12

Литература

1. Республиканская программа развития молочной отрасли в 2010–2015 гг. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 12 ноября 2010 г. № 1678. – С. 71.
2. Организационно-технические нормативы производства продукции животноводства и заготовки кормов: сб. отраслевых регламентов / В.Г. Гусаков [и др.] – Минск: Белорусская наука, 2007. – С. 222–257.

3. Рубаник, А.Н. Технологии и машины для заготовки кормов надо совершенствовать / А.Н. Рубаник, В.Н. Дашков // Белорусское сельское хозяйство. – 2003. – № 8. – С. 18–20.
4. Пресс-подборщик-обмотчик рулонный «Торнадо» РППО-445. Технические условия ТУ ВУ 590663177.003. – 2011.
5. Протокол приемочных испытаний опытного образца упаковщика рулонов УПР-1 № 34–2001 / ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2001.
6. Протокол приемочных испытаний опытного образца упаковщика силосно-сенажной массы УСМ-1 № 82–2004 / ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2004.
7. Техника сельскохозяйственная. Показатели надежности (Предварительный государственный стандарт Республики Беларусь): СТБ П 1616–2009. – Введ. 01.05.2009.
8. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы экономической оценки. Порядок определения показателей (Технический кодекс установившейся практики): ТКП 151–2008. – Введ. 01.02.2009.

УДК 631.363:636.085.52

И.М. Лабоцкий, А.В. Ленский,

И.М. Ковалева

(РУП «НПЦ НАН Беларуси

по механизации сельского хозяйства»,

г. Минск, Республика Беларусь)

**КОМПЛЕКС МАШИН
ДЛЯ СИЛОСОВАНИЯ
СВЕКЛОВИЧНОГО
ЖОМА**

Введение

Свекловичный жом представляет собой высоложенную свекловичную стружку, содержащую от 6 до 7,5 % сухих веществ, в том числе 0,2–0,4 % сахара.

В таблице 40 приведен примерный состав жома и его кормовая ценность в сравнении с другими кормами.

Таблица 40 – Состав свекловичного жома

| Составные части | Жом | Сено луговое | Солома пшеничная | Овес |
|--|------|--------------|------------------|------|
| Белки, % | 8,0 | 9,4 | 3,3 | 10,4 |
| Зола, % | 4,0 | 7,1 | 5,9 | 3,1 |
| Жиры, % | – | 3,2 | 1,5 | 5,1 |
| Клетчатка, % | 22,0 | 35,7 | 44,8 | 12,1 |
| Безазотистые экстрактивные вещества, % | 66,0 | 44,6 | 44,5 | 69,3 |
| Количество кормовых единиц в 1 кг | 0,1* | 0,49 | 0,22 | 1,0 |
| Содержание перевариваемого белка в г | 3 | 34 | 4 | – |

* – свежий жом

Жом по питательности занимает среднее место между луговым сеном и овсом: азотистых веществ в нем содержится лишь немного мень-

ше, а легкоусваиваемых безазотистых экстрактивных веществ – в полтора раза больше, чем в сене, и почти столько же, сколько в овсе.

Использование жома

Свежий жом используется в первую очередь для откорма коров. В сутки одной корове дают 50–60 кг, а крупным животным – до 76 кг. Молочным коровам можно скармливать до 30–40 кг.

Из сухих веществ жома рогатый скот усваивает не только белки и сахар, но и пектиновые вещества, гемицеллюлозу и клетчатку.

От поедания большого количества жома молочным скотом молоко быстро закисает; у телят появляются поносы; масло из такого молока получается твердое, белое, а сыры плохо вызревают.

Поэтому существуют определенные нормы количества жома в рационе молочного скота (таблица 41).

Таблица 41 – Рекомендуемые нормы потребления жома

| Жом | При производстве цельного молока | При маслоделии | При сыроделии |
|------------------|---|-----------------------|----------------------|
| Свежий, кг | 35 | 30 | 16 |
| Силосованный, кг | 16 | 20 | 8 |
| Сушеный, кг | 5 | 3,5 | 2 |

При откорме жомом крупного рогатого скота в кормовой рацион добавляют по 3–3,5 кг в день грубого корма (соломы), а при интенсивном кормлении – концентрированные корма в количестве до 1,5 кг и 1 кг мелассы [1].

Силосование свекловичного жома

Для сохранения жома его силосуют в силосохранилищах при температуре 25–30 °С, обеспечивая хорошее уплотнение и герметичное укрытие.

Перед силосованием жом необходимо отжимать на прессе для удаления части воды, так как при хранении неотжатого жома излишняя вода замедляет образование молочной кислоты, являющейся консервирующим фактором при силосовании.

Влажность силосуемой массы доводят до 70–75 %, что достигается отжатием жома до 10 %-ного содержания сухих веществ и последующим добавлением к нему грубых кормов (мякины, соломенной сечки, измельченных стеблей кукурузы и пр.).

Свежий отжатый жом нельзя подвергать промежуточному хранению, т.к. в этом случае произойдет быстрый распад сахаров, и их не будет хватать для образования кислот в количестве, достаточном для консервирования. Поскольку существует большая вероятность заражения жома термоустойчивыми микроорганизмами, недостаточно подкисленная силосуемая масса из этого сырья имеет тенденцию к образованию

плесеней и дрожжей. Остывание во время силосования не должно превышать 1 °С в день. Если остывание силоса слишком медленное, то образовавшаяся молочная кислота может снова подвергаться распаду и силос может стать некачественным. Нельзя открывать хранилище до тех пор, пока температура силосуемой массы не опустится до 20 °С и ниже, иначе произойдет быстрая порча силоса.

Наиболее оптимальная технология для консервирования свекловичного отжатого жома – силосование в полимерных рукавах и пленке. С внедрением технологии силосования в полимерных упаковках впервые стало возможно скормливание жома и в летнее время [2].

Эффективность способов и машин для силосования жома

Нами рассмотрены два способа заготовки отжатого жома, которые имеют возможность потенциального применения на предприятиях республики.

Один из способов консервирования свекловичного отжатого жома – силосование в крупногабаритном полимерном рукаве. В основу этой механизированной технологии положено применение упаковщика силосной массы УСМ-1 (рисунок 122). Сырой жом



Рисунок 122 – Упаковщик УСМ-1 в работе

отгружается с транспортных средств на транспортер-накопитель упаковщика УСМ-1 и затем прессующим механизмом прессуется в рукаве.

Технология заготовки жома в рукава является эффективным, экологически безопасным способом, не требующим значительных инвестиций, и дает возможность хранить корм в непосредственной близости от хозяйства. Важное преимущество рукавного хранения кормов заключается в том, что потери питательной ценности корма сведены практически к минимуму. Способ дает возможность создавать мобильные хранилища необходимой вместимости и заготавливать корма, исходя из потребностей хозяйства.

Второй способ – образование идеально спрессованных и обмотанных рулонов комбинированным пресс-обмотчиком типа «ЛТ-Мастер» (рисунок 123).

Высокая плотность рулона обеспечивает хорошую сохранность массы жома и позволяет перевозить его на большие расстояния без потерь. Небольшие размеры рулона обеспечивают наилучшее качество корма благодаря отсутствию ферментации.



Рисунок 123 – Комбинированный пресс-обмотчик «ЛТ-Мастер» (общий вид)

На основе полученных технических показателей двух способов (машин) консервирования свекловичного отжатого жома произведена их экономическая оценка. Расчеты приведены в таблице 42. Исходные данные для расчета получены от ОАО «Бобруйскагроماش» – производителя УСМ-1 и от ООО «Биоком Технология» – поставщика машины «ЛТ-Мастер». Отправным моментом в сравнении являются основные технические параметры используемых машин.

Емкость упаковки в рукав машиной УСМ-1 составляет 350 т, в то время как «ЛТ-Мастер» формирует рулоны емкостью от 0,9 до 1,2 т. Обе машины агрегируются с трактором «Беларус-1221» и имеют приблизительно одинаковый срок службы. Для обслуживания процесса заготовки используется специализированная техника – погрузчики типа «Амкодор».

Выбор техники осуществляется исходя из нужд сельхозпредприятий и с учетом снижения текущих затрат на эксплуатацию. Технология заготовки жома с использованием УСМ-1 характеризуется тем, что закладывать жом в рукава целесообразно непосредственно на территории сельскохозяйственных предприятий. Упаковочная машина «ЛТ-Мастер» может работать на любом расстоянии от хозяйства.

В расчете для загрузки свекловичного жома в машины используется погрузчик «Амкодор 342» с ковшом. Для бесперебойной работы прессов необходимо по 2 погрузчика. При этом, учитывая предельную производительность прессов, второй погрузчик будет загружен не полностью (УСМ-1 – на 75 %, «ЛТ-Мастер» – на 50 %). Кроме того, для отгрузки рулонов, упакованных «ЛТ-Мастер», необходим дополнительный погрузчик «Амкодор 332», при этом связанные с ним эксплуатационные затраты определены в зависимости от производительности самого погрузчика. Норма амортизационных отчислений рассчитана исходя из длительности срока службы машин. Норматив затрат на ремонт и техническое обслуживание принят согласно стандартам ASAE. Затраты на оплату труда механизаторов и водителей погрузчиков рассчитаны исходя из тарифной ставки 1-го разряда при 5-дневной рабочей неделе с учетом дифференцированного коэффициента на данный вид работ, коэффициента, учитывающего условия работы и группу машин, доплаты за мастерство.

Таблица 42 – Показатели экономической эффективности способов силосования жома

| Показатель | ед. изм. | 1 вариант | | | 2 вариант | | | |
|---|-------------|----------------|--------|----------------|------------------|--------------|----------------|----------------|
| | | «Беларус 1221» | УСМ-1 | «Ам-кодор 342» | «Беларус 1221» | «ЛТ-Мас-тер» | «Ам-кодор 342» | «Ам-кодор 332» |
| Технико-экономические параметры | | | | | | | | |
| Цена приобретения | млн руб. | 203 | 350 | 414 | 203 | 3646,6 | 414 | 387 |
| Мощность двигателя | л.с. | 110 | | 148 | 110 | | 148 | 130 |
| Емкость упаковки | т | | 350 | | | 1 | | |
| Годовая нормативная загрузка | ч | 1000 | 150 | 600 | 1000 | 150 | 600 | 600 |
| Масса | кг | 4640 | 7500 | 11700 | 4640 | 14000 | 11700 | 10500 |
| Срок службы | лет | 15 | 9 | 10 | 15 | 10 | 10 | 10 |
| Исходные данные | | | | | | | | |
| Производительность | т/ч | | 70 | 40 | | 60 | 40 | 40 |
| Количество машин | ед. | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| Норма амортиз. отчислений | % | 6,7 | 11,1 | 10 | 6,7 | 10 | 10 | 10 |
| Норматив затрат на ремонт и ТО | % | 4 | 4 | 6 | 4 | 4 | 6 | 6 |
| Расход топлива | л/ч | 9 | | 16 | 13,5 | | 16 | 12 |
| Цена дизельного топлива | тыс. руб. | 6,3 | | | 6,3 | | | |
| Заработная плата | тыс. руб./ч | 9,3 | | 11,9 | 8,9 | | 11,9 | 11,9 |
| Стоимость обмоточной пленки в камере | тыс. руб. | | | | 1 700 | | | |
| Средний расход пленки в камере | рул. корма | | | | 100 | | | |
| Стоимость обмоточной пленки снаружи | тыс. руб. | | | | 2 500 | | | |
| Средний расход пленки | рул. корма | | | | 20 | | | |
| Стоимость полимерного рукава | тыс. руб. | | 7 000 | | | | | |
| Эксплуатационные затраты (в расчете на 150 ч работы) | | | | | | | | |
| Амортизационные отчисления | тыс. руб. | 2 030 | 38 889 | 18 113 | 2 030 | 364664 | 15 525 | 14 513 |
| Затраты на ремонт и ТО | тыс. руб. | 1 218 | 14 000 | 10 868 | 1 218 | 145866 | 9 315 | 8 708 |
| Затраты на топливо | тыс. руб. | 8 505 | | 26 460 | 12 758 | | 22 680 | 17 010 |
| Оплата труда | тыс. руб. | 1 395 | | 3 124 | 1 335 | | 2 678 | 2 678 |
| Затраты на пленку | тыс. руб. | 210 000 | | | 1 278 000 | | | |
| ИТОГО эксплуатационных затрат, в том числе расходные материалы | млн руб. | 334,601 | | | 1 898,975 | | | |
| | тыс.руб/т | 31,86 | | | 211,00 | | | |
| полимерный рукав | тыс.руб/т | 20,00 | | | – | | | |
| пленка | тыс.руб/т | – | | | 142,00 | | | |

Затраты на упаковку определены следующим образом: при годовой нормативной загрузке в 150 ч упаковщик УСМ-1 заготовит 10500 т свекловичного жома, следовательно, при емкости упаковки полимерного рукава в 350 т понадобится 30 рукавов, что в абсолютном выражении составляет 210 млн руб. Производительность упаковщика «ЛТ-Мастер» позволяет за 150 ч заготовить 9000 т корма. Упаковка прессованного жома осуществляется как во внутренней камере машины, так и снаружи, при этом средний расход пленки в камере составляет 1 катушку на 100 рулонов корма, снаружи – 1 катушку на 20 рулонов. В итоге затраты на пленку составят 1278 млн руб.

В результате сравнения технологий заготовки свекловичного жома удельные эксплуатационные затраты при использовании «ЛТ-Мастер» в 6,6 раза выше по отношению к УСМ-1 и составляют соответственно 211 тыс. руб. и 32 тыс. руб. за 1 т.

Средняя стоимость жома на сахарных заводах республики составляет 9÷12 тыс. руб. за 1 т. При закладке на хранение жома в полимерный рукав упаковщиком УСМ-1 стоимость 1 т корма составляет 41÷44 тыс. руб., т.е. возрастает почти в 4 раза; соответственно, при упаковке в пленку стоимость составляет 220÷225 тыс. руб., т.е. возрастает в 18 раз.

Окончательное заключение об эффективности рассматриваемых способов хранения можно сделать с учетом изменения продуктивности животных.

Заключение

Свекловичный жом можно применять в кормовых рационах практически всех видов сельскохозяйственных животных.

Разработаны способы и средства механизации, обеспечивающие консервирование жома и его продолжительное хранение. Проведенная технико-экономическая оценка способов и средств механизации для консервирования жома показывает, что упаковка жома в полимерный рукав увеличивает его стоимость в 4 раза, соответственно, рулонирование и упаковка жома в пленку повышает его стоимость в 18 раз.

Окончательное решение об эффективности и целесообразности способов и машин можно принять с учетом изменения продуктивности животных.

09.02.12

Литература

1. Нормы кормления крупного рогатого скота: справочник / Н.А. Попков [и др.] / РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству». – Жодино, 2011. – 260 с.
2. Технология силосования от А до Я / ООО «АГ БАГ РУССЛАНД», 1 русское изд. – 2003. – 26 с.

Введение

В производственном процессе заготовки силоса и сенажа наиболее напряженным звеном является перевозка измельченного растительного сырья от кормоуборочных комбайнов к местам закладки на хранение. В настоящее время многие сельскохозяйственные предприятия республики при заготовке кормов используют высокопроизводительные комбайны импортного производства «Ягуар 850», пропускная способность которых достигает 45–55 *кз/с*. Загрузить комбайн при такой высокой производительности и ограниченном количестве транспорта на предприятиях довольно сложно, а его простой приносит большие материально-денежные затраты (до 1,5 тыс. *у.е.* за 1 ч рабочего времени). Исследования проводились на основе анализа производственной деятельности РУСПП «1-я Минская птицефабрика» при наличии необходимой сельскохозяйственной техники для транспортировки силосной массы.

Основная часть

Полевые работы выполняют поточным способом укрупненными специализированными подразделениями на основе эффективного технического и транспортного обслуживания уборочных агрегатов, что повышает производительность труда, улучшает использование техники и, что особенно важно, сокращает сроки, уменьшая тем самым потери выращенного урожая.

Эффективность работы всего уборочно-транспортного отряда в значительной степени зависит от организации транспортного обслуживания, причем определение рационального числа транспортных средств представляет некоторую трудность.

Обусловлено это тем, что в реальных условиях момент наполнения прицепа транспортного средства силосной массой и момент прибытия другого средства на поле из очередного рейса не совпадают. Ведь продолжительность рейса зависит от скорости движения, времени взвешивания и разгрузки транспортного средства, удаленности места работы комбайна в каждом конкретном случае от магистральных дорог и т.п. Также на время наполнения прицепа транспортного агрегата силосной массой влияют рельеф, урожайность, влажность убираемой культуры в течение суток и т.п. Это неизбежно приводит к простоям комбайнов и транспортных средств.

Максимальная производительность кормоуборочного комбайна за час сменного времени $W_{\text{ч}}$, га/ч, в зависимости от номинальной пропускной способности рабочих органов $q_{\text{н}}$, кг/с, и урожайности зеленой массы H , т/га, равна

$$W_{\text{ч}} = \frac{3,6q_{\text{н}}}{H}$$

Вместе с тем производительность комбайна $W_{\text{ч}}$, га/ч, равна

$$W_{\text{ч}} = 0,1b_{\text{р}}v_{\text{р}}\tau,$$

где $b_{\text{р}}$ – рабочая ширина захвата жатки комбайна, м;

$v_{\text{р}}$ – рабочая скорость движения комбайна, км/ч;

τ – коэффициент использования времени смены.

Тогда рабочая скорость движения комбайна $\mathcal{G}_{\text{р}}$, км/ч,

$$\mathcal{G}_{\text{р}} = \frac{W_{\text{ч}}}{0,1b_{\text{р}}\tau}.$$

Экономически целесообразно такое соотношение числа комбайнов и обслуживающих транспортных средств, при котором достигается минимум целевой функции:

$$S = C_{\text{П}}\lambda t_{\text{ож}} + C_{\text{а}}n \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $C_{\text{П}}$ – ущерб за 1 ч простоя комбайна в ожидании обслуживания, у.е./ч;

λ – среднее количество заявок на обслуживание в 1 ч;

$t_{\text{ож}}$ – среднее время ожидания каждой заявки, ч;

$C_{\text{а}}$ – часовые затраты на содержание одного транспортного средства (сумма прокатной оценки, отчисления на реновацию и заработную плату трактористу), у.е./ч;

n – количество транспортных средств в уборочно-транспортном отряде, шт.

Ориентировочно можно считать, что ущерб $C_{\text{П}}$ (у.е./ч) за 1 ч простоя кормоуборочного комбайна составит не менее

$$C_{\text{П}} = W_{\text{ч}}C_{\text{б}},$$

где $C_{\text{б}}$ – себестоимость 1 т зеленой массы кукурузы, у.е.

Количество транспортных средств для обслуживания комбайна без учета вероятностного характера взаимодействия системы «комбайн – транспортные средства»

$$n = \frac{mT_{\text{р}}}{t_{\text{погр}}},$$

где m – количество комбайнов, одновременно работающих на поле, шт.;

$T_{\text{р}}$ – продолжительность одного рейса транспортного средства, мин.;

$t_{\text{погр}}$ – время наполнения прицепа транспортного средства silосной массой, мин.

Время наполнения транспортного агрегата silосной массой $t_{\text{погр}}$, ч,

$$t_{\text{погр}} = \frac{10^4}{3600} \cdot \frac{Q}{Hb_p v_p \varphi},$$

где Q – грузоподъемность транспортного средства, m ;
 φ – коэффициент рабочих ходов.

Продолжительность одного рейса транспортного средства T_p , мин. , составляет

$$T_p = t_{\text{погр}} + t_p + \frac{60 \cdot 2L}{v_{\text{ср}}},$$

где t_p – время взвешивания и разгрузки транспортного агрегата, мин. ;

L – среднее расстояние перевозки, км ;

$v_{\text{ср}}$ – средняя скорость движения транспортного агрегата, км/ч .

Эффективность системы «комбайн – транспортные средства» описывают методы теории массового обслуживания.

При работе комбайна постоянно возникают так называемые заявки (требования) на обслуживание в виде наполненных силосной массой транспортных средств. После заполнения силосной массой прицепа транспортного средства (удовлетворения заявки на обслуживание) комбайн становится источником новых заявок. Таким образом, систему «комбайн – транспортные средства» следует рассматривать как замкнутую систему массового обслуживания, в которой в среднем возникает λ' заявок на обслуживание в единицу времени. В то же время каждое транспортное средство (канал обслуживания) способен удовлетворить μ заявок в единицу времени.

В системах массового обслуживания наиболее распространен стационарный пуассоновский (простейший) поток заявок, который характеризуется ординарностью, стационарностью и отсутствием последствия. Ординарность означает, что одновременное поступление на обслуживание двух и более заявок считается маловероятным событием. Стационарность потока определяется постоянством вероятности возникновения заявок на обслуживание в течение рассматриваемого времени. Отсутствие последствия проявляется в том, что вероятность поступления определенного числа заявок не зависит от числа предшествующих заявок.

В случае пуассоновского потока заявок аналитические зависимости для расчета параметров системы массового обслуживания получаются наиболее простыми.

Интенсивность потока заявок за 1 ч составит

$$\lambda' = \frac{1}{t},$$

где t – математическое ожидание времени между двумя соседними заявками (среднее время наполнения кузова транспортного средства силосной массой), ч.

За время одного рейса удовлетворяется одна заявка на обслуживание. Следовательно, пропускная способность одного канала обслуживания равна

$$\mu = \frac{1}{t_{\text{обс}}},$$

где $t_{\text{обс}}$ – среднее время обслуживания одной заявки, ч.

Приведенная плотность потока заявок ψ равна $\psi = \frac{\lambda}{\mu}$.

Параметр ψ для одноканальной системы соответствует времени, при котором система занята обслуживанием заявок. Разность $1-\psi$ соответствует времени простаивания системы. Для многоканальной системы параметр ψ равен среднему числу постоянно занятых обслуживанием каналов, а разность $n-\psi$ – простаивающих каналов.

Величина ψ не может быть произвольной. Установившийся режим существует только при $\psi < n$, в противном случае ($\psi \geq n$) система не справится с обслуживанием, и очередь будет расти неограниченно.

В сельскохозяйственном производстве наибольшее распространение получили системы массового обслуживания с ожиданием. Это такие системы, в которых заявка, поступившая в момент времени (все каналы обслуживания заняты), становится в очередь и ожидает, пока не освободится какой-либо канал. Так, комбайн после наполнения прицепа транспортного средства silосной массой не покидает систему, а ожидает очередное транспортное средство для его загрузки.

Вероятность того, что все каналы обслуживания (транспортные средства) простаивают, т.е. в системе отсутствуют заявки на обслуживание (комбайн не готов к наполнению прицепа транспортного средства), описывается зависимостью:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{\psi^k}{k!} + \frac{\psi^{n+1}}{n!(n-\psi)}},$$

где n – количество всех имеющихся каналов обслуживания в системе (число транспортных средств, включенных в состав уборочно-транспортного отряда);

ψ – приведенная плотность потока заявок, или коэффициент загрузки системы, определяемый отношением среднего числа заявок, поступающих в единицу времени, к среднему числу заявок, которое система в состоянии обслужить.

Вероятность того, что обслуживанием заняты ровно k каналов ($0 \leq k \leq n$), равна

$$P_k = \frac{\psi^k}{k!} P_0.$$

Среднее время ожидания заявок начала обслуживания $t_{ож}$, ч, равно

$$t_{ож} = T_p - (n \cdot t_{погр}).$$

Отрицательное значение $t_{ож}$ означает, что в ожидании будут находиться каналы обслуживания (транспортные средства).

По данной методике нами произведен выбор рационального количества транспортных средств для обслуживания одного кормоуборочного комбайна «Ягуар 850» в условиях РУСПП «1-я Минская птицефабрика».

В качестве транспортных средств на предприятии используют 11 агрегатов МТЗ-82+2ПТС-4, для полной загрузки которых рекомендовано наращивание бортов, обеспечивающее объем прицепа 17 м^3 и грузоподъемность 4 т .

При уборке кукурузы на силос одним кормоуборочным комбайном «Ягуар 850» со средней пропускной способностью 50 кг/с , урожайности зеленой массы $35,77 \text{ т/га}$, среднем расстоянии транспортировки груза 1 км по дорогам с твердым покрытием и себестоимости 1 т зеленой массы $8,33 \text{ у.е.}$ по формуле (1) определены сумма ущерба от вынужденных простоев кормоуборочного комбайна и затраты на содержание транспортных средств для случаев, когда комбайн обслуживают от 1 до 11 транспортных средств. Результаты расчетов приведены в таблице 43.

Таблица 43 – Показатели взаимодействия системы «комбайн «Ягуар 850» – транспортное средство МТЗ-82+2ПТС-4»

| Количество транспортных средств, n , шт. | Наименование показателя | | | |
|--|--|----------------------------------|--|---|
| | Среднее время ожидания комбайна, $t_{ож}$, мин. | Ущерб от простоев комбайна, у.е. | Затраты на содержание транспортных средств, у.е. | Общая сумма ущерба и затрат, S , у.е. |
| 1 | 10,7 | 300,0 | 4,8 | 304,8 |
| 2 | 9,2 | 230,0 | 9,6 | 239,6 |
| 3 | 7,7 | 192,5 | 14,4 | 206,5 |
| 4 | 6,2 | 155,0 | 19,2 | 174,2 |
| 5 | 4,7 | 117,5 | 24,0 | 141,5 |
| 6 | 3,2 | 80,0 | 28,8 | 108,8 |
| 7 | 1,7 | 42,5 | 35,6 | 78,1 |
| 8 | 0,2 | 5,0 | 38,4 | 43,4 |
| 9 | 0 | 0 | 43,2 | 43,2 |
| 10 | 0 | 0 | 48,0 | 48,0 |
| 11 | 0 | 0 | 52,8 | 52,8 |

В результате исследований установлено, что минимальное время ожидания обслуживания кормоуборочного комбайна «Ягуар 850», используемого в РУСПП «1-я Минская птицефабрика» для уборки кукурузы на силос, при наименьшей общей сумме ущерба от простоев комбайна и затрат на содержание транспортных средств получено при использовании девяти агрегатов МТЗ-82+2ПТС-4. Два оставшихся агрегата можно использовать в качестве резервных.

Выводы

1. Сокращение кормоуборочным комбайном времени ожидания позволит существенно снизить себестоимость кормов, улучшить их качество путем сокращения сроков уборки и закладки на хранение, более рационально использовать сельскохозяйственную технику.

2. Разработанная методика выбора рационального количества транспортных средств при уборке сельскохозяйственных культур может быть использована при проектировании производственных процессов, планировании использования технического и трудового потенциала в природно-производственных условиях Республики Беларусь и конкретных условиях сельскохозяйственного производства.

22.05.12

Литература

1. Новиков, А.В. Влияние грузоподъемности транспортных средств на производительность кормоуборочных комбайнов / А.В. Новиков, Т.А. Непарко, Д.А. Кушнер // Современные технологии и комплексы технических средств в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 25–27 мая 2005 г. – Минск: БГАТУ, 2005. – С. 59–60.
2. Шило, И.Н. Ресурсосберегающие технологии сельскохозяйственного производства / И.Н. Шило, В.Н. Дашков. – Минск: БГАТУ, 2003. – 183 с.
3. Дашков, В.Н. Техничко-технологические основы обоснования типажа кормоуборочных комбайнов / В.Н. Дашков, И.И. Пиуновский // Сельскохозяйственные машины для уборки зерновых культур, кормов и корнеклубнеплодов. Состояние, тенденции и направления развития: сб. докладов Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 22–23 марта 2007 г. / РКУП «ГСКБ по зерноуборочной и корнеуборочной технике». – Гомель, 2007. – С. 10–16.
4. Техническое обеспечение производства продукции растениеводства: учеб. / А.В. Новиков [и др.]; под ред. А.В. Новикова. – Минск: Новое знание, 2012. – 560 с.

УДК 636.4: 631.363.7

**С.В. Крылов, И.И. Гируцкий,
М.В. Навыко, А.А. Жур,
Ю.А. Кислый**

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

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА
ВМЕСТИМОСТИ
СМЕСИТЕЛЯ ДЛЯ
ЖИДКОГО КОРМЛЕНИЯ
СВИНЕЙ**

Введение

Определение расчетным способом вместимости смесителя, применяемого в системе откорма свиней, можно производить, исходя из различных подходов к проведению расчета. Поэтому необходимо рассмотреть различные варианты расчетов.

Варианты определения вместимости смесителя

Необходимый объем бункера (v) определяли во многих работах. Рассмотрим определение, представленное в работе [1]:

$$v = \frac{kNn}{\rho\varphi},$$

где k – коэффициент, учитывающий долю того или иного компонента в смеси;

N – суточная производительность предприятия, m ;

n – период, на который рассчитан запас сырья, сут.;

ρ – плотность сырья, m/m^3 ;

φ – расчетный коэффициент заполнения бункера.

Данную формулу представим в более удобном для дальнейшего анализа виде, исключив из рассмотрения расчетный коэффициент заполнения бункера и анализируя лишь вместимость смесителя ($v_{см}$):

$$v_{см} = \frac{m_k}{\rho}, \quad (1)$$

где m_k – масса корма, необходимая для скармливания животным, m .

Рассмотрим вариант, когда в смеситель могут подаваться различные компоненты корма с различной насыпной плотностью. Тогда формула (1) может быть представлена в следующем виде:

$$v_{см} = \sum_{i=1}^n \frac{m_{k,i}}{\rho_{k,i}}, \quad (2)$$

где $m_{k,i}$ – масса i -го компонента корма;

$\rho_{k,i}$ – насыпная плотность i -го компонента корма;

n – количество компонентов.

Обязательным и важным составляющим компонентом корма является вода, которая в корме характеризуется влажностью W и определяется как [2]:

$$W = \frac{m_b}{m_o} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где m_b – масса воды, содержащейся в корме;

m_o – масса корма.

Для многокомпонентного корма общая влажность (W_o) будет, исходя из формулы (3):

$$W_o = \frac{\sum_{i=1}^n m_{bi}}{\sum_{i=1}^n m_{ki}} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где m_{bi} – масса воды, содержащейся в i -том компоненте корма;

m_{ki} – масса i -го компонента корма.

Из формулы (3) следует:

$$m_{bi} = \frac{W_i \cdot m_{ki}}{100\%}, \quad (5)$$

где W_i – влажность i -го компонента корма.

Подставляя данное выражение в формулу (4), получим:

$$W_0 = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{W_i \cdot m_{ki}}{100\%}}{\Sigma \cdot m_{ki}} \cdot 100\% = \frac{\sum_{i=1}^n W_i m_{ki}}{\sum_{i=1}^n m_{ki}},$$

$$W_0 \sum_{i=1}^n m_{ki} = \sum_{i=1}^n W_i m_{ki}. \quad (6)$$

При жидком кормлении свиней в промышленном масштабе, как правило, необходимо добавлять воду в готовый комбикорм так, чтобы влажность корма была в пределах от 70 % до 85 % [3]. Поэтому, добавляя воду, нам необходимо получить задаваемую влажность (W_3).

Найдем количество воды ($m_{в3}$), которое необходимо добавлять, чтобы получить заданную влажность:

$$W_3 = \frac{\sum_{i=1}^n m_{vi} + m_{в3}}{\Sigma m_{ki} + m_{в3}} \cdot 100\%;$$

$$\frac{W_3}{100\%} \cdot (\sum_{i=1}^n m_{ki} + m_{в3}) = \sum_{i=1}^n m_{vi} + m_{в3};$$

$$\left(1 - \frac{W_3}{100}\right) m_{в3} = \frac{W_3}{100} \sum_{i=1}^n m_{ki} - \sum_{i=1}^n m_{vi}.$$

Используя формулу (5), получим:

$$\left(1 - \frac{W_3}{100}\right) \cdot m_{в3} = \frac{W_3}{100} \sum_{i=1}^n m_{ki} - \sum_{i=1}^n \frac{W_i m_{ki}}{100\%}.$$

Используя формулу (6), получим:

$$\left(1 - \frac{W_3}{100}\right) \cdot m_{в3} = \frac{W_3}{100} \sum_{i=1}^n m_{ki} - \frac{1}{100} W_0 \sum_{i=1}^n m_{ki};$$

$$\left(1 - \frac{W_3}{100}\right) \cdot m_{в3} = \left(\frac{W_3}{100} - \frac{W_0}{100}\right) \sum_{i=1}^n m_{ki};$$

$$m_{в3} = \frac{(W_3 - W_0) \sum_{i=1}^n m_{ki}}{100 - W_3};$$

$$m_{к0} = \sum_{i=1}^n m_{ki};$$

$$m_{в3} = \frac{(W_3 - W_0) m_{к0}}{100 - W_3}. \quad (7)$$

Формула (7) позволяет определить, сколько воды при откорме свиней необходимо добавить в комбикорм.

Представленные выше формулы позволяют определить вместимость смесителя.

Проведем конкретный расчет смесителя для свинарника-откормочника с содержанием свиней 1200–1800 голов с кратностью кормления 2 раза в сутки. Максимальное потребление комбикорма в сутки при откорме согласно [3] составляет 3,37 *кг/гол*. В республике при откорме свиней применяется комбикорм СК-26 со следующими характе-

ристиками: насыпная плотность – 850 кг/м^3 , влажность (W_0) – 14 %, модуль помола – 3 мм, включения – не более 10 %.

Для расчета вместимости смесителя берем максимальное количество голов – 1800. Тогда масса комбикорма, необходимого для одного кормления:

$$m_k = 1800 \cdot \frac{3,37}{2} = 3033 \text{ (кг)}.$$

Согласно (1):

$$v_{\text{смк}} = \frac{m_k}{\rho_k} = \frac{3033}{850} = 3,5682 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Кроме комбикорма по технологии кормления необходимо добавлять воду, чтобы влажность составляла 75 %.

Массу воды определяем из формулы (7):

$$m_{\text{вз}} = \frac{(W_3 - W_0) \cdot m_{\text{кк0}}}{100 - W_3} = \frac{(75 - 14) \cdot 3033}{100 - 75} = 7400,52 \text{ (кг)};$$

$$v_{\text{смв}} = \frac{m_{\text{вз}}}{\rho_{\text{в}}} = \frac{7400,52}{1000} = 7,40052 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Тогда вместимость составит:

$$v_{\text{см0}} = 3,5682 + 7,40052 = 10,96872 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Если кормление будет трехкратным, то, соответственно, получим:

$$m_k = 1800 \cdot \frac{3,37}{3} = 2022 \text{ (кг)};$$

$$v_{\text{смк}} = \frac{m_k}{\rho_k} = \frac{2022}{850} = 2,3788 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Для получения задаваемой влажности комбикорма 75 % необходимо количество воды:

$$m_{\text{вз}} = \frac{(W_3 - W_0) \cdot m_{\text{кк0}}}{100 - W_3} = \frac{(75 - 14) \cdot 2022}{100 - 75} = 4933,68 \text{ (кг)};$$

$$v_{\text{смв}} = \frac{m_{\text{вз}}}{\rho_{\text{в}}} = \frac{4933,68}{1000} = 4,93 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Тогда вместимость составит:

$$v_{\text{см0}} = 2,38 + 4,93 = 7,31 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Исходя из реальных производственных условий работы смесителя, в него сначала добавляется вода, и лишь затем постепенно подается комбикорм. Если сделать наоборот, то энергоемкость процесса перемешивания для получения той же однородности значительно повысится. Теоретическое обоснование последовательности подачи материала требует отдельного рассмотрения, поэтому будем исходить из практического опыта работы со смесителями.

Исходя из вышеизложенного, формулу (1) необходимо представить в следующем виде:

$$v_{\text{см}} = \frac{m_c}{\rho_c}, \quad (8)$$

где m_c – масса смеси корма, необходимая для скармливания животным, кг;
 ρ_c – плотность готовой к скармливанию животным смеси корма, кг/м³.

Для двухразового кормления масса смеси заданной влажности 75 % останется прежней, то есть

$$m_c = 3033 + 7400,52 = 10433,52 \text{ (кг)}.$$

Интересное определение плотности приготовленной смеси воды и комбикорма представлено в работе [4], где влажность приготовленной смеси устанавливается по величине образующегося осадка в мерном стакане, но не представлена аналитическая зависимость плотности корма от его влажности. Найдем эту зависимость.

$$\rho_c = \frac{m_c}{V_c} = \frac{m_k + m_b}{V_c} = \frac{\rho_k \cdot V_k + \rho_b \cdot V_b}{V_c};$$

$$\rho_c = \rho_b \frac{(\frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_b} V_{\text{п}} + V_b)}{V_c}.$$

Так как $V_c = V_{\text{п}} + V_b$, получим:

$$\rho_c = \rho_b \frac{(\frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_c} V_k + V_b)}{V_k + V_b}. \quad (9)$$

Для практических расчетов принимаем $\rho_b = 1,00$ кг/л, соответственно, и объем выразится в литрах, тогда выражение (9) упростится:

$$\rho_c = \frac{(\rho_k V_k + V_b)}{V_k + V_b}.$$

При кормлении задается масса комбикорма и масса воды, поэтому данное выражение представим, исходя из того, что $m_k = \rho_k V_k$ и $m_b = \rho_b V_b$:

$$\rho_c = \frac{(m_k + \frac{m_b}{\rho_b})}{\frac{m_k}{\rho_k} + \frac{m_b}{\rho_b}} = \frac{m_k + m_b}{\frac{m_k}{\rho_k} + m_b}.$$

Получим следующее упрощенное выражение:

$$\rho_c = \frac{m_k + m_b}{\frac{m_k}{\rho_k} + m_b}. \quad (10)$$

Поскольку на практике нам надо получить заданную влажность корма, поэтому $m_b = m_{b_3}$. Подставляя ранее полученное выражение (7) в формулу (10), получим:

$$\rho_c = \frac{m_{\text{кО}} + m_{\text{вЗ}}}{\frac{m_{\text{кО}}}{\rho_k} + m_{\text{вЗ}}} = \frac{m_{\text{кО}} + (\frac{W_3 - W_0}{100 - W_3}) m_{\text{кО}}}{\frac{m_{\text{кО}}}{\rho_k} + (\frac{W_3 - W_0}{100 - W_3}) m_{\text{кО}}} = \frac{1 + (\frac{W_3 - W_0}{100 - W_3})}{\frac{1}{\rho_k} + (\frac{W_3 - W_0}{100 - W_3})}.$$

Так как, согласно нормативным документам, для комбикорма $W_0 = 14\%$, а $\rho_k = 1,38 \text{ кг/л}$ [4], полученное выражение примет вид:

$$\rho_c = \frac{1 + \left(\frac{W_3 - W_0}{100 - W_3}\right)}{\frac{1}{\rho_k} + \left(\frac{W_3 - W_0}{100 - W_3}\right)}. \quad (11)$$

Окончательно получим для проведения расчетов:

$$\rho_c = \frac{1 + \left(\frac{W_3 - 14}{100 - W_3}\right)}{1,38 + \left(\frac{W_3 - 14}{100 - W_3}\right)}. \quad (12)$$

График данной зависимости представлен на рисунке 124.

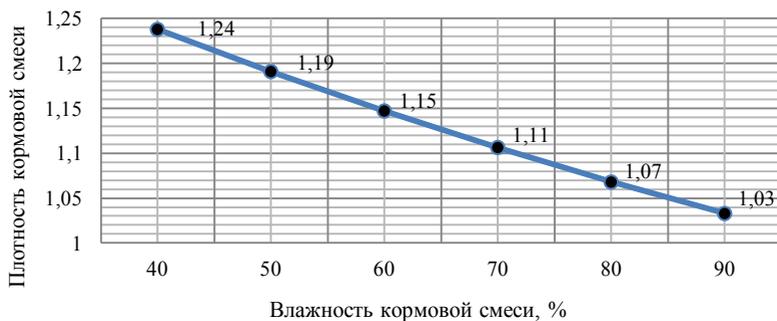


Рисунок 124 – Зависимость плотности корма от влажности

Плотность смеси для влажности 75 % составит $1,087 \text{ кг/л} = 1087 \text{ кг/м}^3$ (формула (12)).

Тогда получим (8):

$$v_{\text{см}} = \frac{m_c}{\rho_c} = \frac{10433,52}{1087} = 9,599 \text{ м}^3.$$

Произведем сравнение с полученной ранее вместимостью смесителя:

$$\frac{v_{\text{см0}} - v_{\text{см}}}{v_{\text{см}}} = \frac{10,969 - 9,599}{9,599} = 0,14.$$

Относительная разница составит почти 14 %, а абсолютная – $1,37 \text{ м}^3$.

Для трехразового питания получим следующие цифры: абсолютная разница составит $0,91 \text{ м}^3$, а относительная – 14 %.

Необходимо рассмотреть также более общий вариант, удовлетворяющий уровню промышленного производства, когда группа откорма состоит из свиней разного возраста и, следовательно, веса и каждой возрастной группе необходима своя норма кормления. Тогда числитель из формулы (8) необходимо представить следующим образом:

$$m_c = m_{\text{к0}} + m_{\text{вз}} = \sum_{i=1}^N a_i \frac{B_i}{c} + m_{\text{вз}},$$

где a_i – количество свиней в отдельной возрастной группе;

v_i – суточная норма кормления, кг;

c – количество кормлений в сутки;

N – количество возрастных групп.

В полученную формулу подставим формулу (7), получим:

$$m_c = \sum_{i=1}^N a_i \frac{v_i}{c} + m_{вз} = \sum_{i=1}^N a_i \frac{v_i}{c} + \frac{(W_3 - W_0)}{(100 - W_3)} \cdot \sum_{i=1}^N a_i \frac{v_i}{c} = \\ = \sum_{i=1}^N a_i \frac{v_i}{c} \left(1 + \frac{W_3 - W_0}{100 - W_3} \right).$$

Тогда формула (8) приобретет вид:

$$v_{см} = \frac{m_c}{\rho_c} = \frac{\frac{1}{c} \sum_{i=1}^N a_i v_i \left(1 + \frac{W_3 - W_0}{100 - W_3} \right)}{\rho_c}.$$

Подставим в данное выражение формулу (11) и получим:

$$v_{см} = \frac{\frac{1}{c} \sum_{i=1}^N a_i v_i \left(1 + \frac{W_3 - W_0}{100 - W_3} \right)}{\frac{\left(1 + \frac{W_3 - W_0}{100 - W_3} \right)}{\frac{1}{\rho_k} + \frac{(W_3 - W_0)}{(100 - W_3)}}} = \frac{1}{c} \sum_{i=1}^N a_i v_i \left(\frac{1}{\rho_k} + \frac{(W_3 - W_0)}{(100 - W_3)} \right). \quad (13)$$

Формулы (13) можно также получить, исходя из следующего выражения:

$$v_{см} = v_{смк} + v_{смв} = \frac{m_{ко}}{\rho_k} + \frac{m_{вз}}{\rho_v} = \\ = m_{ко} \left(\frac{1}{\rho_k} + \frac{W_3 - W_0}{100 - W_3} \right) = \frac{1}{c} \sum a_i v_i \left(\frac{1}{\rho_k} + \frac{W_3 - W_0}{100 - W_3} \right),$$

естественно, $\rho_v = 1,00$ кг/л.

Из данной формулы видно, что с увеличением числа кормлений вместимость смесителя будет уменьшаться. Эта зависимость представлена на рисунке 125 для жидкого режима кормления, когда общее количество свиней будет состоять из трех групп с разными нормами кормления. Максимальные нормы следующие: первая группа – 3,37 кг; вторая – 2,55 кг; третья – 2,15 кг комбикорма максимально в сутки на одну голову. Если при расчете вместимости, вполне очевидно, нужно исходить из максимального значения нормы кормления для данной группы животных, то количество животных как в группе, так и общее может значительно колебаться. Как уже упоминалось ранее, эти колебания составят от 1200 до 1800 голов. Учесть в предыдущих расчетах все 1800 голов не было бы правильным, так как вероятность данного события достаточно мала. Поэтому в расчете необходимо учитывать такое количество животных при откорме, которое соответствует 95 % вероятности. Так как такие экспериментальные данные отсутствуют, можно предположить, что распределение количества свиней будет подчиняться нормальному закону распределения, в таком случае интервал 1200–1800 голов будет соответствовать 4σ . Поэтому количество свиней, удовлетворяющее ве-

роятности 95 %, – 1650 голов; следовательно, каждая группа будет состоять из 550 голов.

$$v_{см} = \frac{1}{c} 550(2,15 + 2,55 + 3,37) \left[\frac{1}{1,38} + \frac{W_3 - 14}{100 - W_3} \right] =$$

$$= \frac{4438,5}{c} \left[\frac{1}{1,38} + \frac{W_3 - 14}{100 - W_3} \right].$$

Результаты расчетов для $W_3 = 70$ (-), $W_3 = 85$ (- -) представлены на рисунке 125.

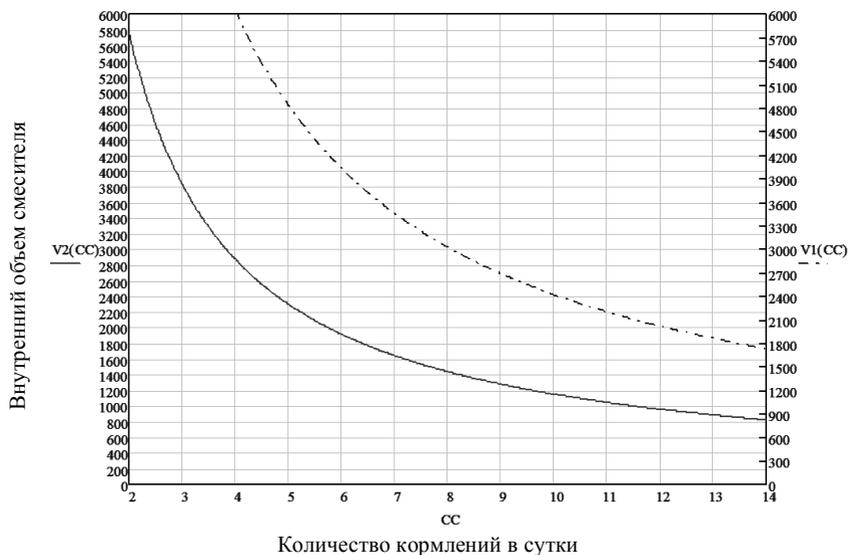


Рисунок 125 – Зависимость вместимости смесителя от количества кормлений в сутки

Представленные данные наглядно демонстрируют, что режим многократного кормления является наиболее выгодным, так как позволяет в несколько раз (для двукратного кормления – в 7 раз) снизить вместимость, получить выигрыш в площади помещения, а также в мощности всех соответствующих электродвигателей. Оценка снижения мощности электродвигателей будет проведена в другой статье.

Важно подчеркнуть, что без автоматизации кормления свиней невозможно организовать непрерывный режим кормления.

Заключение

Анализ результатов расчетов показывает, что относительная разница в определении вместимости составляет 14 % и зависит от того, какая плотность учитывается в расчетах. Более существенная разница, при-

мерно 36 %, возникает и при учете количества животных в расчетах. При увеличении влажности на 15 % вместимость возрастет в 2,1 раза, но наибольшее изменение вместимости смесителя – в 7 раз – происходит из-за количества кормлений животных. Значительное сокращение вместимости смесителя из-за увеличения количества кормлений невозможно без применения автоматизированных систем управления.

14.03.12

Литература

1. Степук, Л.Я. Механизация дозирования в кормоприготовлении / Л.Я. Степук. – Минск: Урожай, 1986. – 152 с.
2. Корма растительные. Методы определения влаги: ГОСТ 27548–97. Введ. 01.01.1999. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 6 с.
3. Кабанов, В.Д. Свиноводство / В.Д. Кабанов. – М.: Колос, 2001. – 431 с.
4. Гируцкий, И.И. Поточно-механизированные линии с микропроцессорным управлением для откорма свиней: дис. ... докт. техн. наук: 05.20.01. – Москва, 2007. – 333 л.

УДК 621.926:621.927

**В.А. Михайлов, Н.П. Киселева,
А.С. Алферов, Е.С. Кочегура**

*ГНУ «Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук» (СКНИИМЭСХ),
г. Зерноград, Ростовская область,
Российская Федерация)*

**РЕЗУЛЬТАТЫ
ИССЛЕДОВАНИЯ
РАБОЧЕГО
ПРОЦЕССА
МОЛОТКОВОЙ
ДРОБИЛКИ
ВД-1**

Основной операцией при подготовке зерновых компонентов на комбикормовых заводах и в цехах является измельчение, осуществляемое дезинтеграторами, плющилками, молотковыми дробилками. Простота устройства и обслуживания, высокая технологическая надежность, сравнительно низкие капиталовложения – основные преимущества молотковых дробилок, обусловившие их широкое распространение.

В течение многих лет стандартным конструктивным решением для дробилок являлось горизонтальное расположение вала ротора. Но с появлением в 1993 году промышленных образцов молотковых дробилок с вертикально установленным валом ротора [1] положение резко изменилось. Такие дробилки имеют ряд преимуществ, главное из которых состоит в умеренных удельных энергозатратах. Невысокая скорость воздушного потока в дробилке с вертикальным валом ротора позволяет отказаться от дорогостоящей централизованной системы аспирации и перейти к применению локальных фильтров, а также использовать венти-

ляторный эффект ротора дробилки (воздушный поток) для регулировки загрузки камеры измельчения машины.

Дробилка (рисунок 126) включает крышку 1 с закрепленными на ней рабочими органами, привод 2, корпус 3, раму 4. Работает следующим образом: исходный материал через бункеры 5, патрубки 6 поступает в камеру дробления в корпусе 3, где подвергается быстрочередующимся ударам молотков вращающегося ротора 7 и проходит через отверстия решет. Затем материал через выгрузное отверстие 8 дробилки поступает в шнек и в бункер.

Опыт эксплуатации новых дробилок ДМВ («Тэхнэкс»), дробилок производства ОАО «Мельинвест», DFZK («Бюллер АГ») указывает на необходимость совершенствования их конструкции и техпроцесса для получения более выровненного гранулометрического состава готового продукта, уменьшения содержания в нем пылевидных частиц и снижения за счет этого расхода энергии, а также удобства их технического, технологического и эксплуатационного обслуживания.

Для изучения технологического процесса, протекающего в дробилке с вертикальным валом ротора, в ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии (ранее ВНИПТИМЭСХ) была изготовлена лабораторная установка, включающая дробилку, бункер-питатель, шкаф управления, опорный стол-раму, выгрузной транспортер.

Основное отличие лабораторной дробилки от дробилок ДМВ («Тэхнэкс»), DFZK («Бюллер АГ») заключается в применении для привода ротора промежуточной клиноременной передачи, что позволило менять скоростные режимы в зависимости как от перерабатываемого материала, так и от модуля помола для различных видов половозрастных групп животных и птиц.

Конструкция дробилки позволяет одновременно, независимо друг от друга, менять шесть параметров техпроцесса: а) окружную скорость ротора; б) диаметр отверстий решет; в) высоту рифлей дек; г) число молотков на роторе; д) подачу материала в дробильную камеру; ж) зазор между поверхностью решет и концами молотков ротора.

При всестороннем изучении процесса измельчения зерновых продуктов в молотковой дробилке характеризовать его одним или двумя

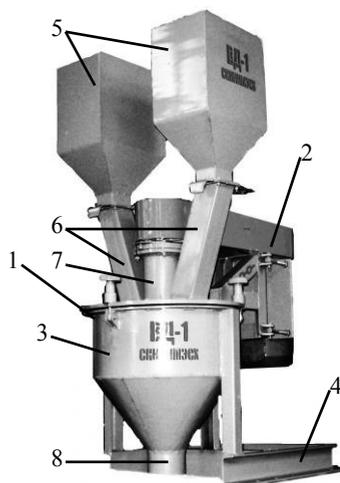


Рисунок 126 – Молотковая вертикальная дробилка ВД-1

показателями (критериями) недостаточно. Поэтому для оценки техпроцесса дробилки нами были приняты 3 критерия:

а) количественный – производительность, $кг/ч$ (т.е. подача в единицу времени):

$$Q = \frac{G}{t}, \text{ кг/ч}, \quad (1)$$

где G – масса порции зерна за время повторности, $кг$;

t – время измельчения порции зерна, $ч$;

б) качественный – модуль помола, характеризующий средневзвешенную величину частиц измельченного продукта;

в) комплексный – энергоемкость процесса с учетом степени измельчения материала:

$$\Xi = \frac{100N}{Q\lambda}, \frac{кВт \cdot ч}{т \cdot (ед.ст.изм.)}, \quad (2)$$

где N – мощность, требуемая на измельчение;

Q – подача материала в единицу времени (производительность), $т/ч$;

$т \cdot (ед.ст.изм.)$ – тонн на единицу степени измельчения;

λ – степень измельчения материала, величина безразмерная, показывающая, во сколько раз уменьшился размер зерновки после измельчения:

$$\lambda = \frac{d_{жк}}{M},$$

где $d_{жк}$ – диаметр шара, эквивалентного по объему зерновке, $мм$;

M – модуль помола, $мм$.

Определение характера влияния указанных факторов на показатели техпроцесса дробилки проводили на основе многофакторного эксперимента с помощью матрицы D -оптимального плана Хартли-Коно (X_a-K_0)₆. Факторы и границы их изменений приведены в таблице 44.

Таблица 44 – Факторы. Области значений

| Условное обозначение | | Наименование фактора | Уровень факторов | | |
|----------------------|----------|---|------------------|-----|------|
| кодир. | натурал. | | -1 | 0 | +1 |
| X_1 | V_m | Окружная скорость молотков, $м/с$ | 43 | 57 | 71 |
| X_2 | d | Диаметр отверстий решета, $мм$ | 2 | 3 | 4 |
| X_3 | h | Высота рифлей деки, $мм$ | 0 | 6 | 12 |
| X_4 | Z_m | Количество молотков на роторе, $шт.$ | 12 | 18 | 24 |
| X_5 | Q | Величина подачи материала, $кг/ч$ | 200 | 600 | 1000 |
| X_6 | S | Величина зазора между молотками и решетом, $мм$ | 8 | 14 | 20 |

При проведении каждого опыта отбирались пробы для определения модуля помола, влажности, объемного веса готового продукта, регистрировались потребляемые мощности холостого и рабочего хода. Результаты экспериментов приведены в таблице 45.

Таблица 45 – Оптимальный план Хартли-Коно и результаты его реализации

| № п/п | Кодированные значения факторов | | | | | | Производитель- ность, кг/ч | Модуль помола, мм | Энергоемкость, $\frac{кВт\cdot ч}{т\cdot(ед.ст.изм.)}$ |
|----------|-----------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------------|-------------------------|---|
| | X ₁ | X ₂ | X ₃ | X ₄ | X ₅ | X ₆ | | | |
| 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 803 | 1,66 | 1,451 |
| 2 | -1 | -1 | -1 | 1 | -1 | 1 | 208 | 1,27 | 1,306 |
| 3 | -1 | -1 | 1 | -1 | -1 | 1 | 203 | 1,36 | 1,461 |
| 4 | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 757 | 1,36 | 1,894 |
| 5 | -1 | 1 | -1 | -1 | 1 | -1 | 877 | 1,88 | 1,866 |
| 6 | -1 | 1 | -1 | 1 | -1 | -1 | 222 | 1,45 | 1,557 |
| 7 | -1 | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 173 | 1,73 | 1,286 |
| 8 | -1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 856 | 1,85 | 1,905 |
| 9 | 1 | -1 | -1 | -1 | 1 | -1 | 859 | 1,36 | 2,361 |
| 10 | 1 | -1 | -1 | 1 | -1 | -1 | 237 | 1,05 | 2,152 |
| 11 | 1 | -1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 170 | 1,04 | 1,517 |
| 12 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 748 | 1,18 | 0,984 |
| 13 | 1 | 1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 815 | 1,63 | 1,282 |
| 14 | 1 | 1 | -1 | 1 | -1 | 1 | 265 | 1,72 | 1,657 |
| 15 | 1 | 1 | 1 | -1 | -1 | 1 | 262 | 1,56 | 1,230 |
| 16 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 906 | 1,66 | 1,537 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 313 | 1,31 | 1,278 |
| 18 | 1 | -1 | 0 | -1 | 1 | 1 | 1035 | 1,29 | 1,274 |
| 19 | 0 | 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 195 | 1,64 | 1,497 |
| 20 | -1 | -1 | -1 | 0 | 1 | -1 | 564 | 1,48 | 2,577 |
| 21 | -1 | -1 | -1 | 1 | 0 | 1 | 528 | 1,51 | 0,916 |
| 22 | 0 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 773 | 1,48 | 2,389 |
| 23 | -1 | 1 | 1 | -1 | 0 | 1 | 380 | 1,85 | 1,298 |
| 24 | 1 | -1 | 1 | 0 | -1 | 1 | 157 | 1,32 | 1,590 |
| 25 | -1 | 0 | 1 | -1 | -1 | -1 | 146 | 1,55 | 1,574 |
| 26 | -1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 624 | 1,72 | 1,252 |
| 27 | 1 | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 | 239 | 0,99 | 1,375 |
| 28 | 0 | -1 | 1 | -1 | -1 | 1 | 238 | 1,3 | 1,359 |
| 29 | -1 | -1 | -1 | 0 | 1 | 1 | 1159 | 1,67 | 1,236 |
| 30 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1081 | 1,54 | 1,361 |
| 31 | -1 | 0 | -1 | -1 | -1 | 1 | 213 | 1,43 | 1,478 |
| 32 | 0 | -1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1144 | 1,31 | 1,581 |
| 33 | 1 | 1 | -1 | -1 | 0 | 1 | 431 | 1,58 | 1,367 |
| 34 | 1 | -1 | -1 | 1 | -1 | 0 | 146 | 1,36 | 2,397 |
| 35 | 1 | 1 | -1 | 0 | -1 | -1 | 182 | 1,21 | 1,586 |
| 36 | 1 | 0 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1057 | 1,45 | 1,401 |
| 37 | 0 | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 962 | 1,34 | 1,311 |
| 38 | -1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 0 | 975 | 1,64 | 1,496 |
| 39 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | -1 | 370 | 1,56 | 2,224 |
| 40 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | 1 | 249 | 1,52 | 1,733 |
| 41 | 1 | -1 | -1 | | -1 | 1 | 280 | 1,06 | 1,260 |
| 42 | 0 | 1 | -1 | -1 | 1 | -1 | 1043 | 1,68 | 1,544 |
| 43 | -1 | 1 | 0 | 1 | 1 | -1 | 928 | 1,87 | 1,909 |
| 44 | -1 | 0 | -1 | 1 | -1 | 1 | 246 | 1,43 | 1,442 |

Для расчета коэффициентов регрессии использовали программу «Matlab Help». По каждому критерию оптимизации были получены математические модели в виде полиномов второго порядка в кодированном виде:

а) по производительности:

$$Q = 382,8 + 54X_1 + 38,4X_2 - 21,8X_3 - 38,3X_4 + 371X_5 + 25,6X_6 - 0,56X_1X_2 + 17,4X_1X_3 - 4,9X_1X_4 + 8,2X_1X_5 - 13,4X_1X_6 + 24,2X_2X_3 + 76X_2X_4 + 4,6X_2X_5 - 60,1X_2X_6 - 52X_3X_4 + 23,7X_3X_5 - 9,3X_3X_6 - 2,62X_4X_5 - 1,44X_4X_6 - 2,7X_5X_6 - 77,7X_1^2 + 2,74X_2^2 - 1,6X_3^2 + 13,77X_4^2 + 173,125X_5^2 + 37,7X_6^2; \quad (3)$$

б) по модулю помола:

$$M = 1,337 - 0,1049X_1 + 0,1378X_2 + 0,0434X_3 - 0,0058X_4 + 0,0059X_5 + 0,029X_6 + 0,029X_1X_2 - 0,01488X_1X_3 + 0,052X_1X_4 - 0,033X_1X_5 + 0,039X_1X_6 + 0,0146X_2X_3 + 0,0056X_2X_4 - 0,0038X_2X_5 + 0,0054X_2X_6 + 0,017X_3X_4 - 0,028X_3X_5 - 0,0263X_3X_6 - 0,046X_4X_5 + 0,0084X_4X_6 - 0,049X_5X_6 + 0,075X_1^2 + 0,043X_2^2 + 0,0066X_3^2 + 0,0754X_4^2 - 0,025X_5^2 - 0,0077X_6^2; \quad (4)$$

в) по энергоемкости:

$$W = 1,545 - 0,0964X_1 + 0,1995X_2 + 0,0117X_3 - 0,0778X_4 + 0,032X_5 + 0,261X_6 + 0,156X_1X_2 + 0,0823X_1X_3 - 0,05X_1X_4 + 0,093X_1X_5 - 0,1252X_1X_6 + 0,0575X_2X_3 + 0,09X_2X_4 + 0,025X_2X_5 - 0,11X_2X_6 - 0,056X_3X_4 - 0,011X_3X_5 - 0,1093X_3X_6 + 0,1057X_4X_6 - 0,0731X_5X_6 + 0,092X_1^2 - 0,0057X_2^2 + 0,0444X_3^2 + 0,1393X_4^2 + 0,0247X_5^2 - 0,1661X_6^2. \quad (5)$$

Проведенный статистический анализ указанных уравнений показал, что они позволяют получить расчетные данные по каждому критерию оптимизации, близкие к экспериментальным.

Каноническая форма указанных уравнений получена после решения соответствующих матриц и имеет следующий вид:

а) по производительности:

$$Q-383 = -78,3X_1^2 - 29,3X_2^2 - 5X_3^2 + 35X_4^2 + 55X_5^2 + 174X_6^2; \quad (6)$$

б) по модулю помола:

$$M-1,44 = -0,04X_1^2 - 0,012X_2^2 - 0,025X_3^2 + 0,044X_4^2 + 0,075X_5^2 + 0,75X_6^2; \quad (7)$$

в) по энергоемкости:

$$W-1,6 = -0,21X_1^2 - 0,08X_2^2 - 0,015X_3^2 + 0,07X_4^2 + 0,12X_5^2 + 0,21X_6^2. \quad (8)$$

Во всех уравнениях в канонической форме знаки при квадратичных членах различны, и поэтому вид поверхности отклика, описываемый уравнениями (3), (4), (5), определить очень сложно.

Так как представить исследуемый параметр оптимизации (функцию отклика) в шестимерном пространстве практически невозможно, анализ его проводили с помощью двухмерных сечений поверхности: анализу подвергались математические модели с закодированными факторами. В уравнении второго порядка подставляются закодированные значения факторов на нулевом уровне, кроме двух изучаемых. В результате получаем

выражения, содержащие лишь два изучаемых фактора. Дифференцируя их поочередно по каждому фактору, получаем два дифференциальных уравнения, решая которые, находим координаты центра поверхности отклика, описываемой данными выражениями. Подставляем их в уравнение двухмерного сечения и определяем оптимальные значения параметра в центре сечения поверхности отклика. Для определения вида изучаемой поверхности приводим уравнения к каноническому виду [2] и, подставляя в них различные значения изучаемого критерия, получаем уравнения соответствующих контурных кривых (рисунок 127, 128).

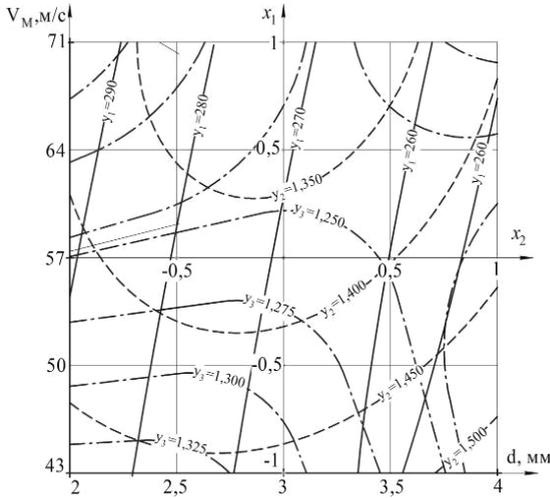


Рисунок 127 – Двухмерные сечения, характеризующие производительность (y_1), модуль помола (y_2) и энергоёмкость процесса в зависимости от окружной скорости молотков V_M и диаметра отверстий решета d

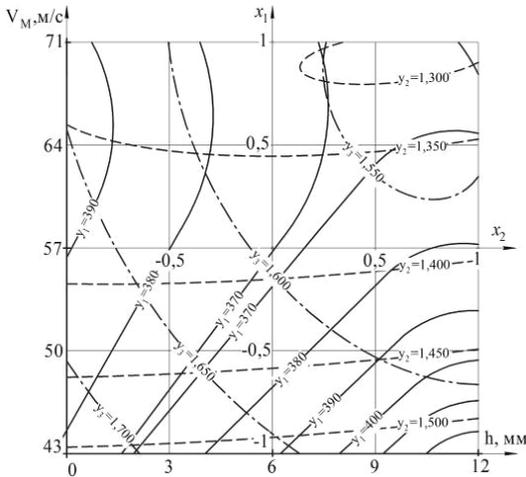


Рисунок 128 – Двухмерные сечения, характеризующие производительность (y_1), модуль помола (y_2) и энергоёмкость процесса в зависимости от окружной скорости молотков V_M и высоты рифлей деки h

Выводы

1. Адекватно отражает все стороны технологического процесса измельчения зерна в молотковой дробилке с вертикально расположенным валом ротора комплексный критерий оптимизации W . Его оптимальная величина не должна превышать $1,54 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{т}\cdot\text{ед.ст.изм.})$; нижняя его граница ($0,9 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{т}\cdot(\text{ед.ст.изм.})$) снижает оптимальную производительность машины на 35 % ($530 \text{ кг}/\text{ч}$ против $795 \text{ кг}/\text{ч}$). При более высоком значении ($2,577 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{т}\cdot\text{ед.ст.изм.})$) происходит перерасход энергии за счет ее затрат на холостой ход машины. При этом производительность $Q = 795\text{--}850 \text{ кг}/\text{ч}$, а модуль помола $M = 1,4\text{--}1,52 \text{ мм}$.

2. Рациональные значения исследуемых факторов рабочего процесса дробилки с вертикальным валом должны быть равны: окружная скорость молотков $V = 70\div 71 \text{ м}/\text{с}$, диаметр отверстий решета $d = 3\div 4 \text{ мм}$, высота рифлей деки (не более) $h = 6 \text{ мм}$, число молотков $Z = 16\div 20 \text{ шт.}$, подача (не более) $Q = 850 \text{ кг}/\text{ч}$ и зазор между решетом и молотками $S = 12\div 20 \text{ мм}$.

3. Оптимальные значения производительности – $795\text{--}850 \text{ кг}/\text{ч}$, модуля помола – $1,28\div 1,66 \text{ мм}$ и энергоемкости – $1,54 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{т}\cdot\text{ед.ст.изм.})$ достигнуты при окружной скорости молотков, равной $65\text{--}71 \text{ м}/\text{с}$.

4. Минимальная энергоемкость $1,54 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{т}\cdot\text{ед.ст.изм.})$ достигнута при окружной скорости молотков $71 \text{ м}/\text{с}$ и значениях остальных факторов, близких к нулевому уровню (см. таблицу 44): $X_2 = 3 \text{ мм}$, $X_3 = 6\div 10 \text{ мм}$, $X_4 = 16\div 18 \text{ шт.}$, $X_5 = 795 \text{ кг}/\text{ч}$ и $X_6 = 12 \text{ мм}$.

19.06.12

Литература

1. Хорошенко, Г. Современная концепция измельчения с использованием техники завтрашнего дня / Г. Хорошенко // Комбикорма. – 2002. – № 1. – С. 26.
2. Планирование экспериментов в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников [и др.]. – Ленинград: Колос, 1980. – 129 с.

УДК 636.087.6

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

**ПОЛУЧЕНИЕ БЕЛКОВОЙ
КОРМОВОЙ ДОБАВКИ
МЕТОДОМ
ЭКСТРУДИРОВАНИЯ**

Введение

Разработка новых видов качественных кормовых добавок на основе отходов предприятий по переработке сельскохозяйственного сырья всегда являлась актуальной задачей. Вовлечение в кормопроизводство вторичного сырья (боенских отходов) позволяет за счет собственного сырья

расширить кормовую базу предприятия, обеспечивает безотходность производства, способствует снижению загрязнения окружающей среды.

Поиск новых эффективных способов переработки вторичного сырья актуален и для птицеводческих предприятий.

Согласно среднестатистическим данным, суммарная масса отходов убоя и потрошения птицы составляет 25–30 % от ее живого веса. Это перо, головы, лапы, пищеводы, кишки с содержимым и другие боенские отходы. Содержание белка в мякотных отходах – от 15–20 %, в пере – до 85 %. При современных объемах производства отходы составляют сотни тысяч тонн в год. Например, в ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский» ежесуточный объем вторичного сырья равен 35–40 т.

Переработка непищевых отходов предполагает получение биологически ценного, безопасного и стойкого при хранении корма. Необходимое условие достижения этой цели – термообработка отходов, в процессе которой сырье обеззараживается и обезвоживается. От правильности ее проведения зависит качество получаемого корма.

Основная часть

Традиционно наиболее распространена многочасовая термообработка при повышенном давлении в аппаратах периодического действия, в частности в вакуумных котлах (котлах-утилизаторах Лапса) сухим (без контакта с острым паром или водой) или мокрым способом. В таких котлах сырье медленно нагревается до температуры 118–130 °С, при которой погибает основная масса бактерий, и стерилизуется в течение 30–60 минут при давлении 0,3–0,4 МПа. Затем разваренная масса сушится в течение нескольких часов под давлением 0,05–0,06 МПа при 70–80 °С. Из термообработанных отходов получают мясокостную, мясную, кровяную, костную, перьевую муку.

Можно выделить следующие основные недостатки традиционных технологий:

- длительность процесса получения готового продукта (до 10–12 часов);
- многочасовая термообработка приводит к денатурации 70–75 % протеина, в результате снижается кормовая ценность продукта (он плохо усваивается птицей);
- высокая энергоемкость (для работы установок помимо электроэнергии необходимы газ, пар и горячая вода);
- загрязнение окружающей среды неприятнопахнущими и токсическими веществами (сероводородом, сернистым газом, меркаптанами и др.);
- образование жиросодержащих сточных вод, увеличивающих нагрузку на локальные очистные сооружения.

Для получения высококачественного кормового продукта, в котором максимально сохраняется биологическая ценность исходного сырья,

необходимо свести к минимуму время термообработки. При этом желательно использовать экономичные и экологически чистые технологии.

К новейшим приемам переработки биологических отходов, соответствующим этим требованиям, относятся экструзионные технологии.

Экструзия (от латинского *extrudo* – выдавливание) – это процесс, совмещающий термо-, гидро- и механохимическую обработку сырья для получения продуктов с новой структурой и свойствами. Экструзионные технологии позволяют проводить быстро и непрерывно в одной машине (экструдере) ряд операций практически одновременно: перемешивать, сжимать, нагревать, стерилизовать, варить и формовать продукт. За короткое время в сырье происходят процессы, соответствующие длительной термообработке.

В современных экструдерах в зависимости от характера обрабатываемого материала температура может достигать 200 °С, а давление – 4–5 МПа. В то же время отрицательные эффекты обработки сводятся к минимуму, благодаря ее кратковременности. Обрабатываемый материал находится в экструдере не более 30–90 секунд [1].

Развитие экструзионной техники позволило предложить новые способы утилизации отходов пищевой промышленности, зверохозяйств, свиноводства и птицеводства.

Так, измельченные отходы животного происхождения (в том числе падеж и конфискат санэпидемстанций) предварительно смешивают с растительным наполнителем, чтобы уменьшить влажность массы, подаваемой в экструдер, до 28–30 %. Полученную смесь подвергают экструзионной переработке, получая пригодный для кормления свиней, птицы и пушных зверей продукт. В качестве наполнителя могут быть использованы зерно, зерноотходы, отруби, шроты.

В результате экструдирования переваримость протеина достигает 90 %. Аминокислоты становятся более доступными вследствие разрушения в молекулах белка вторичных связей. Содержание доступного лизина достигает 88 %. В то же время полностью или значительно разрушаются антипитательные соединения, такие как уреазы, ингибиторы протеаз, трипсина. Крахмал желатинизируется, что увеличивает степень его усвояемости.

Метод экструзионной обработки позволяет получить ряд преимуществ:

- интенсифицировать производственный процесс;
- повысить степень использования сырья;
- получить готовые к применению пищевые продукты или создать для них компоненты, обладающие высокой сгущающей водо- и жиродерживающей способностью;
- снизить производственные затраты (расходы тепла, электроэнергии);

- снизить трудовые затраты;
- расширить ассортимент пищевых продуктов;
- повысить усвояемость;
- снизить микробиологическую обсемененность продуктов;
- уменьшить загрязнение окружающей среды.

Кроме того, в результате экструзии происходят существенные изменения и текстурирование не только на клеточном уровне, но и сложные химические, микробиологические (стерилизация), физические процессы и явления [2].

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» с целью сокращения объемов закупок белковых компонентов (рыбная мука), входящих в состав комбикорма, при имеющейся необходимости рационального и эффективного использования сырьевой базы птицефабрик разработал технологию и комплект оборудования для получения протеиновой кормовой добавки из боенских отходов и пера птицы.

В предлагаемой технологии реализуется принципиально новый подход к утилизации вторичных продуктов убоя птицы (пера, кишечного тракта и др.). Переработка боенских отходов предполагает получение высокобелковой, стойкой при хранении кормовой добавки. При этом переваримость белков, в том числе протеина кератиносодержащих отходов, по результатам промышленных испытаний, проведенных Государственным научным учреждением «Всероссийский научно-исследовательский институт птицеперерабатывающей промышленности Российской академии сельскохозяйственных наук», может достигать 85 %.

Технологический процесс экструзионной переработки боенских отходов и пера птицы состоит из:

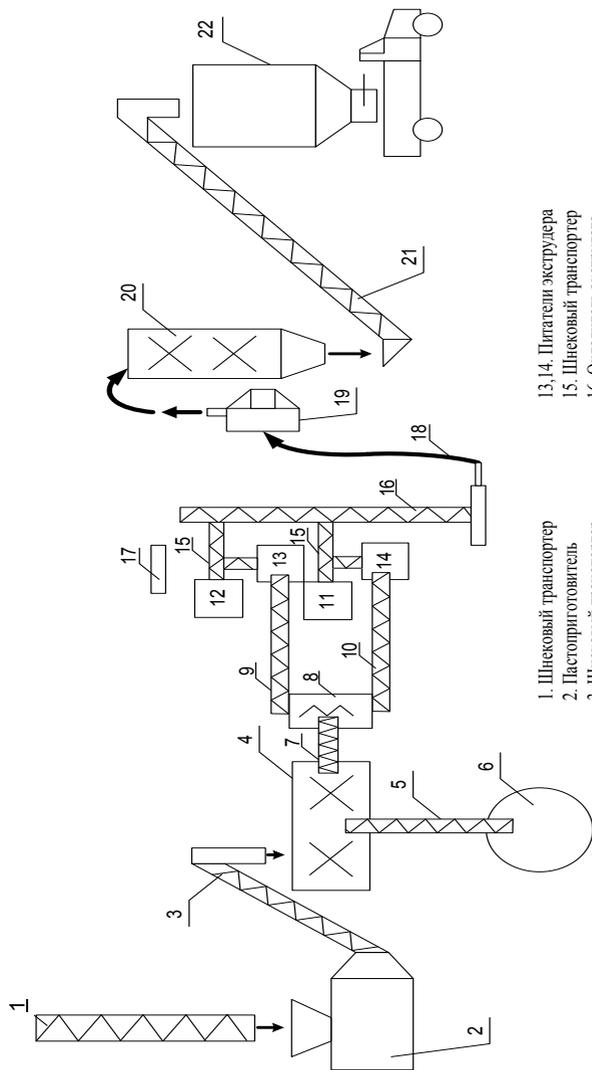
- измельчения боенских отходов и пера;
- смешивания измельченной массы с зерновым наполнителем;
- экструзии смеси;
- охлаждения.

Технологическая схема комплекта технологического оборудования представлена на рисунке 129.

В соответствии со схемой боенские отходы и перо птицы из бункера цеха убоя птицы шнековым транспортером 1 подаются в пастоприготовитель 2, где они перемалываются.

Из пастоприготовителя порция размолотых боенских отходов шнековым транспортером 3 подается в смеситель 4.

После загрузки боенских отходов шнековым транспортером 5 из бункера наполнителя 6 в смеситель 4 для коррекции влажности подается порция зернового (или иного) наполнителя.



- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1. Шнековый транспортер | 13,14. Питатели экструдера |
| 2. Пасториготовитель | 15. Шнековый транспортер |
| 3. Шнековый транспортер | 16. Охладитель экструдата |
| 4. Смеситель | 17. Блок управления |
| 5. Шнековый транспортер | 18. Пневмопровод |
| 6. Бункер с дозатором для наполнителя | 19. Дробилка |
| 7. Шнековый транспортер | 20. Смеситель |
| 8. Блок бункеров | 21. Шнековый транспортер |
| 9,10. Шнековый транспортер | 22. Бункер готовой продукции с дозатором |
| 11,12. Экструдер | |

Рисунок 129 – Технологическая схема получения протеиновой кормовой добавки

После перемешивания исходных компонентов полученная масса шнековым транспортером 7 подается в блок бункеров 8, из которого шнековыми транспортерами 9, 10 подается в питатели экструдера 13, 14. Далее исходная масса подается непосредственно в экструдеры 11, 12, где происходит процесс экструзии исходных компонентов.

Из экструдеров полученный экструдат шнековыми транспортерами 15 подается в охладитель экструдата 16.

Далее охлажденный экструдат по пневмопроводу 18 подается в дробилку 19, где осуществляется дробление материала до фракции 2–3 мм.

Из дробилки 19 измельченная масса подается в смеситель 20, где дополнительно происходит перемешивание экструдата до однородной массы.

Из смесителя 20 полученная протеиновая добавка шнековым транспортером 21 загружается в бункер готовой продукции с дозатором 22.

По данной технологии были проведены опыты экструдирования смеси с разным процентным соотношением отходов и зернового наполнителя. Показатели полученных протеиновых кормовых добавок приведены в таблице 46.

Таблица 46 – Основные показатели протеиновых кормовых добавок

| Наименование показателя | Смесь 1 (30 % – боенские отходы птицы; 10 % – перо; 60 % – дробленое зерно) | Смесь 2 (40 % – боенские отходы птицы; 10 % – перо; 50 % – дробленое зерно) | Смесь 3 (30 % – боенские отходы птицы; 20 % – перо; 50 % – дробленое зерно) |
|----------------------------|--|--|--|
| Сухое вещество, % | 86 | 86 | 87 |
| Кормовые единицы, в 100 кг | 101 | 101 | 101 |
| Обменная энергия, МДж/кг | 12,0 | 12,2 | 12,8 |
| Сырой протеин, % | 15...20 | 20...25 | 30...32 |
| Сырая клетчатка, % | 3 | 3 | 2,8 |
| Кальций, % | 2,0...2,5 | 2,0...2,5 | 2,0...2,5 |
| Фосфор, % | 0,6...0,7 | 0,6...0,7 | 0,6...0,7 |
| Натрий, % | 0,14...0,15 | 0,14...0,15 | 0,14...0,15 |
| Лизин, % | 0,9...1,07 | 0,9...1,07 | 0,9...1,07 |
| Переваримость протеина, % | 82...83 | 82...83 | 82...83 |

Заключение

При использовании метода экструзии для получения протеиновой кормовой добавки на основе боенских отходов и пера птицы достигается главная цель производства корма животного происхождения – изготовление высококачественного белкового продукта, содержащего ком-

плекс незаменимых аминокислот. Также экструзионная обработка исходных компонентов эффективно повышает питательную ценность получаемой кормовой добавки и увеличивает ее усвояемость.

Анализируя полученные результаты, можно сказать, что потенциально возможные доходы птицефабрик от использования протеиновых кормовых добавок из отходов собственного производства могут быть сравнимы с доходами от реализации основных продуктов производства.

24.08.12

Литература

1. Кадыров, Д. Экструзионная переработка биологических отходов в корма / Д. Кадыров, А. Гарзанов, В. Плитман // Птицеводство. – 2008. – № 7. – С. 51–54.
2. Магомедов, Г.О. Экструзионная технология пищевых продуктов / Г.О. Магомедов [и др.] // Пищевая промышленность. – 2003. – № 12.

УДК 631.363

**А.В. Кузьмицкий,
Ю.М. Урамовский,
Т.В. Бойко, П.В. Авраменко**
(УО «БГАТУ»,
г. Минск, Республика Беларусь)

**ПРИМЕНЕНИЕ
ЭЛЕКТРИЗАЦИИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ЖИДКОСТЕЙ
ПРИ ЗАГОТОВКЕ
КОРМОВ**

Введение

В современном кормопроизводстве применение консервантов при заготовке кормов из трав и силосных культур позволяет получать корм стабильно высокого качества.

Одним из перспективных направлений применения консервантов при заготовке силоса является их внесение в силосопровод кормоуборочного комбайна.

В связи с увеличением производительности и усложнением конструкции измельчающе-выгрузного тракта современных кормоуборочных комбайнов (установка рекаттера, корн-крекера, ускорителя выброса и др.) потери консерванта при внесении достигают 30 % и более.

Одним из возможных путей решения указанной проблемы является электростатическое нанесение капель консерванта на частицы корма.

Основная часть

Электрическая зарядка мелких жидких и твердых частиц в электрическом поле с целью придания им необходимых технологических свойств применяется во многих отраслях народного хозяйства [1, с. 22]: медицине, промышленности, сельском хозяйстве [2, с. 241].

В сельском хозяйстве электризацию распыляемых жидкостей в основном используют при внесении пестицидов [3, 4, 5, 6], обработке животноводческих помещений (дезинфекция и дезинсекция) [1, с. 23], окраске деталей в ремонтном производстве [7, с. 219; 8].

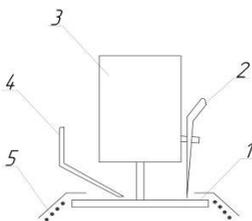
В современной практике для зарядки и активизации распыляемых жидкостей в основном используют следующие типы зарядки: зарядка осаждением ионов на поверхность частицы из газа, окружающего частицу (ионная зарядка), и зарядка путем разделения зарядов в электрическом поле (контактная и индукционная зарядки) [9, с. 138; 10, с. 33].

Зарядка с применением механической, химической и тепловой электризации (статическая электризация) возникает при контакте и разделении тел, обладающих разными физическими и химическими свойствами [11, с. 258], и является наименее исследованной. На практике наибольшее распространение получила механическая (трибо) электризация, основанная на разделении зарядов при трении [9, с. 140; 10, с. 33].

Для зарядки жидкостей в основном используют несколько типов зарядки.

Зарядка осаждением ионов на поверхность частицы из газа, окружающего частицу (ионная зарядка), основана на прохождении частиц через область газового (коронного) разряда, который возникает при подаче высокого напряжения к электродам, расположенным на небольшом расстоянии друг от друга [12, с. 276]. При этом осаждение ионов на поверхности частиц рабочей жидкости происходит как за счет диффузии, так и за счет столкновения ионов с незаряженными частицами, которые приобретают заряд определенного знака и величины [10, с. 34]. Данным способом достигается высокая униполярность заряженных частиц, а степень их заряда практически не зависит от электропроводности жидкости [13]. Указанным способом можно также заряжать частицы, находящиеся в потоке воздуха или газа [7, с. 209]. Существенными недостатками способа являются высокое напряжение (по сравнению с индукционным и контактным способами зарядки) [3], требующее дополнительных мер по обеспечению электроизоляции жидкости от корпуса опрыскивателя и электробезопасности обслуживающего персонала; наличие побочных газообразных продуктов (озона и оксидов азота) и высокое энергопотребление [7, с. 209].

Данный способ зарядки реализуется штанговым опрыскивателем, рабочий процесс которого заключается в подаче жидкости из бака к пневматическим распылителям, расположенным на штанге, где создается аэрозоль, направляемый в пространство между потенциальным электродом и растениями. Предложенное устройство позволяет сократить потери, улучшить равномерность распределения пестицида и, как следствие, уменьшить норму расхода применяемых ядохимикатов [3].



- 1 – распыляющий диск; 2 – коронная игла; 3 – электромотор;
4 – трубопровод для провода жидкости; 5 – капли жидкости

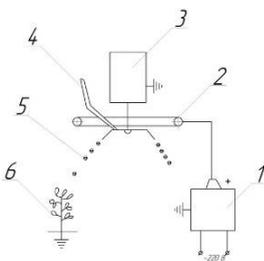
Рисунок 130 – Схема распылителя АРЕ-80

Известен электрораспылитель с вращающимся диском АРЕ-80 фирмы «NRDC», Англия (рисунок 130) [13, с. 73, рисунок 3], который работает практически со всеми видами жидкостей [14]. К его недостаткам можно отнести то, что трубопровод и бак для рабочей жидкости находятся под высоким напряжением, а осаждение рабочего раствора на зарядном электроде часто приводит к пробое изоляции [13].

Известна также конструкция электропневматической форсунки, состоящей из корпуса, кольца изолирующего, кольца с электродами. При ее работе коронный разряд, образующийся около кромок электродов, создает большое количество ионов, заряжающих частицы распыляемой жидкости. Кроме того, между электродами и обрабатываемой поверхностью создается электростатическое поле, направляющее движение заряженных частиц для интенсификации их осаждения и равномерности распределения по обрабатываемой поверхности [15, с. 215].

При *индукционной зарядке* рабочая жидкость находится в контакте с заземленным электродом и распыляется инерционными, центробежными силами или воздухом. Подача напряжения на второй электрод, расположенный напротив заземленного, позволяет за счет электромагнитной индукции навести заряд на рабочую жидкость, он при распылении сосредотачивается на поверхности капель. Основными преимуществами данного способа являются низкое рабочее напряжение зарядки [12, с. 227], отсутствие озона и оксидов азота, свойственных коронному заряду [7, с. 209]. Однако при этом эффективность данного способа по сравнению с другими значительно ниже вследствие того, что непроводящие частицы практически не заряжаются; заряженные капли при распылении имеют ту же полярность, что заземленный электрод и объект обработки. Кроме того, при таком способе зарядки биполярность капель может достигать 50 %, что приводит к возникновению эффекта нейтрализации капель за счет микропробоев при удалении заряженных капель от электрода [13].

Реализуется данный способ различными дисковыми электростатическими распылителями [16, 17, 18, 19]. Общим для них является подача жидкости на заземленный вращающийся диск, где она растекается в виде тонкой пленки и заряжается за счет подвода высоковольтного напряжения к потенциальному электроду (рисунок 131) [13, с. 71, рисунок 1].



1 – высоковольтный источник питания; 2 – потенциальный электрод; 3 – привод электрический; 4 – трубопровод; 5 – капли жидкости; 6 – растение

Рисунок 131 – Схема дискового электростатического распылителя

функционирующая с рабочим напряжением в 4 кВ и факелом распыла в пределах 8° . Она состоит из U-образного кожуха 1 из электропроводного пластика, на внутренних сторонах которого закреплены специальные куполообразные поверхности из изоляционного пластика 2, внутри которых установлены электроды 4. Рабочая жидкость распыляется в электрическом поле, возникающем между заземленной струей и электродами. Жидкость заряжается в момент образования капель [20].

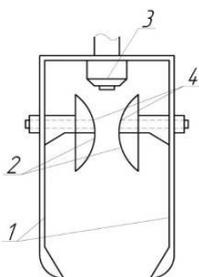
Итальянская фирма «KWH-Martignani» предлагает вентиляторный опрыскиватель с устройством для электрической подзарядки пестицидов (рисунок 133) [4]. Основу данного оборудования составляют щелевые распылители с зарядными устройствами, высоковольтный блок, высоковольтные провода и заземляющий элемент. Установка позволяет повысить качество и эффективность обработки, снизить расход рабочей жидкости за счет уменьшения сноса капель [21].

Известен электростатический распылитель, работающий с дезинфицирующими растворами (рисунок 134) [22, рисунок 1], состоящий из диэлектрического корпуса 3, кольцевого сопла 4 и индуцирующего электрода 5. Конструкция предусматривает подачу жидкости, дополнительное ее дробление с помощью воздушного потока и индукционную зарядку капель [22].

При *контактной зарядке* (рисунок 135) [13, с. 72, рисунок 2] в отличие от индукционной рабочая жидкость при распылении находится на потенциальном электроде и ведет себя как проводник [7, с. 34; 9, с. 227]. В отличие от ионной зарядки к преимуществам данного способа можно отнести отсутствие побочных газообразных продуктов (озона и оксидов азота), свойственных коронному заряду, и то, что напряжение зарядки значительно ниже, хотя величина заряда частицы в 10–30 раз больше. Капли распыла и объект обработки имеют разноименные заряды [23].

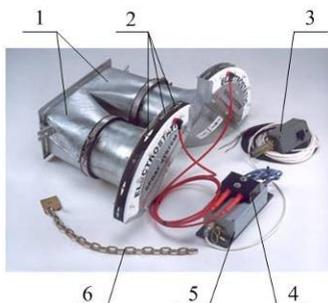
Основным недостатком таких устройств является необходимость наличия привода распыливающего диска, а также низкая осевая скорость распыляемой жидкости. Кроме того, капли при распылении получают знак заряда, одноименный с объектом обработки, что значительно снижает эффективность применения данного способа зарядки.

Английской фирмой «SES» для штанговых опрыскивателей разработана специальная приставка (рисунок 132) [20, рисунок 3],



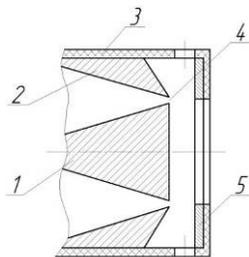
1 – кожух; 2 – куполообразные накладки; 3 – распылитель; 4 – электроды

Рисунок 132 – Приставка к гидравлическим распылителям фирмы «SES»



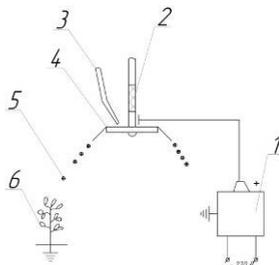
1 – воздухопроводы; 2 – распылители; 3 – выключатель; 4 – ограничитель тока; 5 – высоковольтный блок; 6 – заземляющий элемент

Рисунок 133 – Распыляющее устройство опрыскивателя фирмы «KWH-Martignani»



1, 2 – внутренняя и наружная поверхность кольцевого сопла; 3 – корпус; 4 – кольцевое сопло; 5 – индуцирующий электрод

Рисунок 134 – Электростатический распылитель



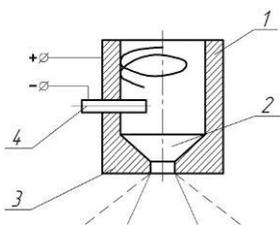
1 – высоковольтный источник; 2 – изоляционная вставка; 3 – трубопровод; 4 – распыляющий диск; 5 – капли жидкости; 6 – растение

Рисунок 135 – Схема контактной зарядки

Известен ряд устройств с контактным способом зарядки рабочих жидкостей.

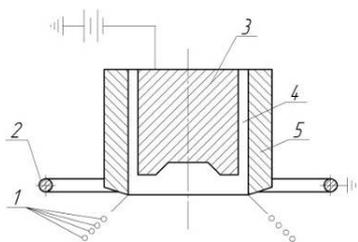
Центробежная форсунка с электропроводным стержнем (рисунок 136) [15, с. 214, рисунок 9.6a] позволяет при подводе напряжения изменять скорость движения распыляемой жидкости, а также дисперсность и угол факела распыла [15, с. 213–214]. Простота и надежность являются преимуществами данной конструкции.

Английской фирмой «ICI» был разработан электродинамический опрыскиватель «Электродин» (рисунок 137) [20, с. 75, рисунок 4], в котором заложен электрический способ распыления.



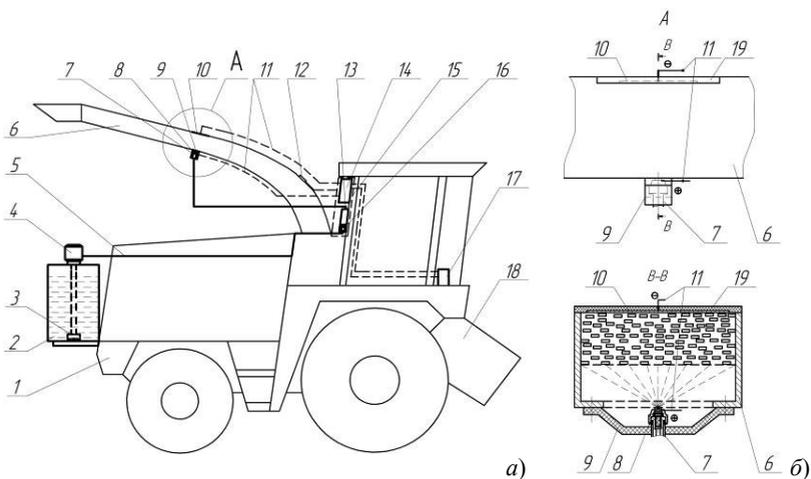
1 – корпус; 2 – камера закручивания, 3 – электроизолирующая втулка, 4 – электропроводный стержень

**Рисунок 136 – Схема
центробежной форсунки**



1 – заряженные капли; 2 – наружный заземленный электрод; 3 – потенциальный электрод; 4 – распыляемая жидкость; 5 – корпус капилляра

**Рисунок 137 – Схема распылителя
«Электродин»**



а) схема устройства для внесения жидких концентратов в измельченную растительную массу, смонтированного на кормоуборочном комбайне;

б) вариант форсунки на силосопроводе (вид сбоку и поперечное сечение):

1 – корпус кормоуборочного комбайна; 2 – емкость; 3 – фильтрующий элемент; 4 – насос; 5 – трубопровод; 6 – силосопровод; 7 – распылительная форсунка; 8 – заряженный электрод; 9 – крепление; 10 – проводящий экран; 11 – питающий кабель; 12 – датчик массы; 13 – расходомер; 14 – источник высокого напряжения; 15 – модуль управления; 16 – дозатор; 17 – источник питания; 18 – питающая камера; 19 – диэлектрическая вставка

**Рисунок 138 – Устройство для внесения концентратов
в измельченную растительную массу**

Преимуществами данного распылителя являются отсутствие вращающихся деталей, а также возможность регулирования размеров получаемых капель при распылении с помощью изменения потенциала на контактирующем электроде. Недостатки – определенный диапазон вязкости и проводимости используемых рабочих растворов (требует суспензии на масляной основе) [13].

Учитывая недостатки известных устройств, применяемых для внесения консервантов, в Белорусском государственном аграрном техническом университете предложены способ внесения жидких консервантов (внутриобъемное внесение в пневмокормовой поток измельченной растительной массы в силосопроводе с электростатической зарядкой консерванта) и устройство для его реализации (рисунок 138) [24, 25].

Проведенные лабораторно-полевые испытания позволили оценить качественные показатели применения разработанного способа внесения консерванта: неравномерность внесения снизилась с 25,83 до 11,87 %; потери при внесении сократились с 28,04 до 7,69 %.

Производственная проверка подтвердила эффективность заготовки силоса с применением оборудования для внесения консервантов ВП-40 (совмещение процесса распыла и зарядки рабочей жидкости). Сокращены потери при хранении, за счет чего дополнительно получено по 15 кормовых единиц с каждой тонны заготовленного силоса.

Заключение

1. На основании аналитического обзора можно отметить достаточно высокую результативность применения электронно-ионной технологии при распылении жидкостей в сельском хозяйстве: наблюдается снижение расхода рабочих жидкостей (за счет снижения потерь), улучшение их осаждения и проникновения, повышение эффективности применения гидравлических распылителей.

2. Для кормоуборочного комбайна предлагается способ и устройство внесения консерванта с дополнительной электризацией капель при распылении гидравлической форсункой. Это позволяет снизить неравномерность распределения и потери при внесении жидкого консерванта в высокоскоростной поток измельченной растительной массы.

3. Лабораторно-полевые испытания и производственная проверка показали эффективность применения электризации жидкого консерванта при распылении в силосопроводе кормоуборочного комбайна.

27.04.12

Литература

1. Мкртумян, А.В. Электроаэрозольная обработка животноводческих помещений: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / А.В. Мкртумян. – М., 1987. – 199 л.
2. Дондоков, Д.Д. Электротехника: учеб. пособие / Д.Д. Дондоков. – Улан-Удэ: изд-во Бурятского гос. ун-та, 2007. – 260 с.

3. Дунский, В.Ф. Штанговый электрораспылитель / В.Ф. Дунский, К.А. Криштоф // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1971. – № 12. – С. 26–29.
4. Kwh-martignani-electrostatic-device // KWH International srl. [Electronic resource]. – 2010. – Mode of access: <http://www.martignani.com/en/kwh-martignani-electrostatic-device.asp>. – Date of access: 28.11.2010.
5. Ронкин, В.С. Исследование способов уменьшения потерь пестицидов при опрыскивании полей Белоруссии: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / В.С. Ронкин. – Минск, 1976. – 206 л.
6. Raffel, H. Anlagerung und Abdrift von Pflanzenschutzmitteln im Weinbau bei elektrostatisch geladener Spritzflüssigkeit und gezielter Luftführung: Dis...D-r. Agr. wiss. / H. Raffel. – Hohenheim, 1989. – 180 S.
7. Электротехнология / А.М. Басов [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1985. – 256 с.
8. Сакович, Д.А. Нанесение жидких ЛКМ в электростатическом поле / Д.А. Сакович // Промышленная окраска. – 2004. – № 4. – С. 4–7.
9. Основы электрогазодинамики дисперсных систем / В.П. Верещагин [и др.]. – М.: Энергия, 1974. – 480 с.
10. Лекомцев, П.Л. Электроаэрозольные технологии в сельскохозяйственном производстве: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.02 / А.В. Лекомцев. – М., 2007. – 393 л.
11. Электрофизические основы техники высоких напряжений: учеб. для вузов / И.М. Бортник [и др.]; под ред. И.П. Верещагина, В.П. Ларионова. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 543 с.
12. Степук, Л.Я. Машины для применения средств химизации в земледелии: конструкция, расчет, регулировки: учеб. пособие / Л.Я. Степук, В.Н. Дашков, В.Р. Петровец. – Минск: Дикта, 2006. – 448 с.
13. Шаульскийкий, А.Г. Некоторые тенденции использования электрораспылителей при опрыскивании растений / А.Г. Шаульскийкий, И.В. Ившин // Использование электронно-ионной технологии: науч. тр. / Челяб. ин-т мех. и электр. сельского хозяйства; под ред. Б.Н. Четыркина. – Челябинск, 1985. – С. 69–76.
14. Турчин, И.А. Электризация рабочих жидкостей / И.А. Турчин // Защита растений. – 1987. – № 9. – С. 59–61.
15. Пажи, Д.Г. Основы распыливания жидкостей / Д.Г. Пажи, В.С. Галустов. – М.: Химия, 1984. – 256 с.
16. Распылитель жидкости: а.с. 1098576 СССР, МПК В 05 В 5/00 / В.Н. Шмигель, А.В. Савушкин; Ижевский сельскохоз. ин-т. – № 4376324/31-05; заявл. 11.11.82; опубл. 23.06.84. – Бюл. № 23. – 1984.
17. Генератор монодисперсных аэрозолей: а.с. 1214231 СССР, МПК В 05 В 5/02 / О.Ю. Соколов, Н.В. Чуняев; Опытнo-конструкт. бюро приборов контроля и автоматики. – № 3769268/23-05; заявл. 09.07.84; опубл. 28.02.86. – Бюл. № 8. – 1986.
18. Устройство для создания заряженного аэрозоля: а.с. 1595572 СССР, МПК В 05 В 5/04 / В.В. Вельямов [и др.]; Науч.-исслед. ин-т механики МГУ им. Ломоносова. – № 4376324/31-05; заявл. 05.12.1987; опубл. 30.09.90. – Бюл. № 36. – 1990.

19. Центробежный электроаэрозольный генератор: а.с. 1835318 А1 СССР, МПК В 05 В 5/00 / И.Ф. Бородин, А.В. Савушкин, П.Л. Лекомцев; Московский ин-т инженеров сельскохоз. пр-ва. – № 4792195/05; заявл. 16.02.90; опубл. 23.08.93. – Бюл. № 31. – 1993.
20. Гронский, А.И. Обзор устройств, обеспечивающих электрорядку рабочих жидкостей / А.И. Гронский, И.М. Кучер, Я.К. Омелюх // Защита растений. – 1987. – № 6. – С. 55–57.
21. Омелюх, Я.К. Новинки техники для защиты растений / Я.К. Омелюх, Е.А. Барыш, С.М. Дудко // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1991. – № 1. – С. 7–11.
22. Электростатический распылитель: а.с. 1235539 СССР, МПК В 05 В 5/00 / В.С. Ярных [и др.]; Всесоюз. науч.-исслед. ин-т ветеринар. санитарии. – № 3800230/23-05; заявл. 10.10.84; опубл. 07.06.86. – Бюл. № 21. – 1986.
23. Борок, А.М. Исследование распылителей с электростатической зарядкой жидкости для использования в технологических процессах с/х производства: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / А.М. Борок; Челяб. ин-т мех. и электр. сельского хозяйства. – Челябинск, 1975 – 24 с.
24. Способ внесения жидких консервантов в измельченную растительную массу в кормоуборочном комбайне и устройство для его осуществления: пат. 12378 Респ. Беларусь, МПК А 23К 3/00 / А.В. Кузьмицкий, П.В. Авраменко, И.М. Лабоцкий, А.Л. Зиновенко; заявитель УО «Белорусский государственный аграрный технический университет». – № а 20061344; заявл. 27.12.06; опубл. 30.10.09 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – № 5. – С. 42.
25. Устройство для внесения жидких консервантов в измельченную растительную массу на кормоуборочном комбайне: пат. 7370 Респ. Беларусь, МПК А 23К 3/03 / А.В. Кузьмицкий, П.В. Авраменко, Р.В. Новиков, Н.И. Ануфриев; заявитель УО «Белорусский государственный аграрный технический университет». – № у 20101003; заявл. 12.01.11; опубл. 30.06.11 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 3. – С. 167–168.

УДК 636. 085.68

С. Винници, Е.Л. Юговар

(Технологический институт природопользования (ИТР), Познаньский филиал, г. Познань, Республика Польша)

В.О. Китиков

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

ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПЛАНИРОВАНИЯ СОСТАВА КОРМОСМЕСЕЙ ДЛЯ МОЛОЧНЫХ КОРОВ

Введение

Кормление коров с высокой молочной продуктивностью при беспривязном содержании требует применения технических средств и грамотного управления стадом. В последнее время стандартная раздача корма осуществляется с применением полнорационных смесей [1].

Они подразделяются на два вида: ПКС (полнорационная кормосмесь) и ЧКС (частичная кормосмесь). В состав смеси обычно входит 10 и более кормовых продуктов. Они имеют различную физическую структуру и подаются в различном количестве: от граммов до десятков килограммов на животное в день. Поэтому необходимо применять точные смешивающие машины, преимущество которых заключается в обеспечении одинакового состава рациона для всех коров, как потребляющих корм в первую очередь, так и поедающих остатки. Таким образом устраняются последствия иерархии, имеющейся в каждом стаде [2], вследствие чего растет средняя продуктивность стада [3]. Из-за большого различия в суточной молочности животных встает вопрос об индивидуальном кормлении. Вопрос этот существенный, потому что по мере роста молочности необходимо увеличивать количество скармливаемых концентратов – самой дорогой части рациона [4].

Актуальной остается проблема кормления первотелок, которые, помимо того, что производят молоко, продолжают расти. В таблице 47 представлены применяемые на практике различные решения выдачи рациона, их достоинства и недостатки.

Цель работы, материал и методы исследования

Принято, что первотелки, поскольку они значительно более легкие, выталкиваются при кормлении и поэтому остаются недокормленными.

Целью работы было определить, в каком возрасте первотелки, содержащиеся вместе с многократно телившимися коровами, угнетаются. Как это влияет на их молочную продуктивность, энергетический и белковый баланс.

Исследование проведено в стаде из 240 коров продуктивностью в 2011 г. 8644 кг молока с содержанием 4,22 % жира и 3,39 % белка [5].

Коровы во время лактации содержатся беспривязно, на глубокой подстилке.

Из кормового прохода навоз удаляется дельга-скреперами. Доступ к кормушке составляет 50 см на животное. Дояние проводится в зале типа «АвтоТандем» $2 \times 4 + 1 = 9$ мест. Стадо коров в лактации разделено на три кормо-технологических группы, причем состав групп меняется через месяц после контрольной дойки и в текущем промежутке времени в связи с отелами и сухостойным периодом.

Состав кормового рациона в виде ПКС рассчитывает специалист по кормлению. Группа 1 получала рацион, рассчитанный на 40 кг молока, группа 2 – на 28 кг и группа 3 – на 20 кг. В состав ПКС входят собственные и покупные корма, такие как: кукурузный силос, сенаж, силос из сахарной выжимки, пшеничная солома, дробленый ячмень и тритикале, послеэкстракционный рапсовый шрот, минерально-витаминная смесь, кормовой мел и кислый углекислый натрий.

Таблица 47 – Организационно-технологические решения, применяемые при раздаче корма коровам, содержащимся без привязи

| Организация стада | Достоинства | Недостатки |
|--|---|---|
| <i>Подходят для стада до 50–60 коров</i> | | |
| 1. Целое стадо – одна группа, с вариантами решения: | – нет перегруппировки коров; – возможность применения в каждом коровнике | |
| а) ПКС | простая подготовка корма к скармливанию | – не вполне рационально используется концкорм; – не полностью используются продуктивные возможности коров; – в стаде находятся перекормленные и недокормленные животные |
| б) ЧКС + концкорма на кормовой станции | в сравнении с 1а): – лучшее использование концкорма; – более полное использование возможностей коров; – меньше перекормленных и недокормленных коров | – расходы на закупку и эксплуатацию кормовой станции |
| в) при доении роботом: ЧКС + подкормка на месте доения и на кормовой станции | в сравнении с 1а): – лучшее использование концкорма; – более полное использование возможностей коров; – меньше перекормленных и недокормленных коров | – расходы на закупку и эксплуатацию кормовой станции |
| <i>Для стада свыше 60–70 коров</i> | | |
| 2. Стадо разделено на группы, с вариантами решения: | улучшение использования корма и генетических возможностей коров | – требуется распланировка коровника и дорожек для перегона животных; – необходима точность при подготовке ПКС; – необходима перегруппировка животных |
| а) несколько видов ПКС | преимущества в сравнении с 1а) | – не полностью используется корм; – не полностью используются генетические возможности коров |
| б) несколько видов ЧКС + концкорма на кормовой станции | дальнейшие улучшения в сравнении с 2а) | – расходы на закупку и эксплуатацию кормовой станции |
| в) дополнительно первотелки держатся отдельно | возможность ухода за молодыми коровами | |

Группа 1 и 3 также получала соевый шрот, а группа 1 – добавку из 0,3 кг глицерина и 0,2 кг высококонцентратной смеси. Количество от-

дельных компонентов было различным для групп. Основная характеристика кормовой ценности рационов представлена в таблице 48.

Таблица 48 – Характеристика кормового рациона в виде ПКС для кормо-технологических групп

| Показатель | Группа | | |
|---|--------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Количество СВ в рационе, кг | 22,8 | 19,0 | 15,1 |
| Содержание СВ, г/кг | 483 | 446 | 425 |
| Общий белок в СВ, г/кг | 159 | 147 | 127 |
| Сырая клетчатка в СВ, г/кг | 114 | 147 | 173 |
| Концентрация энергии в СВ, мД/NEL/кг | 7,0 | 6,4 | 6,1 |
| Процент концкормов в СВ рациона, % | 38,6 | 24,2 | 14,5 |
| Рацион рассчитан на производство молока, кг | 40 | 28 | 20 |

В связи с планировкой коровника стадо возможно разделить только на три группы. Основанием разделения является суточная молочность и стадия лактации. В группе 1 находятся коровы после отела и с самой высокой молочностью. Группа 2 – это коровы в середине лактации, а 3 группа – перед запуском. Первотелки находятся в группах совместно с остальными коровами. Результат количества контрольных доек за 2011 год представлен в таблице 49.

Таблица 49 – Количество контрольных доек за 2011 год

| Кормо-технологическая группа | Количество коров | | |
|------------------------------|------------------|------------------------|-------|
| | первотелок | многократно телившихся | всего |
| 1 | 389 | 720 | 1109 |
| 2 | 280 | 372 | 652 |
| 3 | 166 | 351 | 517 |
| Всего | 835 | 1443 | 2278 |
| Процентное участие | 36,7 | 63,3 | 100 |

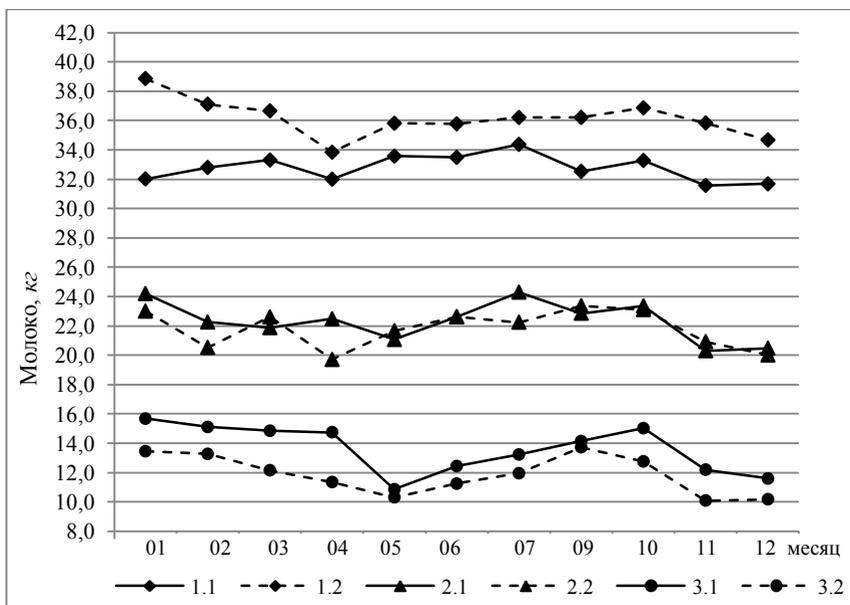
Процентное соотношение количества коров в группах 1, 2 и 3 было примерно 50 : 25 : 25. Процентное соотношение первотелок к коровам соответственно 36,7 % к 63,3 %.

Индивидуальная оценка обеспечения коров энергией и белком в корме проведена на основе содержания белка и мочевины в молоке. Исходные данные получены при государственном контроле, проводимом по системе А4. При оценке энергетически-белкового баланса коров пользовались таблицей, составленной Ziemiński [6], которая по настоящее время применяется в Польше.

При статистической обработке данных расчеты проводили отдельно для первотелок и многократно телившихся коров. Рассчитаны основные характеристики: среднее арифметическое, стандартное отклонение и коэффициент изменчивости. При расчете статистической разницы использовали формулу для фракции в двух популяциях [7].

Результаты исследований и их обсуждение

На рисунке 139 представлены средние величины производства молока в кормо-технологических группах с разделением на первотелок и многократно телившихся коров по месяцам 2011 г. Разница между группами очевидна, что указывает на целесообразность разделения стада и применения различных ПКС. Это позволяет рационально использовать концентрата (таблица 48) как по диететическим [4, 8], так и по экономическим причинам.



1.1 – первотелки в группе 1; 1.2 – многократно телившиеся в группе 1;
 2.1 – первотелки в группе 2; 2.2 – многократно телившиеся в группе 2;
 3.1 – первотелки в группе 3; 3.2 – многократно телившиеся в группе 3

Рисунок 139 – Средняя молочная продуктивность по месяцам 2011 года в кормо-технологических группах с разделением

Изменения средних в течение года были относительно стабильными, что дает возможность применения похожих рационов на протяжении целого года. Самую высокую молочность имели животные в 1 группе. В ней колебания у коров составили от 33,8 кг в апреле до 38,9 кг в январе 2011 г. У первотелок крайние величины колебались от 31,6 кг в ноябре до 34,4 кг в июле 2011 г. Разница в продуктивности между первотелками и коровами – обычное явление. Кормовой рацион для группы 1 рассчитан на 40 кг молока (таблица 48), что всегда выше получаемого количества молока. Рекомендуется применение рациона на 20–30 % вы-

ше средней молочности [9] по двум причинам: после кормления остается недоеденный корм; необходимо учитывать более высокую продуктивность некоторых животных. В этой группе, например, около 20 % коров имели молочность свыше 40 кг и 4 % коров – свыше 50 кг молока.

Во второй группе средняя продуктивность колебалась между 20 и 24 кг, что всегда ниже кормового рациона. Следует обратить внимание на разное по сравнению с группой 1 соотношение молочности первотелок и коров. В некоторые месяцы продуктивность первотелок была несколько выше (I, II, IV и VII), а в остальные – одинаковой.

В 3 группе средняя продуктивность колебалась от 10 до 16 кг, причем у первотелок она была немного выше.

На рисунке 140 представлено содержание белка в молоке. Наблюдается обратная его зависимость от продуктивности молока. Так, самое низкое содержание белка в молоке было у коров 1 группы, более высокое – во 2 группе и самое высокое – в 3 группе. Самое низкое содержание белка в молоке в 1 группе было с июня по сентябрь – ниже 3,2 %. Это указывает на недостаток энергии в корме [6]. При высокой молочности корова физически не сможет съесть достаточного количества корма, соответствующего ее потребностям [10]. Одним из путей сглаживания энергетического дефицита является увеличение участия концентратов в сухом веществе рациона [4]. Однако имеется граница, связанная с угрозой метаболических болезней [8]. В первой половине 2011 г. содержание белка в молоке было приблизительно одинаковым у первотелок и старших коров. Во второй половине года оно было на 0,1 % выше у коров старшего возраста. Авторы E. Brade и W. Brade [11] утверждают, что в первые 100 дней лактации содержание белка в молоке должно составлять минимум 3,1 %. В связи с тем, что в 1 группе находились коровы как в начальной, так и в последующей фазах лактации, в ней содержание белка в молоке определено как слишком низкое, что свидетельствует об энергетическом недокорме многих коров.

Иная ситуация с содержанием белка в молоке наблюдалась во 2 и 3 группах. В течение большей части года оно превышало 3,6 %. Это указывает на то, что коровы потребили излишек энергии. Изменения в период лактации являются обычным явлением [12].

Содержание мочевины в молоке (рисунок 141) изменялось, причем похожим образом во всех группах. Наиболее низкое постоянно наблюдалось в 3 группе у коров в конце лактации.

В 1 и 2 группах содержание мочевины формировалось приблизительно на одинаковом уровне. Разница между группами определялась разницей процента содержания концентратов в сухом веществе рациона. Как правило, содержание мочевины находилось в пределах нормы, принятой от 150 до 300 мг/дцм³ [6, 11].

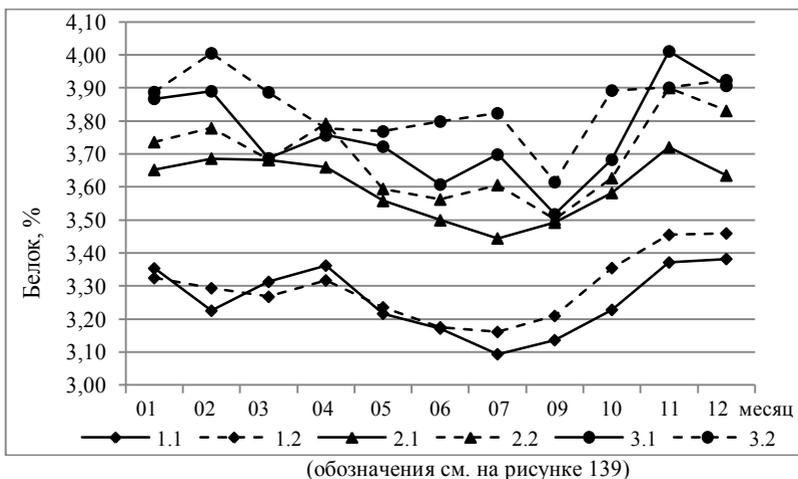


Рисунок 140 – Среднее содержание белка в молоке по месяцам 2011 года в кормо-технологических группах

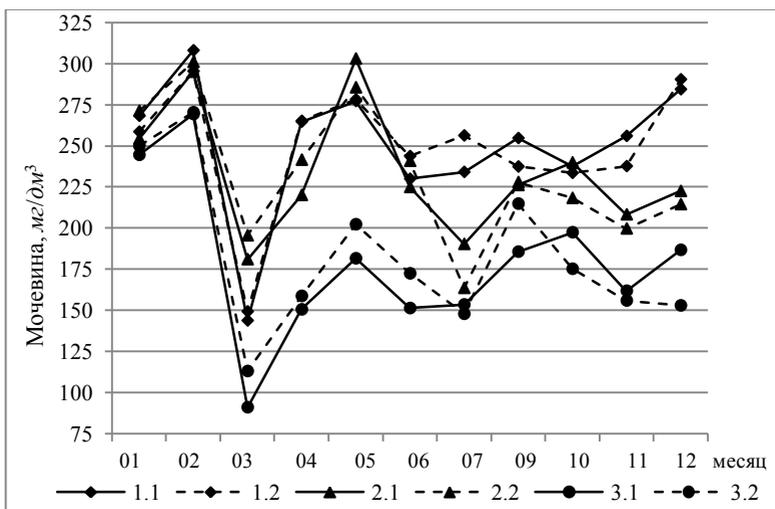


Рисунок 141 – Среднее содержание мочевины в молоке по месяцам 2011 года в кормо-технологических группах

Основную проблему представляет собой кормление коров с высокой суточной продуктивностью [10], поэтому более подробно анализировалось обеспечение энергией и белком коров 1 группы. Процентное распределение для 1 группы с разделением на первотелок и старших коров представлено в таблице 50.

Таблица 50 – Распределение проб молока первотелок и коров в начальный период лактации по содержанию белка и мочевины в молоке

| Содержание белка в молоке, % | Процент коров с содержанием мочевины в молоке, [мг/дм ³] | | | |
|--------------------------------------|--|---------|-------|--------|
| | < 150 | 151–300 | > 300 | всего |
| <i>Коровы-первотелки</i> | | | | |
| > 3,6 | 1,54 | 5,40 | 2,83 | 9,77 |
| 3,2–3,6 | 4,63 | 32,65 | 11,05 | 48,33 |
| < 3,2 | 2,57 | 30,59 | 8,74 | 41,90 |
| Всего | 8,74 | 68,64 | 22,62 | 100,00 |
| <i>Многokrатно телившиеся коровы</i> | | | | |
| > 3,6 | 1,39 | 10,42 | 3,89 | 15,70 |
| 3,2–3,6 | 3,06 | 33,19 | 9,44 | 45,69 |
| < 3,2 | 3,06 | 26,94 | 8,61 | 38,61 |
| Всего | 7,51 | 70,55 | 21,94 | 100,00 |

Коров с равновесным потреблением энергии из корма (содержание белка в молоке – в пределах от 3,2 до 3,6 %) и белка (содержание мочевины в молоке – в пределах от 150 до 300 мг/дм³): первотелок – 32,65 %; старших коров – 33,19 %. Коров с энергетическим недокормом (содержание белка ниже 3,2 %): первотелок – 41,9 %, старших коров – 38,61 %. Разница между группами оказалась статистически незначительной. Полученные результаты, представленные в таблице 50, указывают, что содержание первотелок вместе со старшими коровами не имело отрицательного влияния на энергетический и белковый баланс у первотелок.

В таблице 51 представлен средний суточный надой молока в зависимости от содержания белка и мочевины. Самую высокую молочность наблюдали у коров с самым низким содержанием белка (ниже 3,2 %). У старших коров – это 40 кг, или столько, сколько предусмотрено в рационе. Аналогичное соотношение наблюдалось у первотелок. Не обнаружено отчетливой связи между содержанием мочевины в молоке и количеством надоенного молока.

Таблица 51 – Средняя продуктивность молока первотелок и коров в начале лактации в зависимости от содержания белка и мочевины в молоке

| Содержание белка в молоке, % | Средняя молочная продуктивность [кг], при содержании мочевины в молоке [мг/дм ³] | | | |
|--------------------------------------|--|---------|-------|-------|
| | < 150 | 151–300 | > 300 | всего |
| <i>Коровы-первотелки</i> | | | | |
| > 3,6 | 26,4 | 28,4 | 28,8 | 28,2 |
| 3,2–3,6 | 32,4 | 31,4 | 33,3 | 31,9 |
| < 3,2 | 37,5 | 34,6 | 34,6 | 34,8 |
| Всего | 32,9 | 32,6 | 33,2 | 32,8 |
| <i>Многokrатно телившиеся коровы</i> | | | | |
| > 3,6 | 30,9 | 31,7 | 30,8 | 31,4 |
| 3,2–3,6 | 34,5 | 35,0 | 33,3 | 34,6 |
| < 3,2 | 40,2 | 40,0 | 39,8 | 40,0 |
| Всего | 36,2 | 36,4 | 35,4 | 36,2 |

Выводы

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

- в данном коровнике содержание первотелок вместе со старшими коровами не повлияло на энергетический и белковый баланс животных;
- разделение стада на кормо-технологические группы позволило применить единый рацион в течение всего года и обеспечить рациональное использование концентратов;
- подтверждено положительное влияние применения различных ПКС на энергетический и белковый баланс у коров.

14.08.12

Литература

1. Łuczak, W. Systemy żywienia krów wysoko wydajnych łączące pastwisko i TMR. W. Łuczak, K. Skurzyńska, M. Kuczaj // Przegląd Hodowlany. – 2009. – Nr 2. – S. 9–13. – ISSN 0137-4214.
2. Kolb, E. Vom Leben und Verhalten unserer Haustiere. – E. Kolb. – S. Hirzel Verlag Leipzig, 1987. – 288 s. – ISBN 3-7401-0059-1.
3. Gaworski, M. Problemy modernizacji produkcji mleczarskiej na przykładzie wybranego gospodarstwa rodzinnego / M. Gaworski, A. Kupczyk, Ł. Kuśmierski // Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem ochrony środowiska i standardów UE: materiały na konferencję Warszawa IBMER, 2007. – S. 121–126. – ISBN 83-86264-71-3.
4. Brade, E. Wieviel Korn braucht die Milch / E. Brade, W. Brade // Neue Landwirtschaft. – 2008. – Heft 5. – S. 58–59. – ISSN 0863-2847.
5. Polska Federacja Hodowców Bydła i Producentów Mleka w Warszawie. Wyniki prac hodowlanych w roku 2010 – Region oceny Poznań. – 2011. – ISSN 1730-5404 130.
6. Ziemiński, R. Zmienność składu mleka oraz kształtowanie się poziomu mocznika jako wskaźnika procesów metabolicznych u krów / R. Ziemiński // IV szkoły zimowej, Zakopane 25–31.03.1996. – Kraków: Wyd. AR w Krakowie, 1996. – S. 66–73.
7. Jędrychowski, W. Statystyczna analiza wyników badań naukowych w medycynie i biologii / W. Jędrychowski, A. Penar. – Kraków: Wyd. UJ Kraków, 2000.
8. Krzyżewski, J. Kwasica-groźne schorzenie metaboliczne u krów mlecznych / J. Krzyżewski // Bydło. – 2010. – Nr 3. – S. 14–18. – ISSN 1895-2801.
9. Kowalski, Z. Zadawanie pasz – ważny aspekt żywienia krów mlecznych / Z. Kowalski // Dobry Hodowca – Bydło Mleczne. – 2010. – № 2. – S. 14–17. – ISSN 2081-5026.
10. Reklewski, Z. Intensywny i ekologiczny system produkcji mleka / Z. Reklewski // Przegląd Hodowlany. – Nr 6. – 2008. – S. 1–5. – ISSN 0137-4214.
11. Brade, E. Milcharnstoff als Indikator nutzen / E. Brade, W. Brade // Neue Landwirtschaft. – 2010. – Heft 5. – S. 67–68. – ISSN 0863-2847.
12. Krzyżewski, J. Czynniki genetyczne i środowiskowe wpływające na zawartość na zawartość białka w mleku krów / J. Krzyżewski, N. Strzałkowska, Z. Ryniewicz // Przegląd Hodowlany. – 1997. – № 8. – S. 8–11. – ISSN 0137-4214.

УДК 636.084.74/.75

С. Винницки, М. Холевицки,

Е.Л. Юговар

*(Технологический институт
природопользования (ИТР), Познаньский
филиал, г. Познань, Республика Польша)*

В.О. Китиков

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

НАДЕЖНОСТЬ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ КОРМЛЕНИЯ И ПОЕНИЯ ПЛЕМЕННЫХ КУР МЯСНОГО НАПРАВЛЕНИЯ

Введение

Оборудование для процессов кормления и поения птицы, применяемое в техническом оснащении ферм, должно обеспечивать животным комфорт, эксплуатироваться в соответствии с рекомендациями его производителей и отвечать требованиям племенных предприятий.

Основным назначением машин является обеспечение подачи корма и воды без потерь при надежной работе и отсутствии простоя оборудования, а также при возможности ежедневного простого обслуживания машин [1].

Большое значение имеет конструкция машин, обеспечивающая полную механизацию и автоматизацию кормления и поения птицы.

Обычно в технологиях кормления применяются ленты со спиральным или цепочным транспортером. В первом случае корм передвигается в замкнутой трубе, которая наполняет подвесную кормушку. Количество корма, потребляемого птицей в день, составляет от 100 до 185 г.

В производственном птичнике для племенного стада кур мясного направления применяют отдельную систему кормления кур и петухов.

Каждая система состоит из следующих элементов:

- бункера с кормом;
- цепочного или спирального транспортера из бункера к промежуточной емкости;
- системы взвешивания;
- промежуточной емкости;
- транспортного привода – электродвигателя;
- цепочного или спирального транспортера из ссыпной корзины в кормушку;
- корыточной кормушки в случае применения скребкового транспортера или круглой кормушки в случае применения спирального или цепочного транспортера.

По мнению авторов Т. Waligóra и J. Sobczak [2], при выборе системы кормления необходимо учитывать «легкость и точность регулирования уровня корма; возможность предотвращения загрязнения корма в кор-

мушке, минимизации расходов труда на ежедневное и периодическое обслуживание, влияние обслуживания (разборка, складирование и др.) на прочность и надежность устройства...». Необходимо обращать внимание на физическую структуру корма. S. Kaczmarek [3] говорит о том, что только правильно подготовленная смесь обеспечивает потребление достаточного количества корма. Физическая структура – величина частиц кормовых компонентов, влияет на скорость поедания и усваивания пищи. Наличие слишком больших частиц, нераздробленных зерен ведет к разделению корма во время транспортировки. Это приводит к болезням племенного стада и воспроизводимых цыплят [3]. Важной особенностью является срок хранения корма. После 10 дней возрастает риск ухудшения качества корма [1].

Весомое значение имеет качество воды, поэтому необходимый состав подвергают измерительно-контрольным мероприятиям [4].

В систему обеспечения водой входят: фильтр воды, дозатор лекарств, редуктор давления воды, счетчик и клапан для открывания и закрывания подачи воды в поилку. Техническое решение поилки [2] позволяет дозировать лекарства и витамины, контролировать, чтобы птицы не сидели на трубах, обеспечивает простоту регулирования и обслуживания. Эти поилки отличаются прочностью и надежностью работы.

Суточное потребление воды в зависимости от возраста, процента яйцекладки, температуры воздуха внутри и снаружи помещений составляет от 300 до 500 *мл* на птицу [1].

Системы обеспечения водой для племенных стад мясных кур делятся на:

- капельные (сосковые) поилки с миской или без;
- округлые автоматические (колокольные) поилки с открытым водным зеркалом;
- мисковые поилки.

В большинстве систем содержания птицы применяются капельные поилки. В Голландии 90 % воды подается посредством капельных поилок и только 10 % – мисковыми поилками. Сосковые поилки считаются более гигиеничными, чем колокольные. Капельные поилки состоят из сосков, расположенных в нижней части водопровода. Эту группу поилок можно разделить на поилки малой, средней и большой мощности. Поилки большой мощности отличаются тем, что птица быстро получает необходимое количество воды, однако недостатком является потеря воды. Для уменьшения потерь воды ниже соска подвешиваются миски. Поилки с малой производительностью не вызывают намочения подстилки, однако требуется больше времени для поения птицы [5].

При содержании на полу с подстилкой на всей территории птичника ручной сбор яиц и свободностоящие гнезда предполагают сосковые

поилки. Заслуживает внимания предложение Е. Herbut [6] располагать капельные поилки, ограничивающие увлажнение подстилки, вдоль стены птичника, что обеспечивает доступ кур к гнездам.

При содержании кур на подстилочном полу с механическим сбором яиц из гнезд, расположенных посередине вдоль птичника, применяются поилки разных типов. Сосковые, установленные над щелевым полом непосредственно перед входом к гнездам, могут препятствовать птицам в свободном доступе к последним. Поэтому некоторые птицеводы применяют колокольные поилки, которые занимают меньше места на щелевом полу и не препятствуют доступу птиц к гнездам. Вторая причина – возможность более быстрого утоления жажды в сравнении с капельными поилками.

Цель опыта:

- анализ влияния вида и технического состояния оборудования на надежность действия системы кормления и поения;
- определение наступления аварийных сбоев в системе кормления из-за присутствия чужеродных частиц в корме;
- определение наступления аварийных сбоев в системе поения при применении с водой лекарственных и минеральных добавок.

Материал и методы исследований

Исследования проведены в трех птичниках в период с 2008 по 2012 гг. В таблице 52 представлены основные характеристики оборудования в птичниках.

Таблица 52 – Основная характеристика оборудования, применяемого для кормления и поения птицы

| Ферма | Система содержания | Количество птичников и кур на ферме | Составные элементы для кормления | | Составные системы поения |
|-------|---|-------------------------------------|---|---|---|
| | | | кур | петухов | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| А | На подстилке с гнездами для сбора яиц вручную | 2–13000 | 1) бункер на 10 т и бункер на 17 т; 2) шнековый транспортер от бункера до весов; 3) автоматические весы; 4) общая емкость для трех транспортеров; 5) каждый транспортер имеет собственный электродвигатель с мотор-редуктором; 6) транспортер – одноярусный цепочный открытый; 7) корпус транспортера с регулировкой высоты | 1) хранилище корма в помещениях для кур; 2) механические весы; 3) цилиндрические и продольные кормушки; 4) электропривод для регулировки высоты кормушек | 1) труба с фильтром воды, дозатором, ручным клапаном и редуктором давления; 2) капельные поилки; 3) ручная регулировка высоты поилок; 4) антинасос |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|--|---------|---|---|--|
| Б | Часть на под-стилке и часть на щелевом полу, механические гнезда | 1–10700 | 1) два бункера вместе на 23 т, совместные для кур и петухов; 2) спиральный транспортер между бункером и весами; 3) весы снаружи и бункер с суточной порцией корма; 4) спиральный транспортер дополнительный; 5) отдельная корзина для каждой из трех линий кормления; 6) каждая линия приводится двумя электродвигателями с мотор-редукторами; 7) подвесной транспортер с пластмассовыми кормушками, с регулировкой ширины и высоты щели, доступной для кур. Возможность регулировки дозы корма в каждой кормушке, одновременная подача корма; 8) электрическая регулировка высоты кормового транспортера; 9) антинасет | 1) бункер общий; 2) спиральный транспортер; 3) корзина с весами; 4) спиральный транспортер с круглыми кормушками; 5) ручная регулировка высоты кормушек; 6) электродвигатель для привода спирального транспортера; 7) антинасет | 1) труба с фильтром воды, датчиком, электромагнитным клапаном и редуктором давления; 2) колокольная поилка с регулировкой уровня воды; 3) регулировка высоты над щелевым полом |
| В | Часть на под-стилке и часть на щелевом полу, механические гнезда | 7–48000 | 1) бункер на 13 т; 2) спиральный транспортер между бункером и весами; 3) совместная засыпная корзина для двух линий кормления. Корзина стоит на механических весах для порции корма; 4) кормовая линия с электродвигателем – отдельный двигатель для каждой линии; 5) транспортер – одноярусный цепочный открытый; 6) кормушки с регулировкой высоты | 1) бункер общий; 2) механические весы; 3) цилиндрические и продольные кормушки, наполняемые вручную; 4) электрический привод для регулировки высоты кормушек | 1) труба с фильтром воды, датчиком, электромагнитным клапаном и редуктором давления; 2) колокольная поилка с регулировкой уровня воды; 3) регулировка высоты над щелевым полом |

Результаты исследований и их обсуждение

Все фермы использовали покупные корма, в рассыпном или гранулированном виде поставляемые машинами. Поврежденные машины ремонтировали путем замены частей. В таблице 53 представлены последствия ненадежности машин как совокупные расходы на запчасти, материал, энергию, человеческий труд и другие [7].

Таблица 53 – Последствия аварийных случаев в процессе кормления и поения

| Показатель | Единица | Система кормления | | | Система поения | | |
|---|-------------|-------------------|--------|--------|----------------|--------|-------|
| | | А | Б | В | А | Б | В |
| Ферма | – | А | Б | В | А | Б | В |
| Среднее количество кур в птичнике | к | 6250 | 10950 | 6240 | 6250 | 10950 | 6240 |
| Количество аварий | ц·п | 25,00 | 1,00 | 92,00 | 50,00 | 2,00 | 1,00 |
| Трудозатраты на ремонт | рч·а | 0,25 | 7,00 | 0,25 | 0,25 | 5,00 | 1,00 |
| Трудозатраты на остальное обслуживание | рч·ц·п | 60,00 | 10,00 | 10,00 | 138,00 | 5,00 | 3,00 |
| Общий расход труда | рч·ц·п | 66,25 | 17,00 | 33,00 | 150,50 | 15,00 | 4,00 |
| Расход труда на возврат к использованию | рч·1000 к·ц | 10,60 | 1,55 | 5,29 | 24,08 | 1,37 | 0,64 |
| Себестоимость 1 часа труда | зл·ч | 10,00 | 10,00 | 11,00 | 10,00 | 10,00 | 11,00 |
| Себестоимость живого труда | зл·1000 к·ц | 106,00 | 15,53 | 58,17 | 240,80 | 13,70 | 7,05 |
| Себестоимость запчастей | зл·ч | 300,00 | 150,00 | 200,00 | 500,00 | 150,00 | 30,00 |
| Себестоимость запчастей | зл·1000 к·ц | 48,00 | 13,70 | 32,05 | 80,00 | 13,70 | 4,81 |
| Общая себестоимость содержания оборудования в исправности | зл·1000 к·ц | 154,00 | 29,22 | 90,22 | 496,80 | 52,97 | 27,88 |

Обозначения: ц – цикл; п – птичник; рч – рабочих часов; а – аварии; зл. – злотых; к – кур; 1 евро = 4,20 злотых

Ферма А

Система кормления включала две линии кормушек и один общий двигатель. Чтобы снизить последствия частых повреждений, применяли принцип ссыпания на три линии кормушек и добавили привод на каждую из них. Это сделало возможным восполнение корма вручную в случае повреждения системы, что исключает перерывы в кормлении.

Цепь в кормотранспортере часто срывается. Вероятная причина – многолетнее использование, свыше 20 лет. Замена узлов вызывает остановку в работе, впоследствии срыва цепи ремонт длится несколько часов. В это время работают остальные две линии. Ножки транспортера корма стоят в навозе, поэтому через несколько лет их необходимо менять. Кормовой транспортер для петухов редко повреждается, из-за того что имеет мало подвижных частей.

Ферма Б

Кормовой транспортер для кур не требуется демонтировать на время очистки и дезинфекции птичника.

Во время исследований произошли три серьезных аварии транспортера. Две из них случились из-за кусков металла, попавших в кормосмесь при ее производстве, что вызвало задержку работы одной кормовой линии на два рабочих дня. Третья авария произошла вследствие неправильного натяжения цепи, что привело к ее срыву и необходимости проведения сложного ремонта. В кормушки попадают перья, что вызывает пробки на поворотах транспортера и в сыпных корзинах.

Очень раздробленный корм ведет к закупориванию кормушек при входе в засыпные корзинки, вследствие чего корм ссыпается на подстилку. После 4 лет эксплуатации стирались пластиковые части покрытия спирального транспортера.

Ферма В

После производственного цикла кормовой транспортер разбирается, чистится и дезинфицируется, после чего заново монтируется. Затем требуется несколько дней на регулировку.

Из-за попадания соломы возникает опасность заклинивания транспортера. Регулировка весов требуется два раза в неделю. В среднем два раза в год срывается привод транспортера из-за перегрузки чужеродными телами, попадающими в корм у поставщика. В среднем через каждые три года необходимо менять пластмассовые трубы спирального транспортера.

На всех фермах актуальна проблема однородности кормосмеси, связанная с тем, что корм расслаивается на тяжелую и пыlistую части. Причиной этого является слишком большое давление при выгрузке корма из емкости грузовой машины. Лучшая структура корма получается, когда давление при разгрузке уменьшается с 1,0 до 0,6 бара. Вторая причина – грубый помол зерна пшеницы и кукурузы. По всей вероятности, колебания суточной яйцекладки и процента яиц с двойным желтком происходят из-за расслаивания корма.

Представим основные положения надежности системы поения.

Ферма А. Изношенные клапаны капельных поилок после 20 лет использования вызывали заливание водой подстилки. Необходимо 2 или 3 раза в неделю убирать влажную подстилку вдоль поилок. Это делается вручную. Применение лекарственных добавок с водой вызывало закупоривание клапанов в поилках и необходимость полоскания всей поилки. В это время у птицы отсутствовала вода, и, как следствие, это приводило к снижению яйцекладки. На ферме есть запасной источник воды.

Ферма Б. Имели место случаи, когда был слишком высокий уровень воды в поилках, что приводило к замоканию подстилки. С питьевой во-

дой подавали лекарственные вещества, это приводило к закупорке системы. Очистка во время работы лишь частично улучшила подачу воды, а полное устранение неисправности осуществлялось только в перерывах. Следует провести исследования по подаче лекарственных средств через водопровод. Необходимо применять фильтры и наблюдать за их состоянием. На ферме есть запасной источник воды.

Ферма В. Применяемые до 2008 года колокольные поилки были изготовлены из неподходящих материалов. Птица выклевывала основания поилок. Новые колокольные поилки работают нормально. Есть запасной источник воды.

Для оценки надежности оборудования разработана собственная моторика (шкала): 1 очко – неудовлетворительно, 5 – очень хорошо. Учетны: безопасность обслуживания, ремонтпригодность, стоимость закупки нового оборудования, эксплуатационные расходы и частота аварий. Результаты оценки надежности по фермам представлены в таблице 54.

Таблица 54 – Критерии оценки надежности оборудования для кормления и поения кур

| Критерии оценки | Система на ферме | | | | | |
|---------------------------------------|------------------|----|----|--------|----|----|
| | кормления | | | поения | | |
| | А | Б | В | А | Б | В |
| Исполнение технологических требований | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| Возможность ремонта | 4 | 4 | 1 | 1 | 2 | 4 |
| Закупочная цена нового оборудования | 5 | 4 | 5 | 3 | 5 | 4 |
| Расход на эксплуатацию оборудования | 2 | 5 | 5 | 1 | 5 | 5 |
| Частота аварий | 3 | 5 | 1 | 1 | 4 | 5 |
| Общая оценка надежности | 18 | 22 | 16 | 11 | 21 | 23 |

Самую низкую оценку системы кормления получила ферма В – 16 очков. Она обусловлена применением ненадежных весов.

Самой плохой системой поения оборудована ферма А. Это связано с долголетним использованием.

На основе количества аварий и рабочих дней производства рассчитана вероятность устойчивой работы. Результаты представлены в таблице 55.

Таблица 55 – Надежность оборудования для кормления и поения племенных стад кур мясного направления

| Показатель | Единица | Система на ферме | | | | | |
|------------------------|--------------------|------------------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | | кормления | | | поения | | |
| | | А | Б | В | А | Б | В |
| Количество работы | дней | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| Количество аварий | циклов/ птичник | 25 | 1 | 92 | 50 | 2 | 1 |
| Коэффициент надежности | | 0,917 | 0,997 | 0,693 | 0,833 | 0,993 | 0,997 |

Устойчивая работа системы кормления наблюдалась на ферме Б и составляла 0,997. Это обусловлено тем, что ферма работает только 4 года, а применяемые машины имеют хорошие конструкционные решения. На ферме А оценка была ниже – 0,917, из-за аварии изношенного транспортера. Самая низкая оценка – 0,693 – у фермы В, прежде всего из-за плохих весов. Система поения получила высокую оценку на фермах Б и В. Много аварий наблюдалось на ферме А. Причиной этого были изношенные поилки, используемые более 20 лет.

Выводы

Анализ производственного опыта эксплуатации систем кормления и поения племенных кур мясного направления указывает, что:

- главной причиной аварий системы кормления является попадание металлических частей машин и механизмов в корм при его изготовлении, а также соломы из подстилки;
- расслоение корма наступает при большом давлении во время транспортировки и выгрузки из емкости грузовой машины; давление должно составлять 0,6 бара;
- применение лекарственных веществ и витаминов с водой может привести к закупорке поилок. Прежде чем их применять, необходимо провести комплекс исследований.

14.08.12

Литература

1. Systemy utrzymania drobiu: poradnik / Instytut Budownictwa Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa, Duńskie Służby Doradztwa Rolniczego Poznań: praca zbiorowa. – 2005. – 98 s.
2. Waligóra, T. Jakie elementy powinna zawierać ocena urządzeń dla drobiu / T. Waligóra, J. Sobczak // Polskie Drobiarstwo. – 2012. – № 7. – S. 52–54.
3. Kaczmarek, S. Forma fizyczna paszy dla drobiu reprodukcyjnego / S. Kaczmarek // Polskie Drobiarstwo. – 2012. – № 3. – S. 16–20.
4. Waligóra, T. Kryteria oceny przydatności poidel dla kur / T. Waligóra, J. Sobczak // Polskie Drobiarstwo. – 2011. – № 3. – S. 9–11.
5. Dokument Referencyjny o Najlepszych Dostępnych Technikach dla Intensywnego Chowu Drobiu i Świń / IBMER Oddział w Poznaniu. – 2003.
6. Warunki utrzymania drobiu – dobrostan zwierząt / Monografia pod redakcją E. Herbut. – Kraków: Opracowanie monograficzne, 2005. – S. 50–71.
7. Rzeźnik, Cz. Podstawy obsługi technicznej maszyn rolniczych / Cz. Rzeźnik. – Poznań, 2002.
8. Encyklopedia Powszechna. – Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1981.

УДК 621. 65

М.И. Латушко, А.Ю. Башко

(УО «БГАТУ»,

г. Минск, Республика Беларусь)

Ю.А. Башко

(РУП «НПЦ НАН Беларуси

по механизации сельского хозяйства»,

г. Минск, Республика Беларусь)

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ И УТИЛИ- ЗАЦИИ НАВОЗА

Введение

Производство качественной, конкурентоспособной продукции является важнейшей задачей экономики любой страны, в том числе и Республики Беларусь. Для Беларуси эта задача особенно важна из-за ограниченности источников валютных ресурсов, необходимых для приобретения передовых зарубежных технологий и соответствующего оборудования с целью производства конкурентоспособной продукции. Поэтому проблема импортозамещения является для нашей страны актуальной и решается уже не один год в различных отраслях и по различным направлениям. Особо остро вопрос импортозамещения встает при инфляции и нестабильной ситуации на валютном рынке.

Необходимо отметить, что в Республике Беларусь уделяется большое внимание проблеме импортозамещения. Разработан ряд государственных программ, связанных с производством продукции, замещающей импорт. За минувшие 10 лет Беларусь реализовала около 1,5 тыс. импортозамещающих проектов. На 2012 г. Министерство экономики запланировало отказаться почти от 2/3 некритического импорта.

Основная часть

Проблема импортозамещения и экспортоориентированности продукции приобрела особую остроту на современном этапе развития белорусской экономики в связи с глобализацией и интеграционными процессами в мировой экономике, а также с обострением конкурентной борьбы.

Импортозамещение – замещение импорта товарами, произведенными отечественными производителями, то есть внутри страны. Несмотря на то, что стратегию импортозамещения государство с переменным успехом активно продвигает уже не один год, в настоящее время Республика Беларусь покупает за рубежом больше, чем продает сама. Беларусь сегодня торгует со 186 странами. Товары экспортируются в 143 страны, импортируются из 166. В республике насчитывается около 15 тыс. импортеров и столько же экспортеров [1].

Главной тенденцией внешней торговли последних 5 лет является постоянное увеличение объема импортных закупок. Это обусловлено тем, что Беларусь в последние годы наращивала промышленное произ-

водство. Высокая импортоспособность белорусской промышленности приводила к тому, что для увеличения объемов выпуска продукции требовалось больше импорта – энергоносителей, сырья, комплектующих (около 70 % всего импорта). При этом экспорт рос не такими быстрыми темпами, как импорт. В результате сложилось отрицательное сальдо торгового баланса.

На рисунке 142 представлен график импортоспособности ВВП РБ. В период с 2005 по 2011 гг. импортоспособность возрастала, однако в 2009 г. наблюдался ее спад (7 %), что связано с кризисными явлениями как в мировой экономике, так и в экономике Республики Беларусь. Затем отмечается резкий рост импортоспособности, что связано прежде всего со скачкообразным изменением положения на рынке валют. График курса доллара США представлен на рисунке 143. Согласно данному графику, с 2009 по 2011 гг. курс доллара возрастает, именно этим можно объяснить рост импортоспособности в отмеченный период.

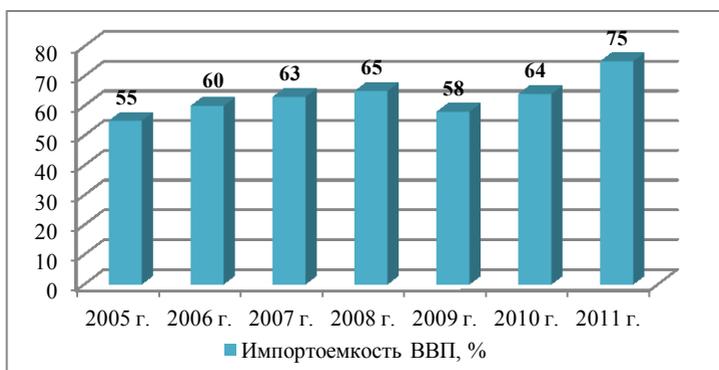


Рисунок 142 – Импортоёмкость ВВП Республики Беларусь за 2005–2011 гг.

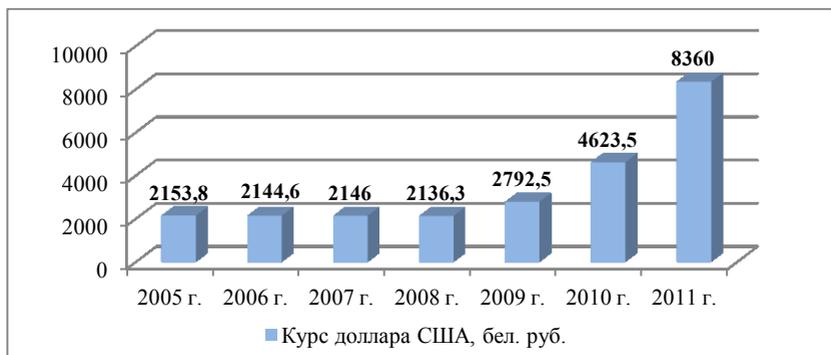
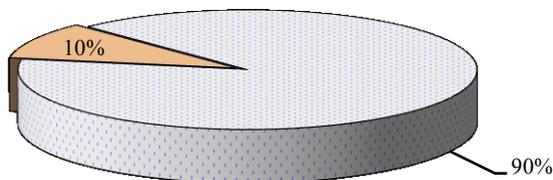


Рисунок 143 – Курс доллара США в 2005–2011 гг.

Рассмотрим проблему импортозамещающей продукции на примере насосного оборудования.

Соотношение сегментов рынка насосного оборудования Республики Беларусь представлено на рисунке 144. В соответствии с данной диаграммой наибольшую долю рынка насосного оборудования РБ занимает продукция ОАО «Завод Промбурвод», основного отечественного производителя насосов.



- ОАО "ГМС-Насосы", Россия, "Бавленский завод электродвигателей", Россия, "Херсонский электромеханический завод", Украина, "SEAR", Италия и др.
- ОАО "Завод Промбурвод", Республика Беларусь

Рисунок 144 – Рынок насосного оборудования Республики Беларусь

Необходимо отметить, что на белорусский рынок уже давно пришли солидные европейские производители насосного оборудования. Это позволило прежде всего создать здоровую конкурентную среду и существенно снизить стоимость импортируемого оборудования, а также стимулировать отечественных производителей к повышению качества, надежности и расширению номенклатуры выпускаемого насосного оборудования.

Однако не все так хорошо, как хотелось бы. Зарубежные компании имеют достаточное количество средств, чтобы проводить масштабные рекламные мероприятия и тем самым представлять товар потребителю, обращая его внимание на преимущества продукции и повышая ее имидж. Это привело к тому, что, несмотря на меры по совершенствованию производства выпускаемого оборудования, применяемые отечественными производителями, а также вопреки принятым правительственным решениям об импортозамещении и поддержке собственных производителей белорусские потребители все чаще отдают предпочтение зарубежным поставщикам. Таким образом, испытывая весьма существенный дефицит платежного баланса, наши потребители инвестируют зарубежного производителя из государственного бюджета, подрывая экономическую состоятельность собственных предприятий [2].

Вследствие такой деятельности основной отечественный производитель погружных скважинных насосов ОАО «Завод Промбурвод», основанный более 80 лет назад, был вынужден в 2008 г. войти в состав российского холдинга «Гидравлические машины и системы». В настоящее время, выпуская до 20 тыс. насосов в год, около 60 % своей продукции предприятие экспортирует в Россию и другие страны, в том числе и страны Европейского Союза (Литва, Латвия и др.). Доля предприятия в производстве агрегатов типа ЭЦВ (электрический центробежный водоподъемный) на рынке Республики Беларусь составляет около 90 %, а на рынке Российской Федерации – 15–18 %. Вряд ли это было бы возможно, если бы продукция рассматриваемого предприятия по качеству и основным техническим характеристикам существенно уступала оборудованию западноевропейских производителей, которое так полюбилось нашим потребителям.

Также нужно отметить, что из-за потери основных заказчиков и ухудшения условий развития практически прекратилось производство погружных скважинных насосов на Витебском заводе «Эвистор»; свернуто производство частотных преобразователей, необходимых для оптимизации режимов работы насосных агрегатов, на Новополоцком заводе «Измеритель»; в весьма тяжелом экономическом положении оказался Бобруйский машиностроительный завод, десятилетиями специализировавшийся на выпуске специальных насосов для сложных условий эксплуатации (в сентябре 2011 г. российский холдинг «Гидравлические машины и системы» приобрел 57 % его акций) [3].

И это все при том, что технологии производства и конструкции насосных агрегатов при нынешних темпах передачи информации и интеграции разработчиков уже мало чем отличаются друг от друга. Как правило, производители, вкладывающие в имидж своего продукта больше, чем в его реальное улучшение, легче добиваются успехов на рынке [4].

Важнейшими потребителями насосного оборудования являются производители сельскохозяйственной продукции. Президентом Республики Беларусь была поставлена задача в текущем году каждому хозяйству за счет собственных средств реконструировать и модернизировать под современные технологии по одной молочно-товарной ферме. Планируется, что будет проведена работа на 1218 фермах. Переоборудование молочно-товарных ферм должно проводиться за счет собственных средств, так как это не новое строительство. Реконструкция ферм призвана максимально механизировать труд, снизить нагрузку на одного работника, обеспечить соблюдение технологии молочного производства и тем самым снизить затраты и увеличить продуктивность.

Рассмотрим решение задачи импортозамещения технических устройств на примере насосного оборудования, применяемого при осуществлении такого трудоемкого и ресурсоемкого процесса, оказывающего

прямое влияние на качество производимой продукции, как навозоудаление. В общей структуре затрат труда на производство единицы продукции удаление навоза по величине трудозатрат находится на уровне основных технологических операций. Нельзя не отметить, что рентабельное использование навоза начинается с правильно спроектированной, управляемой системы его удаления. Она сберегает значительную часть рабочего времени, а правильно выбранное оборудование должно оптимизировать затраты на электроэнергию и техническое обслуживание. Отдача от эффективного навозоудаления заключается в том числе и в улучшении гигиены и здоровья животных. Анализируя все затраты, обусловленные плохой гигиеной, легко увидеть, как чистота в коровнике может увеличить рентабельность фермы [5].

Согласно мировым тенденциям развития механизации, в процессе транспортирования бесподстилочного жидкого и полужидкого навоза используется оборудование для перекачки на базе центробежных насосов либо насосов-смесителей. В европейских странах с развитым животноводством наиболее широкое распространение получили донные погружные насосы-смесители центробежного типа с вертикальным расположением вала. По конструктивному исполнению производятся насосы с верхним и нижним всасыванием (затяжкой) навозной массы, литым или сварным корпусом (улиткой), а также с погружным либо поверхностным электроприводом или приводом от вала отбора мощности трактора.

Насосы на рынок Европы, в том числе и на рынок Республики Беларусь, поставляют такие фирмами, как «FAN Separator», «Duraumat» (Германия), «Stallkamp», «Pomot» (Польша), «CDR» (Франция), «Joz» (Голландия) и др. В 2011 г. серийное производство такого рода агрегатов было освоено крупнейшим белорусским производителем насосного оборудования ОАО «Завод Промбурвод».

К преимуществам импортного насосного оборудования можно отнести возможность совмещения технологических операций перемешивания и транспортирования бесподстилочного навоза, а также измельчения при этом растительных, солоmistых включений, создание высокого напора, позволяющего транспортировать массу с высокой производительностью на значительные расстояния. Основным недостатком зарубежного оборудования является его высокая стоимость (более 6000 евро), а также то, что опыт эксплуатации центробежных насосов, имеющих литой корпус, на животноводческих фермах и комплексах нашей страны показал, что они имеют низкую надежность выполнения технологического процесса, т.к. при попадании инородных предметов корпус подвержен механическим повреждениям [6].

С учетом рассмотренных требований и недостатков на ОАО «Завод Промбурвод» было освоено производство агрегата для перекачки бесподстилочного жидкого и полужидкого навоза (АПН), адаптированного

к условиям сельскохозяйственного производства Беларуси. Агрегат перекачки навоза с измельчающими и самоочищающимися механизмами и длинным валом предназначен для перемешивания (гомогенизации) и выкачивания бесподстилочного полужидкого и жидкого навоза из приемников-накопителей и навозохранилищ на животноводческих фермах и комплексах.

Благодаря совмещению технологических операций измельчения, перемешивания и перекачивания агрегат по своим функционально-технологическим возможностям не уступает лучшим зарубежным аналогам и обладает существенным преимуществом перед конструкциями центробежных насосов, которые могут выполнять только одну определенную технологическую операцию. Агрегат АПН за счет простоты конструкции надежен в работе и легко эксплуатируется. Он может использоваться в стационарных условиях как отдельное изделие, так и в качестве составной части технологических линий для перекачки бесподстилочного полужидкого и жидкого навоза, а также жидкостей со строительным шламом, для осушения траншей, котлованов, откачки фекальных жидкостей, жидкого торфа, ила и др. Широкая гамма выпускаемых агрегатов позволяет использовать их в приемниках-накопителях и навозохранилищах глубиной от 2,0 до 5,0 м. Для удобства эксплуатации предусмотрено реверсивное движение вала привода насоса. Детали агрегата устойчивы к коррозии, т.к. поставляются оцинкованными горячим цинком или окрашенными двумя слоями краски, устойчивой к агрессивным средам. Агрегаты АПН обрабатывают и перекачивают навоз из приемников-накопителей в навозохранилища на расстояние 150–450 м с поднятием на высоту до 10 м. Это подтвердили испытания агрегата в составе оборудования для перекачки полужидкого навоза в условиях свиноводческого комплекса СПК «Большевик-Агро» Солигорского района, который успешно эксплуатируется по месту проведения испытаний до настоящего времени [7].

В 2010 г. агрегаты АПН прошли приемочные испытания в составе оборудования для утилизации бесподстилочного навоза ОУН-1-2 (разработчик РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства») в условиях молочно-товарного комплекса СПК им. Кутузова Новогрудского района [8].

Таким образом, можно отметить, что отечественные предприятия имеют возможность производить продукцию, аналогичную импортной, с более низкой ценой и практически не уступающую по техническим характеристикам, показателям назначения и качеству выполнения технологического процесса в условиях сельскохозяйственных предприятий республики. В настоящее время на территории Республики Беларусь существует большое количество молочно-товарных ферм и животноводческих комплексов, которые требуют обновления технологических про-

цессов, что возможно лишь с использованием современного оборудования. При этом не все фермы имеют достаточное количество материальных ресурсов для приобретения дорогостоящего импортного оборудования. Таким образом, можно сделать вывод, что импортозамещающая продукция позволит существенно снизить затраты предприятий на реконструкцию молочно-товарных ферм и животноводческих комплексов.

В последнее время отечественным производителям необходимо незамедлительно решать проблемы конкурентной борьбы на рынках, связанные со вступлением России во Всемирную торговую организацию. Анализ модельного ряда производимого в Беларуси насосного оборудования позволяет распределить его по группам: оборудование, производимое только из отечественных комплектующих; изделия, создаваемые на основе импортных и отечественных составляющих; насосы, изготовленные на базе только элементов импортного производства. Естественно, изделия этих групп отличаются техническими и эксплуатационными характеристиками, ценой и пользуются различным спросом у потребителей. Необходимо определиться с принятием оптимального решения при производстве того или иного оборудования, учитывая соотношение «цена-качество», чтобы быть конкурентоспособным на открывающихся рынках. В настоящее время нельзя рассчитывать на победу в конкурентной борьбе только за счет ценового фактора, да и многое отечественное оборудование сопоставимо по цене с импортными аналогами.

Заключение

Проведенный анализ состояния импортозамещения насосного оборудования позволяет сделать следующие выводы:

- 1) проблема импортозамещения для нашей страны является актуальной и решаемой;
- 2) основная доля рынка насосного оборудования Республики Беларусь занята отечественными производителями;
- 3) по своим показателям назначения, техническим и эксплуатационным характеристикам в условиях сельскохозяйственных предприятий республики отечественное насосное оборудование способно конкурировать с зарубежными аналогами;
- 4) насосное оборудование на основе комплектующих белорусского производства в настоящее время уступает зарубежным аналогам по качеству изготовления и показателям надежности;
- 5) основным отечественным производителем насосного оборудования остается ОАО «Завод Промбурвод».

Возможными направлениями изменения сложившегося положения в пользу отечественных производителей являются следующие:

- повышение надежности, производительности и эффективности насосного оборудования;

- применение дифференцированного подхода в разработке и производстве насосного оборудования, заключающегося в изготовлении насосного оборудования под заказ с учетом конкретных условий его эксплуатации;

- активизация рекламной деятельности отечественных предприятий;
- создание благоприятного имиджа отечественных предприятий у потребителей продукции.

21.09.12

Литература

1. Импортзамещение как важнейший фактор достижения сбалансированного развития экономики страны и области // Белпочта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.belpost.by/i/photo/mogilev/EDI/materialy_edi_yanvar_2012.doc.
2. Березин, С.Е. Долгосрочная гарантия неизбежна, как снизить риск ошибки при выборе сложной техники / С.Е. Березин, С.А. Мацов // Вода. – 2010. – № 2. – С. 22–30.
3. Каталог оборудования ЗАО «ВиВ». – М., 2010. – 60 с.
4. Седлухо, Ю.П. Почему отечественные потребители насосов так не любят собственных производителей? / Ю.П. Седлухо // Вода. – 2010. – № 12. – С. 17–23.
5. Импортзамещающее оборудование для перекачки бесподстилочного навоза на животноводческих фермах и комплексах / В.О. Китиков [и др.] // Сельскохозяйственная научно-техническая и рыночная информация. – 2012. – № 1. – С. 58.
6. Каталог ООО «Альянс Интек» (www.aliants-intek.ru).
7. Протокол приемочных испытаний агрегата перекачки жидкого навоза АПН6-300-3,75 № 063Д1/4-2010 / ИЦ ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2010. – 58 с.
8. Протокол приемочных испытаний опытного образца оборудования для утилизации бесподстилочного навоза на молочно-товарных фермах ОУН-1-2 № 085 Б 1/4-2010 / ИЦ ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2010. – 68 с.

УДК 621.43.001.4

В.Я. Тимошенко, А.В. Новиков,

Д.А. Жданко

(УО «БГАТУ»,

г. Минск, Республика Беларусь)

Т.М. Шмат

(МГПУ, г. Мозырь, Республика Беларусь)

**МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ
БЕЗОТКАЗНОСТИ
ГИДРОБОРУДОВАНИЯ
ТЕХНИКИ**

Введение

Безотказность и долговечность гидрооборудования зависят от многочисленных конструктивных, технологических, производственных и эксплуатационных факторов. По информации зарубежных компаний Vickers, Parker, Bosch, Rexroth, Hydac, Sauer-Danfoss, специализирующихся на изготовлении гидравлического оборудования, до 70...80 %

всех отказов в гидравлических системах и связанный с этим ремонт гидрооборудования возникает из-за загрязнения или применения не предназначенных для гидравлического привода рабочих жидкостей.

Взаимосвязь показателей надежности сельскохозяйственной техники, видов изнашивания и видов загрязнений представлена в таблице 56, а на рисунке 145 [1] представлена доля отказов элементов гидравлической системы в зависимости от видов изнашивания.

Таблица 56 – Влияние видов изнашивания и видов загрязнений на показатели надежности сельскохозяйственной техники

| Показатель надежности | Виды изнашивания (ГОСТ 16429–79) | Виды загрязнений |
|-----------------------|----------------------------------|--|
| Ресурс | Молекулярно-механическое | Механические и органические примеси, вода, топливо |
| | Коррозионно-механическое | Вода |
| | Кавитационное | Воздух |
| | Гидроабразивное | Механические примеси |
| | Абразивное | |
| Усталостное | | |
| Наработка на отказ | Засорение | Механические и органические примеси |
| | Задание | Механические и органические примеси, вода |

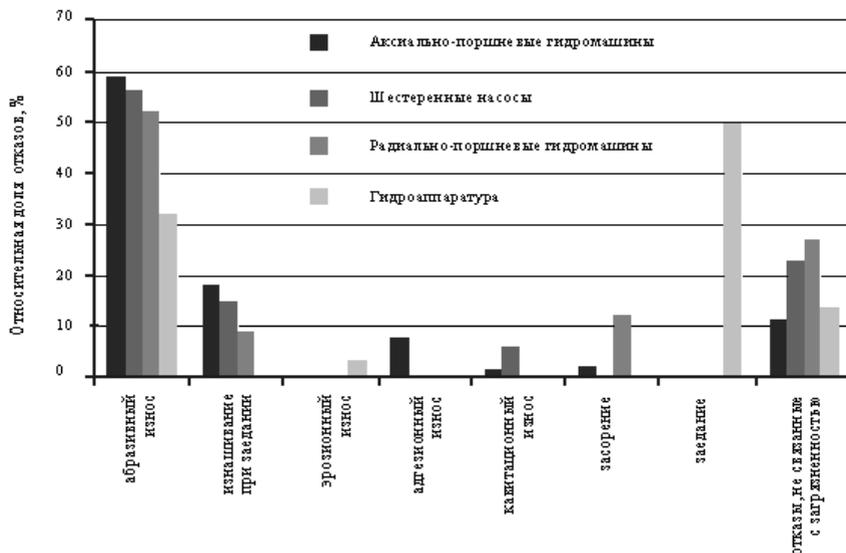


Рисунок 145 – Распределение отказов элементов гидравлической системы в зависимости от видов изнашивания

Существует причинно-следственная связь между эксплуатационными свойствами рабочей жидкости и параметрами ее фильтрации, которые, в свою очередь, зависят от режимов работы и условий эксплуатации гидропривода.

Так, известно, что повышение тонкости фильтрации жидкости в гидравлической системе с 20...25 до 5 мкм увеличивает срок службы аксиально-поршневых насосов более чем в 10 раз, а гидроаппаратуры – в 5...7 раз. По зарубежным данным, из 100 аварийных ситуаций в гидравлических системах 90 происходят вследствие загрязнения рабочих жидкостей.

Так, при выполнении полевых сельскохозяйственных работ пыль проникает в гидробак, главным образом через сапун. При этом механические частицы, прошедшие вместе с воздухом через фильтрующую набивку сапуна гидробака, остаются в рабочей жидкости. Через сапун в гидробак в зависимости от условий работы поступает до 0,30...0,35 м³/ч воздуха, в 1 м³ которого содержится от 0,06 до 160 г пыли. По другим данным, массовая концентрация загрязнений в жидкостях гидросистем тракторов и комбайнов колеблется в пределах 150...1200 мг/л. При одной и той же концентрации в жидкости может быть разное количество частиц механических примесей различных размеров.

Исследованиями [1] установлено, что доля отказов, вызванных механическими примесями, составляет от 60 % до 90 %. Анализ причин отказов при эксплуатации гидравлических приводов сельскохозяйственной техники показывает, что из-за загрязненности рабочей жидкости происходит 60 % отказов от общего количества неисправностей. При этом абразивное, усталостное изнашивание и заедание из-за твердых частиц составляет 50 % отказов, засорение – 12 %, адгезионный износ, вызванный присутствием воды, – 6,2 %; кавитационный износ, вызванный повышенным содержанием воздуха, – 1,3 %. Доля отказов оборудования и машин различного назначения из-за загрязненности рабочих жидкостей приведена на рисунке 146.

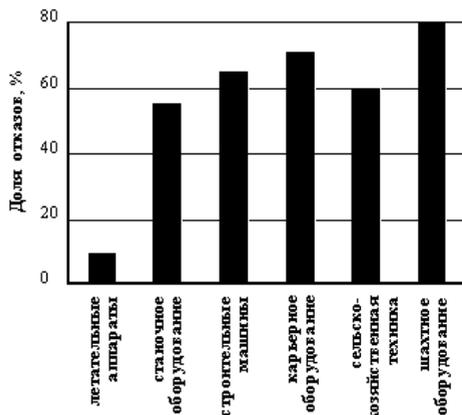


Рисунок 146 – Влияние загрязненности на долю отказов гидравлических систем различных машин

Также наряду с гидроабразивным износом гидравлических машин и гидроаппаратуры имеет место кавитационный износ, который возникает в местах, где скорость движения потока рабочей жидкости существенно превышает допустимую.

Кавитация часто возникает во всасывающей линии. Особенно часто – при низких температурах, когда вязкость масла повышается и происходит разрыв потока жидкости во всасывающей линии.

Приведенные данные указывают на необходимость не только контроля состояния рабочей жидкости гидравлических систем, состояния их фильтров, периодической очистки жидкостей, но и снижения количества механических примесей, попадающих вместе с воздухом в гидробак, и предотвращения кавитации.

Основная часть

Загрязнение рабочей жидкости происходит из-за попадания в нее продуктов износа деталей гидрооборудования и механических примесей, содержащихся в воздухе, прошедшем в гидробак через его сапун.

Гидравлический бак в процессе работы гидросистемы периодически «дышит», то есть из него забирается рабочая жидкость на потребителя, а освободившийся объем через сапун заполняется воздухом. Сапун обычно представляет собой фильтр грубой очистки воздуха и не способен полностью очистить его от механических примесей. Более тонкая очистка поступающего в гидробак воздуха увеличивает его сопротивление, что вызывает разряжение в гидробаке и кавитацию рабочей жидкости. В силу этого в сапун гидробака не устанавливаются фильтрующие элементы более тонкой очистки воздуха.

Сельскохозяйственная техника работает в условиях запыленности и при «дыхании» гидробака механические примеси, попавшие в него с воздухом, остаются в рабочей жидкости гидробака.

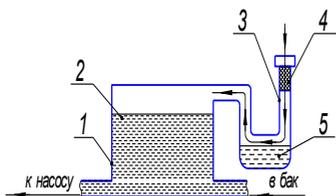
Многие исследования посвящены совершенствованию фильтрации рабочей жидкости как непосредственно в гидросистемах машин [2, 3], так и в автономных очистительных устройствах [3] при проведении технического обслуживания машины.

Известны работы, посвященные совершенствованию фильтрации поступающего в гидробак при его «дыхании» воздуха. Представляет интерес устройство инерционной очистки воздуха (рисунок 147), имеющее минимальное сопротивление и не вызывающее кавитации рабочей жидкости.

В представленном на рисунке 147 устройстве воздух через сапун 4 поступает в трубку 3, на дне которой залита жидкость на $1/2$ ее диаметра.

Воздух по трубке 3 поступает в бак 1, а имеющиеся в воздухе механические частицы по инерции попадают в жидкость 5.

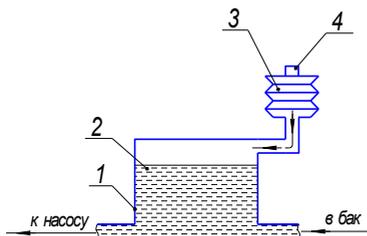
Такой фильтр прост в изготовлении и обслуживании.



- 1 – гидробак;
- 2 – рабочая жидкость;
- 3 – U-образная трубка;
- 4 – сапун;
- 5 – жидкость

Рисунок 147 – Система очистки воздуха, поступающего в гидробак

Известно устройство [4], исключающее попадание засоренного механическими примесями воздуха в гидробак и представляющее собой сифон (рисунок 148).



- 1 – гидробак;
- 2 – рабочая жидкость;
- 3 – сифон;
- 4 – клапан

Рисунок 148 – Система очистки воздуха, поступающего в гидробак, с использованием сифона

Установленный на гидробак 1 сифон 3 (рисунок 148), надуваясь, принимает на себя воздух, поступающий из гидробака при возврате рабочей жидкости от потребителя.

На сифоне имеется предохранительный клапан 4. При заборе рабочей жидкости из гидробака 1 освободившийся объем заполняется чистым воздухом из сифона 3. В случае если объем рабочей жидкости, забираемой из гидробака или поступающей в него, будет превышать объем сифона, то срабатывает клапан 4.

Данные устройства представляют наибольший интерес из всех известных, однако и они не нашли широкого практического применения.

По нашему мнению, наиболее рациональным следует считать не периодическую очистку рабочей жидкости в гидросистемах современных машин, а предупреждать ее загрязнение, используя наддув гидробака избыточным давлением уже очищенного воздуха [5].

Многие современные самоходные машины оснащены пневматическими системами, из ресивера которых может забираться воздух для гидросистемы по схеме, представленной на рисунке 149.

Гидравлическая система (рисунок 149) содержит гидробак 1 с фильтром и сапуном 9, гидравлический насос 2, распределитель 3, компрессор 4, ресивер 5, воздушный редуктор 6, предохранительный клапан 7, потребителя 8.

Система работает следующим образом. Для обеспечения в гидробаке 1 постоянного избыточного давления очищенного воздуха его сапун 9 соединен с ресивером 5 пневматической системы трактора через воз-

душный редуктор 6. При возвращении рабочей жидкости из рабочего цилиндра 8 в гидробак 1 давление воздуха в нем будет повышаться и сработает предохранительный клапан 7, обеспечив тем самым заданное избыточное давление в гидробаке 1.

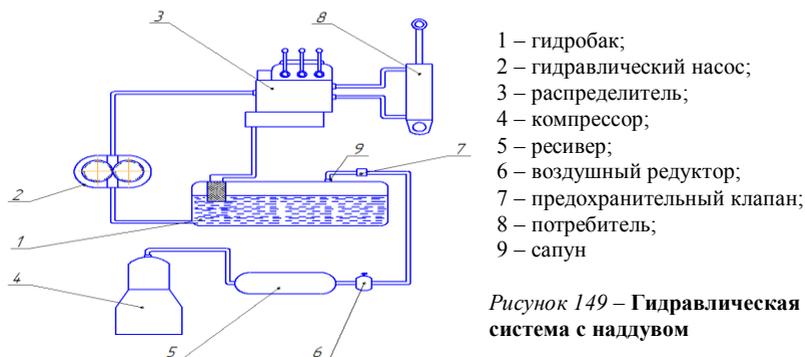


Рисунок 149 – Гидравлическая система с наддувом

Однако в последнее время многие тракторы и самоходные машины оснащаются гидравлическими системами тормозов, и имеющаяся на них пневмосистема включается эпизодически, в связи с чем приведенный метод применить там не представляется возможным.

Современные двигатели оснащаются системой турбонаддува, которую, по нашему мнению, можно с успехом использовать для наддува гидравлических баков гидросистем [6]. Турбонаддув двигателей осуществляется тщательно очищенным воздухом, а наддув гидробаков (рисунок 150) требуется только в случае включения гидросистемы, которое производится эпизодически, что не снизит коэффициента избытка воздуха двигателя внутреннего сгорания.

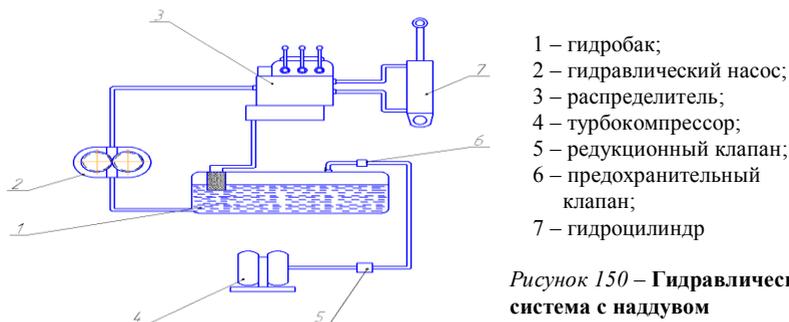


Рисунок 150 – Гидравлическая система с наддувом

Метод наддува гидробаков гидравлических систем не нов. Он используется в воздушных судах для предупреждения кавитации рабочей

жидкости в баках их гидросистем. Наддув осуществляется азотом, чтобы исключить окисление рабочей жидкости.

Такой же метод создания избыточного давления инертным газом применяется при получении щелочных металлов в цехах металлургических предприятий.

Как видно из рисунков 149 и 150, схема наддува гидробака самоходной машины проста и требует только воздушного редуктора 6, клапана 7, метизов и трубопровода низкого (0,01 МПа) давления.

Выводы

Попадание абразивных частиц в гидробак техники через сапун вызывает ускоренный износ агрегатов гидросистемы. Для предупреждения засорения рабочей жидкости и уменьшения кавитации с целью повышения безотказности гидросистемы предложены два метода наддува гидробака.

Опыты, проведенные на кафедре эксплуатации машинно-тракторного парка, показали, что необходимым и достаточным является давление наддува 0,01 МПа, а предохранительный клапан должен быть отрегулирован на давление $p = 0,011$ МПа.

Наддув гидробака создаст эффект «поддавливания» рабочей жидкости во всасывающей линии, что даст значительное снижение кавитации, особенно при низких температурах эксплуатации, и позволит работать насосу на более высокой частоте вращения.

24.02.12

Литература

1. Очистка и регенерация смазочных материалов в условиях сельскохозяйственного производства: монография / В.М. Капщевич [и др.]. – Минск, БГАТУ, 2007. – 232 с.: ил.
2. Тимошенко, В.Я. Очистка рабочих жидкостей гидравлических систем / В.Я. Тимошенко, Д.И. Кривальцевич, Д.А. Жданко // Агропанорама. – 2008. – № 3. – С. 35–37.
3. Ремонт гидравлических систем. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1984. – С. 40–44.
4. Устройство герметизации резервуаров автотракторных систем: а. с. № 83013 SU МПК F 03B 15/00. / В.В. Кацыгин, И.П. Ксеневиц, М.С. Кринко [и др.]. – Заявл. 30.07.1979.
5. Гидравлическая система трактора: пат. № 3975 ВУ МПК F 03B 15/00. / В.Я. Тимошенко, Д.А. Жданко, В.Н. Кецко; заявитель УО «БГАТУ». – № и 20070273; заявл. 12.04.2007, опубл. 30.10.2007 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 5. – С. 204.
6. Гидравлическая система трактора: пат. № 6638 ВУ МПК F 03B 15/00. / В.Я. Тимошенко, Д.А. Жданко; заявитель УО «БГАТУ». – № и 20100091, заявл. 01.02.2010, опубл. 30.10.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 5. – С. 212.

УДК 534.142

Д.В. Новосельцева

*(УО «Брестский
государственный
технический университет»,
г. Брест, Республика Беларусь)*

ВЛИЯНИЕ ПУЛЬСАЦИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА МАКРОКИНЕТИКУ РЕАКЦИЙ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКЕ ВЕНТВЫБРОСОВ ОБЪЕКТОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Введение

Птицефабрики, животноводческие фермы и свиноводческие комплексы, как и перерабатывающие цеха этих предприятий, не относятся к основным поставщикам вредных веществ в атмосферу, однако являются главным источником поступления в атмосферу веществ с резким и неприятным запахом, часто называемых дурнопахнущими веществами.

Хотя концентрация каждого компонента в составе дурнопахнущих веществ в вентиляционном воздухе часто не превышает ПДК, их присутствие в атмосфере создает дискомфорт для людей, живущих вокруг предприятий – источников таких выбросов. Границы такой зоны дискомфорта не являются фиксированными, а зависят от направления и скорости ветра.

Загрязнение окружающей среды дурнопахнущими выбросами стало большой социальной проблемой, и единственным способом ее решения является очистка вентиляционного воздуха от дурнопахнущих веществ перед его выбросом в атмосферу. Одним из методов очистки является термическое обезвреживание, в частности сжигание, однако при низких концентрациях загрязняющих веществ эффективность данного метода значительно снижается.

Высокоэффективным способом сжигания является пульсирующее горение. Пульсирующим горением называется неустойчивый режим горения с изменяющимися во времени динамическими характеристиками процесса, имеющими периодическую составляющую.

При обсуждении особенностей пульсирующего горения газа [1] на первый план, как правило, выдвигаются вопросы интенсификации процессов переноса (теплопроводности, диффузии, конвективного теплообмена), перемешивания компонентов и т.д. под влиянием пульсаций скорости. Наряду с этими важными явлениями большое значение имеет влияние пульсаций температуры на макроскопическую кинетику реакций в пульсирующем газовом потоке. Причинами возникновения пульсаций температуры в зоне реакции могут являться адиабатное сжатие и турбулентное перемешивание свежей смеси с продуктами сгорания. Влияние температурных пульсаций на макрокинетику горения рассмотрено в [2]. Однако при качественной и количественной оценке данного явления было принято, что значение температуры $T(t)$ изменяется со

временем по прямоугольной форме. В действительности характер пульсаций температуры близок к синусоидальной форме колебаний [3], т.е.

$$T(t) = T_{cp} + T_a \cdot \sin(\omega \cdot t), \quad (1)$$

где T_{cp} – среднее значение температуры, K ;

T_a – амплитудное значение температуры, K ;

ω – круговая частота пульсаций, c^{-1} .

Воздействие нестационарной температуры

На основании [2] будем считать, что скорость химической реакции мгновенно следует за изменением температуры, т.е. соответствующее время релаксации пренебрежительно мало.

Выражение для определения скорости химической реакции, известное как закон действующих масс, можно записать в виде [4]:

$$W = k \cdot \frac{p^N}{R^N \cdot T^N} \cdot \prod_{i=1}^m X_i^{a_i}, \quad (2)$$

где W – скорость химической реакции;

k – константа скорости реакции;

p – общее давление смеси, $Па$;

T – абсолютная температура, K ;

R – универсальная газовая постоянная, равная $8,321 \text{ Дж}/(\text{моль}K)$;

X_i – объемная или молярная доля i -го компонента газовой смеси;

a_i – порядок реакции по данному компоненту;

N – общий порядок реакции, определяемый следующим соотношением:

$$N = \sum_{i=1}^m n_i. \quad (3)$$

С ростом температуры скорость химических реакций горения очень быстро возрастает. Константа скорости реакции k характеризует собой скорость химической реакции при данной температуре [5]. Следовательно, для нахождения зависимости скорости химической реакции от температуры необходимо определить температурную зависимость k , которую можно представить законом Аррениуса:

$$k(T) = k_0 \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}}, \quad (4)$$

где k_0 – предэкспоненциальный множитель;

E_a – энергия активации – минимальное количество энергии, которое требуется сообщить системе, чтобы произошла реакция, $Дж/моль$;

R и T – то же, что и в формуле (2).

Температурная зависимость скорости химической реакции с учетом выражений (2) и (4) имеет следующий вид:

$$W(T) = k_o \cdot e^{-\frac{E_a}{R \cdot T}} \cdot \frac{P^N}{R^N \cdot T^N} \cdot \prod_{i=1}^m X_i^{a_i} \quad (5)$$

Формула (5) определяет изменение во времени мгновенного значения скорости реакции. Среднее ее значение для установившегося процесса с учетом формулы (1) может быть выражено в виде зависимости

$$W_{cp}(T) = \frac{\int_{t_1}^{t_2} k_o \cdot \prod_{i=1}^m X_i^{a_i} \cdot e^{-\frac{E_a}{R[T_{cp} + T_a \cdot \sin(\omega \cdot t)]}} \cdot \frac{P^N}{R^N \cdot [T_{cp} + T_a \cdot \sin(\omega \cdot t)]^N} dt}{t_2 - t_1} \quad (6)$$

Определим значение скорости реакции, соответствующее среднему значению температуры:

$$W(T_{cp}) = k_o \cdot e^{-\frac{E_a}{R \cdot T_{cp}}} \cdot \frac{P^N}{R^N \cdot T_{cp}^N} \cdot \prod_{i=1}^m X_i^{a_i} \quad (7)$$

График, иллюстрирующий изменение во времени мгновенного значения скорости реакции при пульсациях температуры, представлен на рисунке 151.

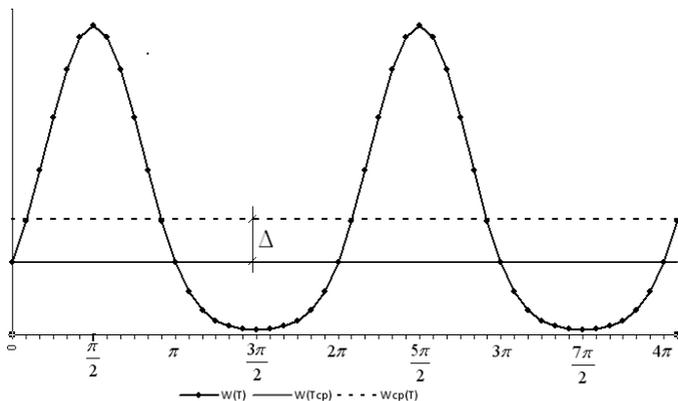


Рисунок 151 – Изменение мгновенного значения скорости химической реакции во времени при пульсациях температуры

Из рисунка 151 видно, что среднее значение скорости реакции $W_{cp}(T)$ больше скорости реакции при среднем значении температуры $W(T_{cp})$ на величину Δ . Прирост $\Delta = W_{cp}(T) - W(T_{cp})$ обусловлен тем, что рост скорости реакции при повышении среднего значения температуры на величину T_a превалирует над ее падением при снижении средней температуры на ту же величину.

Выражение для относительного прироста функции, определяющего рост скорости химической реакции при пульсациях температуры в зоне горения, имеет следующий вид [6]:

$$\delta = \frac{W_{cp}(T) - W(T_{cp})}{W(T_{cp})} = \frac{W_{cp}(T)}{W(T_{cp})} - 1, \quad (8)$$

а с учетом (6) и (7)

$$\delta = \frac{k_o \cdot \frac{P^N}{R^N} \cdot \prod_{i=1}^m X_i^{a_i} \cdot \int_{t_1}^{t_2} e^{-\frac{E_a}{R[T_{cp} + T_a \cdot \sin(\omega \cdot t)]}} \cdot \frac{1}{[T_{cp} + T_a \cdot \sin(\omega \cdot t)]^N} \cdot dt}{k_o \cdot \frac{P^N}{R^N \cdot T_{cp}^N} \cdot \prod_{i=1}^m X_i^{a_i} \cdot e^{-\frac{E_a}{R \cdot T_{cp}}} \cdot (t_2 - t_1)} - 1 =$$

$$= \frac{\int_{t_1}^{t_2} e^{-\frac{E_a}{R[T_{cp} + T_a \cdot \sin(\omega \cdot t)]}} \cdot \frac{1}{[T_{cp} + T_a \cdot \sin(\omega \cdot t)]^N} \cdot dt}{e^{-\frac{E_a}{R \cdot T_{cp}}} \cdot \frac{1}{T_{cp}^N} \cdot (t_2 - t_1)} - 1. \quad (9)$$

Так как интеграл, находящийся в числителе уравнения (9), относится к «неберущимся», для его вычисления разложим подынтегральное выражение в ряд Тейлора:

$$\int_{t_1}^{t_2} e^{-\frac{E_a}{R[T_{cp} + T_a \cdot \sin(\omega \cdot t)]}} \cdot \frac{1}{[T_{cp} + T_a \cdot \sin(\omega \cdot t)]^N} \cdot dt = \int_{t_1}^{t_2} \left(1 + \frac{-E_a/R}{T_{cp} + T_a \cdot \sin(\omega \cdot t)} + \right.$$

$$+ \frac{\left(-E_a/R\right)^2}{2 \cdot (T_{cp} + T_a \cdot \sin(\omega \cdot t))^2} + \frac{\left(-E_a/R\right)^3}{6 \cdot (T_{cp} + T_a \cdot \sin(\omega \cdot t))^3} + \dots$$

$$\left. + \frac{\left(-E_a/R\right)^k}{k! \cdot (T_{cp} + T_a \cdot \sin(\omega \cdot t))^k} \right) \cdot \frac{1}{[T_{cp} + T_a \cdot \sin(\omega \cdot t)]^N} \cdot dt, \quad (10)$$

где k – количество слагаемых ряда Тейлора, определяемое необходимой степенью точности расчета.

Далее произведем замену переменной: $\tau = \omega \cdot t$, $dt = d\tau/\omega$, пределы интегрирования соответственно будут равны $\omega \cdot t_2$ и $\omega \cdot t_1$. Примем $t_1 = 0$,

а $t_2 = T'$, тогда, принимая во внимание, что $\omega = 2\pi/T'$ (где T' – период колебаний), выражение (10) можно переписать в виде:

$$\int_{t_1}^{t_2} e^{\frac{-E_a}{R(T_{cp} + T_a \cdot \sin(\omega \cdot t))}} \cdot \frac{1}{[T_{cp} + T_a \cdot \sin(\omega \cdot t)]^N} dt = \frac{T'}{2\pi} \times \int_0^{2\pi} \left(1 + \sum_{n=1}^k \frac{\left(\frac{-E_a}{R} \right)^n}{(T_{cp} + T_a \cdot \sin \tau)^n} \right) \cdot \frac{1}{[T_{cp} + T_a \cdot \sin \tau]^N} \cdot d\tau. \quad (11)$$

Подставив (11) в (10), получим следующее выражение для определения относительного прироста скорости реакции при пульсациях температуры:

$$\delta = \frac{\int_0^{2\pi} \left(1 + \sum_{n=1}^k \frac{\left(\frac{-E_a}{R} \right)^n}{(T_{cp} + T_a \cdot \sin \tau)^n} \right) \cdot \frac{1}{[T_{cp} + T_a \cdot \sin \tau]^N} \cdot d\tau}{e^{\frac{-E_a}{R \cdot T_{cp}}} \cdot \frac{2\pi}{T_{cp}^N}} - 1. \quad (12)$$

Решая уравнение (12) численным методом при помощи математического пакета компьютерных программ Mathcad, автором были получены зависимости относительного прироста скорости химической реакции δ от энергии активации при среднем значении температуры $T_{cp} = 1500 \text{ K}$ и амплитудном $T_a = 300 \text{ K}$, $T_a = 400 \text{ K}$, $T_a = 500 \text{ K}$ для реакций 1-го, 2-го и 3-го порядка, представленные на рисунках 152–155.

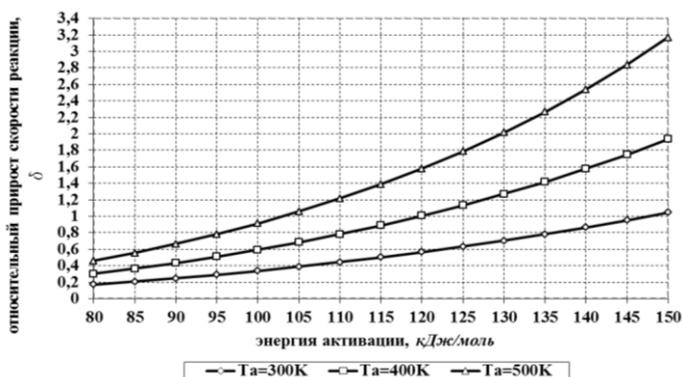


Рисунок 152 – Влияние энергии активации на увеличение скорости реакции при $T_a = 300 \text{ K}$, $T_a = 400 \text{ K}$, $T_a = 500 \text{ K}$ для реакций 1-го порядка

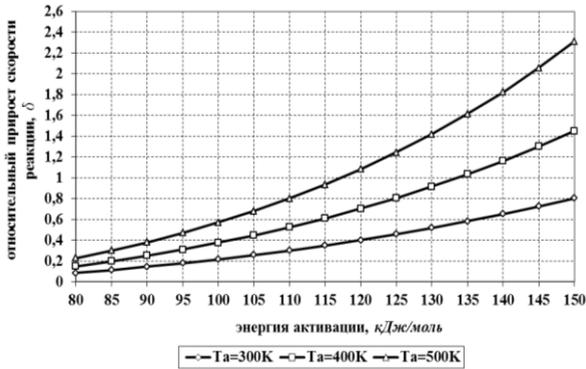


Рисунок 153 – Влияние энергии активации на увеличение скорости реакции при $T_a = 300\text{ K}$, $T_a = 400\text{ K}$, $T_a = 500\text{ K}$ для реакций 2-го порядка

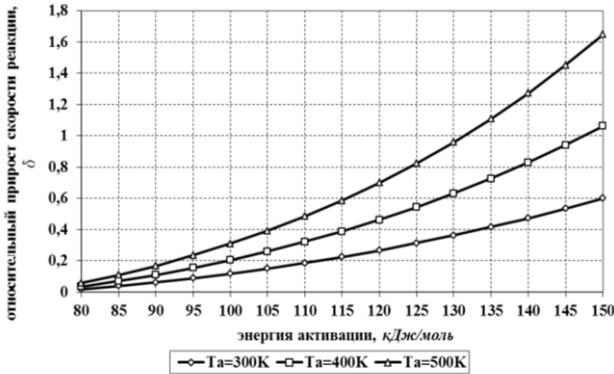


Рисунок 154 – Влияние энергии активации на увеличение скорости реакции при $T_a = 300\text{ K}$, $T_a = 400\text{ K}$, $T_a = 500\text{ K}$ для реакций 3-го порядка

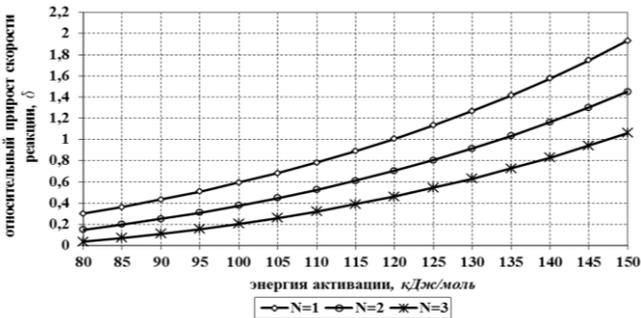


Рисунок 155 – Влияние энергии активации на увеличение скорости реакции при $T_a = 400\text{ K}$ для реакций 1-го, 2-го и 3-го порядка

Заключение

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. На величину относительного прироста скорости реакции при прочих равных условиях значительное влияние оказывают величина амплитуды переменной температуры, а также порядок реакции.

2. При колебаниях температуры, возникающих при пульсирующем горении, скорость горения возрастает, а следовательно, увеличивается теплонапряженность топочного объема, которая представляет собой тепловыделение в единицу времени с единицы объема. Данное обстоятельство можно отнести еще к одному преимуществу пульсирующего горения.

3. Следовательно, режим пульсирующего горения можно использовать для обезвреживания газообразных отходов низких концентраций (например, для термической очистки вентиляционного воздуха птицефабрик, животноводческих ферм и свиноводческих комплексов, а также перерабатывающих цехов этих предприятий, которые являются основным источником поступления в атмосферу веществ с резким и неприятным запахом).

19.06.12

Литература

1. Технологическое пульсационное горение / В.А. Попов [и др.]; под ред. В.А. Попова. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 320 с.
2. Вулис, Л.А. Основы теории газового факела / Л.А. Вулис, Ш.А. Ершин, Л.П. Ярин. – Л.: Энергия, 1968. – 204 с.
3. Северянин, В.С. Исследование пульсирующего горения как способа интенсификации теплотехнических процессов: дис. ... д-ра техн. наук / В.С. Северянин. – Саратов, 1987. – С. 15–18.
4. Новосельцева, Д.В. Анализ влияния изменения давления на физико-химические процессы взаимодействия компонентов при нестационарных режимах горения / Д.В. Новосельцева // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, геоэкология. – 2012. – № 2.
5. Теория горения и топочные устройства: учеб. пособие / Д.М. Хзмалян, Я.А. Каган; под ред. Д.М. Хзмаляна. – М.: Энергия, 1976. – 488 с.
6. Северянин, В.С. Оценка эффективности нестационарных топочных процессов / В.С. Северянин // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство. Теплоэнергетика. Экология. – 2003. – № 2 (20). – С. 33–36.

УДК 620.91

П.Ф. Янчилин

*(УО «Брестский государственный
технический университет»,
г. Брест, Республика Беларусь)*

ГЕЛИОУСТАНОВКА «ЛУЧ» ДЛЯ МАЛЫХ И СРЕДНИХ ТЕПЛОПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Введение

Солнечная энергетика – использование солнечного излучения для получения энергии в каком-либо виде. Солнечная энергетика использует возобновляющийся источник энергии и является экологически чистой, то есть не производящей вредных отходов. Сегодня солнечная энергетика широко применяется в случаях, когда малодоступность других источников энергии в совокупности с избытком солнечного излучения оправдывает ее экономически.

На сегодняшний день существует множество различных конструкций для улавливания энергии Солнца. Они являются дорогостоящими и сложными сооружениями, что препятствует их повсеместному использованию. Возрастающие потребности в энергии – электричестве и теплоте – заставляют, несмотря на многолетние и масштабные исследования, разработки, применения, искать дальнейшие пути развития гелиоустановок. Для укрепления позиций гелиоэнергетики в ряду других энергопроизводителей необходимо:

- снижать капитальные затраты на изготовление, монтаж, эксплуатацию солнечных установок (СУ);
- повышать энергетическую эффективность СУ (отношение поданной потребителю энергии к первоначальному солнечному потоку);
- решать вопрос аккумуляции энергии непостоянного восприятия солнечной энергии;
- предложить новые применения СУ для других технологий, кроме тепловой и электрической энергии.

Эти задачи следует решать как через изучение энергетических процессов, так и созданием новых принципиальных схем и конструкций СУ [1].

Использование солнечной энергии

Солнце – центральное тело Солнечной системы, раскаленный плазменный шар, типичная звезда-карлик. Температура фотосферы 5770 К. Хромосфера и корона излучают в межпланетное пространство лучистую энергию и солнечный ветер. Планета Земля, находящаяся на расстоянии $149 \cdot 10^6$ км от нее, получает $2 \cdot 10^{17}$ Вт лучистой энергии. Суммарный поток солнечного излучения, проходящий через единичную площадку, перпендикулярную направлению солнечных лучей и находящуюся на расстоянии 1 астрономической единицы от Солнца, составляет 1373 ± 20 Вт/м² [2]. Однако до поверхности Земли доходит существенно меньшая

доля этой энергии, что зависит от широты местности, погодных условий, суточных и сезонных изменений. Применительно к Республике Беларусь В.В. Кузьмич приводит следующие значения для некоторых месяцев года [3], представленные в таблицах 57 и 58.

Таблица 57 – Действительные и возможные (при ясном небе) среднемесячные суммы солнечной радиации на горизонтальную поверхность в Минске, кВт·ч/м²

| Месяц | Прямая | | Рассеянная | | Суммарная | |
|-------|-------------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| | действительные суммы радиации | возможные суммы радиации | действительные суммы радиации | возможные суммы радиации | действительные суммы радиации | возможные суммы радиации |
| 2 | 11,6 | 52,3 | 26,7 | 19,8 | 38,3 | 72,1 |
| 3 | 39,5 | 107,0 | 46,5 | 31,4 | 86,0 | 138,4 |
| 4 | 52,34 | 144,2 | 60,5 | 36,0 | 112,8 | 180,2 |
| 5 | 83,7 | 190,7 | 76,8 | 46,5 | 160,5 | 237,2 |
| 6 | 95,4 | 205,9 | 81,4 | 44,2 | 176,8 | 250,1 |
| 7 | 88,4 | 203,5 | 80,2 | 44,2 | 168,6 | 247,7 |
| 8 | 62,8 | 155,8 | 65,1 | 39,5 | 127,9 | 195,3 |
| 9 | 41,9 | 111,6 | 45,4 | 26,7 | 87,3 | 138,3 |
| 10 | 16,3 | 69,8 | 29,1 | 19,8 | 45,4 | 89,6 |

Таблица 58 – Число солнечных дней

| Месяц | Полоцк | Гродно | Минск | Горки | Пинск | Василевичи |
|-------|--------|--------|-------|-------|-------|------------|
| 1 | 10 | 11 | 13 | 15 | 14 | 14 |
| 2 | 17 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 |
| 3 | 23 | 23 | 23 | 21 | 24 | 22 |
| 4 | 27 | 26 | 26 | 27 | 27 | 26 |
| 5 | 30 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 |
| 6 | 29 | 28 | 29 | 29 | 29 | 29 |
| 7 | 30 | 30 | 30 | 31 | 31 | 30 |
| 8 | 29 | 29 | 30 | 30 | 29 | 29 |
| 9 | 27 | 27 | 27 | 28 | 28 | 27 |
| 10 | 20 | 21 | 21 | 24 | 23 | 22 |
| 11 | 12 | 9 | 11 | 13 | 11 | 14 |
| 12 | 9 | 10 | 8 | 9 | 11 | 10 |
| Год | 258 | 257 | 261 | 263 | 271 | 266 |

Существует условная классификация «солнечных технологий» [4]:

1) активные – вместе с преобразователями солнечной энергии взаимодействуют и вспомогательные механизмы (электродвигатели, насосы и т.п.). Солнечная энергия используется для нагрева воды, освещения, вентиляции;

2) пассивные – отличаются от активных отсутствием в контурах систем каких-либо механизмов, движущих частей. Особенностью по-

строения пассивных солнечных структур для организации систем вентиляции, отопления являются подбор соответствующих по физическим параметрам строительных материалов, специфическая планировка помещения, размещение окон;

3) «прямые» или непосредственные – системы, преобразовывающие солнечную энергию в ходе одного уровня, этапа или цикла;

4) «непрямые» – системы, процесс функционирования которых включает в себя многоуровневые преобразования и трансформации для получения требуемой формы энергии.

Исходя из представленной классификации групп технологий солнечной энергетики, можно выделить наиболее подходящие для применения в сферах деятельности человека:

- использование солнечной энергии для производства электроэнергии с помощью фотоэлектрических установок;
- использование солнечной энергии для горячего водоснабжения и отопления с помощью солнечных нагревательных установок;
- использование солнечной энергии для естественного освещения с помощью светоприемников и световодов (применение пассивной технологии).

Солнечные нагревательные установки по принципу улавливания солнечной энергии делятся на два типа:

- гелиоколлекторы – легкие, компактные конструкции, собираемые по модульному принципу. Основой является пленочно-трубчатый адсорбирующий коллектор. В зависимости от конкретных условий можно получить установку любой производительности;

- гелиоконцентраторы – установки, фокусирующие параллельные солнечные лучи с помощью линзы в одной точке для выработки электричества или тепла. По причине дороговизны и сложности изготовления огромных линз используют массивы вогнутых зеркал (классические зеркальные панели или листы полированного алюминия).

Солнечные установки со следящими гелиоконцентраторами энергетически намного более эффективны, чем плоские неподвижные гелиоколлекторы. Согласно результатам [3] получено, что при ориентации по азимуту, т.е. когда поверхности оптимально ориентированы по двум углам (углу наклона к горизонту и азимутальному углу), средневневной приход прямой солнечной радиации на тепловоспринимающую поверхность увеличивается на 28–30 % по сравнению с приходом на горизонтальную поверхность и на 18–20 % – по сравнению с тепловоспринимающей поверхностью южной ориентации.

В научно-исследовательской лаборатории «Пульсар» Брестского государственного технического университета под руководством профессора, доктора технических наук В.С. Северянина, автора многих разработок в области гелиотехники, к настоящему времени разработаны на

уровне изобретений различные конструкции солнечных установок, рассмотрены перспективные пути их применения.

Для решения задач, поставленных в начале данной статьи, разработана и совершенствуется гелиоустановка «Луч». Она предназначена для использования (в качестве дублера к основным «традиционным» системам) в системах отопления и горячего водоснабжения небольших по мощности потребителей (частные дома, агрогородки, теплицы, помещения цехов, складов, столовые, бани, различные объекты сельского хозяйства). Аналогично гелиоустановка используется и для нужд хладоснабжения тех же потребителей при ее соответствующей комплектации. Возможно также применение данной установки для систем освещения (теплоприемник выполняется из прозрачного материала).

Особенности этой установки – гелиоконцентратор в виде группы концентрических конусов, имеющих общий фокус на теплоприемнике, и ориентирование на Солнце специальным механизмом слежения [5]. Принципиальная схема гелиоустановки показана на рисунке 156.

Гелиоустановка состоит из четырех основных частей:

1) оптическая система – гелиоконцентратор, состоящий из комплекса конусов-зеркал, закрепленных на специальном каркасе на строго рассчитанном расстоянии друг от друга таким образом, чтобы их проекции на Солнце, не перекрывая друг друга, полностью, без пропуска, заполняли солнечный поток. При этом образуется продуваемая прочная пространственная конструкция;

2) система слежения за Солнцем – механизм поворота, суточный и сезонный механизмы подъема оптической системы, электрический привод (электромагнит), осуществляющий движение всей системы слежения, с автоматическим электронным блоком управления;

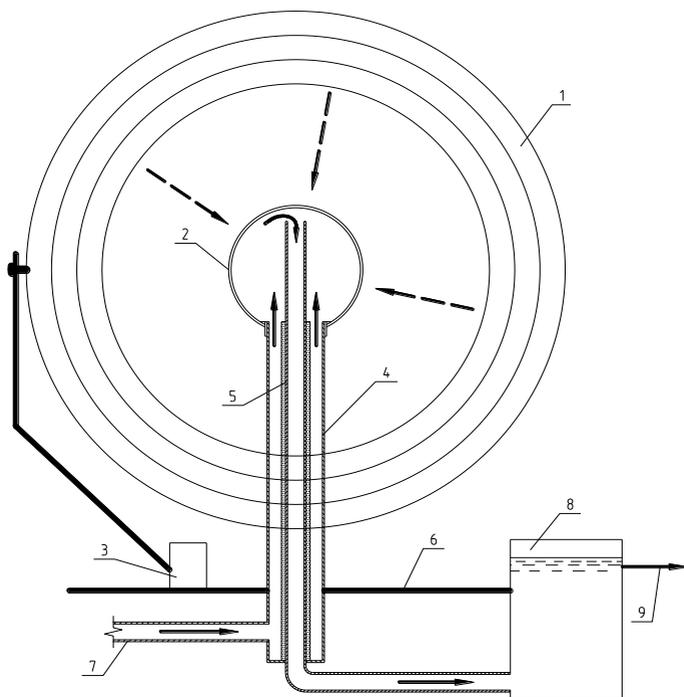
3) теплоприемник – сферический солнечный водонагреватель (полная сфера, установленная наверху колонны), система трубопроводов, бак-аккумулятор, запорно-регулирующая арматура;

4) основание – металлическая плита, швеллеры, подшипники. На нем монтируются все составляющие элементы гелиоустановки.

В гелиоустановке «Луч» основными и существенными отличиями от известных солнечных установок являются:

- неподвижность теплоприемника. При работе оптическая система движется вокруг него, что резко упрощает систему подачи и отвода теплоносителя;

- движение оптической системы учитывает не только суточное, но и сезонное изменение положения Солнца. Этот принцип реализуется при помощи простых механических элементов – копиров;



1 – гелиоконцентратор; 2 – теплоприемник; 3 – механизм поворота; 4 – колонна;
 5 – выходная труба; 6 – основание; 7 – водопровод; 8 – бак-аккумулятор;
 9 – выход теплоносителя к потребителю;
 стрелки: сплошные – вода, пунктирные – солнечное облучение

Рисунок 156 – Схема гелиоустановки «ЛУЧ»

- зеркальная часть гелиоконцентратора представляет собой группу узких, отделенных друг от друга концентрических конусов в виде параболоида вращения, благодаря которым снижается ветровая нагрузка (поток воздуха свободно проходит сквозь щели между конусами) и упрощается изготовление и сборка зеркал, т.к. поверхности конусов имеют I степень кривизны; аналогичные же параболоидные поверхности существенно сложнее;

- в данной установке используются относительно дешевые материалы и изделия (хромированный алюминий – строительный материал – для изготовления оптических зеркальных конусов; основные узлы конструкции установки изготавливаются из обычной малоуглеродистой стали).

Система концентрации

При проектировании системы концентрации необходимо конусы дистанционировать друг относительно друга радиусами, при этом обра-

зуется продуваемая прочная пространственная конструкция. Радиусы – это плоские элементы с креплениями для конусов. Радиусы закреплены на кольцах, которые крепятся к стойкам [6].

В фокусе конусов расположен приемник лучистой энергии – это полая сфера, установленная наверху трубчатой колонны. Оптическая система гелиоустановки «Луч» состоит из трех основных элементов: радиусов, конусов, крепежных колец.

Радиусы имеют специально вырезанные формы, рассчитанные для крепления конусов под требуемым заданным углом, что является необходимым условием для наилучшего приема потока солнечных лучей.

Важно отметить, что конусы должны располагаться таким образом, чтобы угол падения солнечного луча был равен углу отражения, и в то же время чтобы конусы не перекрывали друг друга. Солнечные лучи, попадая на поверхность конуса, отражаются и фокусируются в виде прямой фокусной линии. Таким образом, солнечные лучи, попадая на каждый из конусов и отражаясь, фокусируются в виде размытого фокусного пятна на теплоприемнике.

На рисунке 157 схематично изображены сечения «верхних» и «нижних» конусов, схема падения и отражения солнечных лучей.

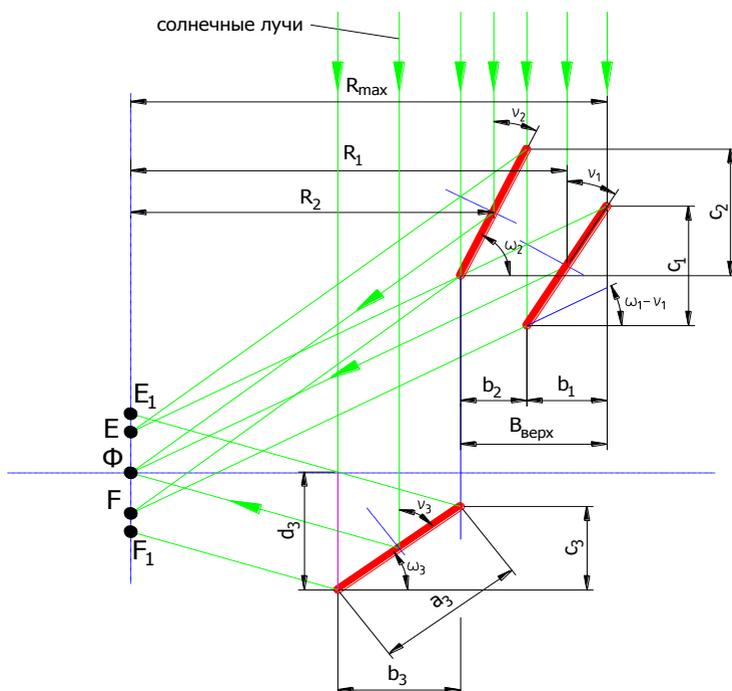


Рисунок 157 – Сечения «верхних» и «нижних» конусов

Из рисунка 157 видно, что фокусная линия d_3 (E_1F_1) от «нижнего» конуса несколько больше, чем фокусные линии (EF) от «верхних» конусов. Обусловлено это тем, что мы принимаем ширину образующей конуса a равной для всех конусов, а фокусная линия зависит от величины a и косинуса угла падения солнечного луча на конус v . С изменением угла v меняется и $\cos v$ – следовательно, фокусная линия для каждого конуса имеет свой размер. Соответственно, буквами b , c обозначены проекции образующих конусов на горизонтальную и вертикальную плоскости, а углы наклона конусов относительно горизонта – ω .

Формула для определения фокусной линии «верхних» и «нижних» конусов одинакова и имеет вид

$$d_i = \frac{a_i}{2 \cdot \cos v_i}. \quad (1)$$

По завершении расчета оптической системы мы получаем множество фокусных линий, меняющихся в диапазоне от EF до E_1F_1 . Центры всех этих линий лежат в точке Φ . В этой же точке должен располагаться теплоприемник, желательной сферической формы. Его размеры будут обуславливаться размерами полученных фокусных линий.

При помощи «верхних» конусов мы собираем площадь солнечного потока $S_{с.л.}^e$, образованную максимальным радиусом конуса R_{max} (площадь кругового кольца), равную

$$S_{с.л.}^e = \pi \cdot B_{верх} \cdot (2R_{max} - B_{верх}). \quad (2)$$

Осталось собрать площадь солнечного потока, заключенную внутри нашего кругового кольца. Так как «сверху» располагать далее конусы нецелесообразно, то остается вариант «нижнего» или «заднего» сбора солнечного потока относительно плоскости, перпендикулярной оси $O\Phi$. В итоге при помощи «нижних» конусов получим площадь $S_{с.л.}^u$:

$$S_{с.л.}^u = S_{с.л.} - S_{с.л.}^e. \quad (3)$$

Дальнейшее конструирование оптической системы осуществляется по схеме «к фокусу и вниз» при соблюдении условия: угол образующей конуса к его оси выбирается так, чтобы солнечный луч после отражения был направлен в фокус.

Используя выражения и зависимости, приведенные в [6], была рассчитана оптическая система гелиоконцентратора диаметром 2,4 м опытного образца гелиоустановки. Результаты приведены в таблице 59.

Теплоприемник

Для теплоприемника важны следующие факторы: качество и оптические свойства поверхности, направленной на лучи; форма и размер поверхности, габариты; компоновка с другими элементами; подвод и отвод теплоносителя.

Таблица 59 – Геометрические размеры конусов гелиоконцентратора

| № конуса | Диаметр больший, D_b | Диаметр меньший, D_m | Ширина, a | Радиус развертки, R_p | Дуга развертки, L | Угол развертки, α | $\beta = 360 - \alpha$ |
|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------|-------------------------|---------------------|--------------------------|------------------------|
| «Верхние» конусы | | | | | | | |
| 1 | 2408 | 2204 | 150 | 1771 | 7565 | 115,3 | 244,7 |
| 2 | 2204 | 2012 | 150 | 1722 | 6924 | 129,6 | 230,4 |
| 3 | 2012 | 1836 | 150 | 1715 | 6321 | 148,8 | 211,2 |
| 4 | 1836 | 1672 | 150 | 1679 | 5768 | 163,2 | 196,8 |
| 5 | 1672 | 1528 | 150 | 1742 | 5253 | 187,2 | 172,8 |
| 6 | 1528 | 1384 | 150 | 1592 | 4800 | 187,2 | 172,8 |
| 7 | 1384 | 1252 | 150 | 1573 | 4348 | 201,6 | 158,4 |
| «Нижние» конусы | | | | | | | |
| 8 | 1260 | 1028 | 150 | 815 | 3958 | 81,7 | 278,3 |
| 9 | 1028 | 780 | 150 | 622 | 3230 | 62,5 | 297,5 |
| 10 | 792 | 516 | 150 | 430 | 2488 | 28,5 | 331,5 |
| 11 | 516 | 220 | 150 | 262 | 1621 | 5,5 | 354,5 |
| 12 | 220 | 0 | 110 | 110 | 691 | 0 | 360,0 |

Внешняя поверхность теплоприемника должна обладать следующими оптическими свойствами: максимально поглотить попавшее на нее солнечное излучение и минимально отразить его обратно в атмосферу. Для этого применяют специальное селективное покрытие для лучепоглощающей поверхности теплоприемника. Оно обладает высоким коэффициентом поглощения α_c коротковолнового солнечного излучения (короче 2 мкм), низкой излучательной способностью ε_T в инфракрасной области (длиннее 2 мкм), стабильной величиной степени селективности α_c/ε_T , способностью выдерживать кратковременный перегрев и хорошей коррозионной стойкостью. Для идеальной селективно-поглощающей поверхности $\alpha_c = 1$ и $\varepsilon_T = 0$ [7].

Поверхность «Н» теплоприемника (с гелиоконцентратором) по тепловой работе обусловлена степенью концентрации солнечного потока « k » (отношение поперечного сечения солнечного потока « F » ($S_{с.н.}$ – площадь кругового кольца) к величине поверхности теплоприемника) [1].

При данном солнечном потоке F для определенной тепловой мощности Q справедливы соотношения:

$$k = \frac{F}{H}, Q = H \cdot q \Rightarrow q = \frac{Q \cdot k}{F}, \quad (4)$$

где q – удельный тепловой поток, падающий от гелиоконцентратора на теплоприемник (пропорционален степени концентрации k).

Лучистый теплообмен между телами (Солнце и теплоприемник):

$$q_0 = \varepsilon_n C_0 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right], \text{ Вт/м}^2, \quad (5)$$

где q_0 – удельный тепловой поток, Вт/м^2 , от Солнца (см. выше):

$$q = q_0 \cdot k, \text{ Bm/m}^2; \quad (6)$$

T_1 и T_2 – температуры Солнца и теплоприемника соответственно;
 C_0 – коэффициент лучеиспускания абсолютно черного тела;
 ε_n – приведенная степень черноты системы:

$$\varepsilon_n = \frac{1}{1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1}, \quad (7)$$

(здесь $\varepsilon_1 = 1$, а ε_2 зависит от оптических свойств поверхности теплоприемника).

Воспринятая тепловая мощность Q утилизируется в теплоприемнике (нагрев теплоносителя, конструкции и т.п. – Q_H) и частично теряется в окружающую среду через обратное излучение Q_{II} (уже в инфракрасной части спектра) и конвекцию Q_K , для стационарного режима верно условие:

$$Q = Q_H + Q_{II} + Q_K, \text{ Bm}; \quad (8)$$

$$Q_H = \Delta i \cdot G, \text{ Bm}, \quad (9)$$

где Δi – приращение энтальпии теплоносителя;
 G – расход теплоносителя.

$$Q_{II} = \varepsilon_2 C_0 \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \cdot H, \text{ Bm}; \quad (10)$$

$$Q_K = \alpha_K (T_2 - T_3) \cdot H, \text{ Bm}, \quad (11)$$

где α_K – коэффициент конвективной теплоотдачи, $\text{Bm/m}^2 \cdot \text{C}^\circ$;
 T_3 – температура окружающей среды, C° .

Исходя из равенства теплового потока, поступающего на теплоприемник, и теплового потока, принятого поверхностью теплоприемника, составим систему уравнений из (4–11):

$$\begin{cases} Q = Q_H + Q_{II} + Q_K, \text{ Bm}; \\ Q = F \cdot q_0, \text{ Bm}; \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Q = \Delta i \cdot G + \varepsilon_2 C_0 \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \cdot H + \alpha_K (T_2 - T_3) \cdot H, \text{ Bm}; \\ Q = F \frac{1}{1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1} C_0 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right], \text{ Bm}. \end{cases}$$

С помощью данной системы можно найти важные параметры для проектирования данной установки «Луч», такие как температура поверхности теплоприемника T_2 , т.е. температура в фокусе концентратора, и оптимальный размер теплоприемника по его найденной поверхности H .

Заключение

Предложенные лабораторией «Пульсар» разработки гелиоустройств дают примеры снижения капитальных и текущих затрат в солнечной энергетике, повышения эффективности действия солнечных установок, возможности сохранения и утилизации теплоты.

Разработан и совершенствуется опытный образец гелиоустановки «Луч», основными особенностями которой являются расщепление парабооида вращения на отдельные конусы и состоящий из них гелиоконцентратор (в виде группы концентрических конусов, имеющих общий фокус на теплоприемнике), ориентирование на Солнце механизмом слежения.

Дана качественная оценка энергетических процессов в солнечной установке, позволяющая оценить наиболее важные параметры – температуру, расход теплоносителя, величину поверхности теплоприемника.

«Луч» предназначен для использования (в качестве дублера к основным традиционным системам) в системах отопления и горячего водоснабжения, нужд хладоснабжения небольших по мощности потребителей (частные дома, агрогородки, теплицы, помещения цехов, складов, столовые, бани, различные объекты в сельском хозяйстве). Возможно применение данной установки для систем освещения (теплоприемник выполняется из прозрачного материала).

21.08.12

Литература

1. Северянин, В.С. Некоторые пути развития гелиотехники / В.С. Северянин, П.Ф. Янчилин // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2012. – № 2: Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. – С. 43–50.
2. Советский энциклопедический словарь. – М., 1986. – 1632 с.
3. Кузьмич, В.В. Расчет гелиоводонагревательных систем и их применение в сельском хозяйстве / В.В. Кузьмич. – Минск: БелНИИСХМ, Препринт, 1997. – 87 с.
4. Северянин, В.С. О перспективах развития солнечной энергетики в Республике Беларусь / В.С. Северянин, П.Ф. Янчилин // Перспективы инновационного развития Республики Беларусь: сб. науч. статей II Междунар. науч. конф., Брест, БрГТУ, 19–21 мая 2011 г. – Брест, 2011. – С. 164–167.
5. Северянин, В.С. Гелиоустановка «Луч» для систем горячего водоснабжения / В.С. Северянин, П.Ф. Янчилин // Энергоэффективные технологии. Образование. Наука. Практика: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., Минск, БНТУ, 20–21 мая 2010 г.: в 3 т. – Минск, 2010. – Т. 3. – С. 27–30.
6. Северянин, В.С. Особенности расчета оптической системы гелиоустановки «Луч» / В.С. Северянин, П.Ф. Янчилин // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2010. – № 2: Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. – С. 74–77.
7. Харченко, Н.В. Индивидуальные солнечные установки / Н.В. Харченко. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 208 с.

В.Б. Ловкис, Н.А. Деменок, О.В. Ловкис,
(УО «БГАТУ», г. Минск, Республика Беларусь)

О.Г. Мартинов

(ГНУ «Институт тепло- и массообмена
им. А.В. Лыкова» НАН Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь)

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ОТОПЛЕНИЮ ТЕПЛИЦ

Введение

Создание условий социально-экономической стабильности в обществе предполагает необходимость формирования достаточных объемов и рациональной структуры продовольственных ресурсов. Важная роль в решении этой задачи принадлежит круглогодичному обеспечению населения высококачественной и разнообразной овощной продукцией в соответствии с физиологически обоснованными нормами.

Значительная часть территории Беларуси находится в зоне умеренного климата с коротким, не всегда теплым летом и холодной зимой. Эти условия ограничивают возможности овощеводов, затрудняя возделывание широкого ассортимента овощей и декоративных растений в открытом грунте. Вот почему защищенный грунт – серьезное подспорье; он позволяет иметь на протяжении круглого года свежие овощи, получать рассаду овощных и цветочных культур для их выращивания в открытом грунте.

По состоянию на 1 февраля 2011 года площадь наиболее крупных зимних теплиц в республике составляла 221,5 га, из них под выращивание овощных культур было занято 210,4 га (по информации Министерства сельского хозяйства и продовольствия).

В промышленных тепличных комплексах, ориентированных на все-сезонное круглогодичное выращивание сельскохозяйственной продукции, существует следующая потребность в различных источниках энергии:

- тепловая энергия для обогрева – $2 \div 4 \text{ МВм/га}$;
- электрическая энергия для системы досвечивания – $1 \div 3 \text{ МВм/га}$;
- производство CO_2 (эквивалент при сжигании газа) – $0,5 \div 1 \text{ МВм/га}$ [1].

В условиях постоянного удорожания топливно-энергетических ресурсов стоит задача снижения удельных энергетических затрат на обогрев помещений защищенного грунта.

Основная часть

Использование теплиц без обогревательных систем в условиях Республики Беларусь довольно ограничено, даже без учета отопления в холодные зимние месяцы. Начиная отапливать теплицу в апреле, овощевод продлевает сезонные работы более чем на три месяца. В этом случае уже в мае можно высаживать рассаду в открытом грунте, теплице или парнике и ожидать первых урожаев в июне, после чего останется время для второ-

го или даже третьего урожая той или иной культуры. В отоплении нуждаются даже теплицы из самых лучших изолирующих материалов, предназначенных только для поддержания температуры выше нуля.

Существует множество способов обогрева теплиц, охватить их все в рамках статьи не представляется возможным, поэтому рассмотрим самые распространенные в промышленном отоплении, сравнительный анализ которых приведен в таблице 60.

Таблица 60 – Сравнительный анализ способов обогрева

| Способ обогрева | Преимущества | Недостатки |
|------------------------|---|---|
| Водяной | <ul style="list-style-type: none"> – бесшумность; – равномерное распределение тепла; – относительно невысокая эксплуатационная стоимость; – легкость обслуживания; – возможность регулировки | <ul style="list-style-type: none"> – высокая инерционность; – значительное гидростатическое давление; – существенные капитальные затраты; – большие теплопотери |
| Воздушный | <ul style="list-style-type: none"> – отсутствие рисков замораживания; – тепловая экономичность; – малая инерционность | <ul style="list-style-type: none"> – шум; – подвижность воздуха (наличие сквозняков) |
| Электрический | <ul style="list-style-type: none"> – бесшумность; – невысокие капитальные затраты; – широкая возможность регулировки | <ul style="list-style-type: none"> – дороговизна энергоносителя; – использование во влажной среде может быть небезопасно |
| Газовый | <ul style="list-style-type: none"> – бесшумность; – мобильность; – попутное выделение CO₂ (в пределах санитарных норм); – низкая материалоемкость; – малая инерционность; – локальный обогрев; – сокращение теплопотерь; – простота в монтаже и обслуживании | <ul style="list-style-type: none"> – сложность регулировки |

Для обогрева теплиц чаще всего используются классические водогрейные системы (котел, батареи). С экономической точки зрения такие системы недостаточно себя оправдывают, так как они неспособны быстро реагировать на резкие смены температуры, а также расходуют много энергии на прогрев всего объема помещения [2, 3].

При водяном отоплении нагретая вода течет по трубам, повышая температуру воздуха. Минус в том, что по законам физики теплый воздух поднимается вверх, оставляя почву холодной. Это неэкономно с точки зрения расходования энергии и бесполезно для растений, особенно для выращиваемой рассады.

В системах воздушного отопления используют отопительно-вентиляционные агрегаты, которые устанавливают на фундаментных основаниях, крепят к строительным конструкциям и на индивидуальных опорах. Раздачу воздуха осуществляют с сосредоточенным выпуском в верхнюю зону во избежание подсыхания растений и по перфорированному полиэтиленовому рукаву с равномерной подачей по длине. Полиэтиленовые рукава, как правило, размещают в нижней зоне теплиц для создания равномерного температурного поля. Недостатком данного вида отопления является возможность возникновения сквозняков, что приводит к опасности заболевания обслуживающего персонала и, что не менее важно, плохо влияет на растения (большинство из них не переносит сквозняков).

Электрическое отопление осуществляется электрокалориферами и нагревательными проводами. Электрокалориферы используются аналогично системам воздушного отопления для обогрева воздуха внутри теплиц. Нагревательные провода применяют для обогрева почвы, размещая их в грунте на глубине 400–500 мм под рядками растений или равномерно по всей площади с шагом 1 м, обеспечивающим равномерное температурное поле. Использование электрических обогревателей во влажных помещениях, каким является теплица, может быть небезопасно.

Газовое отопление осуществляется путем установки газовых калориферов и непосредственного сжигания газа в теплицах в инжекционных и инфракрасных горелках. Этот вид обогрева является в данный момент самым неисследованным. В газовых калориферах за счет сжигания газа нагревается воздух, предварительно смешивается с рециркуляционным или наружным воздухом и путем сосредоточенной подачи или по перфорированному полиэтиленовому рукаву подается в теплицу аналогично системам воздушного отопления. Инжекционные и инфракрасные горелки устанавливают равномерно по площади или периметру внутри теплиц таким образом, чтобы была обеспечена возможность свободного их обслуживания.

Для использования инфракрасных излучательных установок создаются благоприятные экономические условия в переходный период: в начале и в конце зимы. В это время радиаторы центрального отопления работают с низким КПД, плохо регулируются, что приводит в большинстве случаев к перегреву помещений. Инфракрасные излучательные установки работают в подобных условиях значительно экономичнее. КПД такой установки всегда очень высок, поскольку ее можно в любое время приспособить к предъявляемым требованиям. Особенно важны эти свойства излучательных установок при внезапных переменах погоды.

Использование излучательной установки экономически выгодно при дополнительном обогреве. Достаточный нагрев помещения гарантирован также при внезапно наступившем резком похолодании, доволь-

но часто случающемся в наших климатических условиях. Установка же центрального отопления экономически оправдывает себя только при стабильных условиях погоды.

Расходы на содержание и уход за газовыми установками лучистого обогрева очень малы, на ремонт – также незначительны. Выходящие из строя излучатели можно легко заменять. Таким образом, экономичность лучистого обогрева помещений очевидна. Разумеется, решение об использовании лучистого обогрева должно основываться на возможности обеспечения установки соответствующим видом энергии. Электрическая энергия дорогая и, как правило, имеется только в ограниченном количестве, поэтому в большинстве случаев необходимо использовать природный или сжиженный газ. Практически во всех крупных тепличных хозяйствах имеется подвод природного газа, если же хозяйство небольшое, проще использовать сжиженный газ.

Ниже приведен расчет эффективности системы локального инфракрасного обогрева по сравнению с классической водогрейной.

Результаты исследований

Исходные данные:

площадь теплицы

$$S_{\text{пола}} = 360 \text{ м}^2;$$

высота расчетная (2-скатная крыша высотой 1,6 м)

$$H = H_{\text{стен}} + \frac{H_{\text{крыши}}}{2} = 5,8 \text{ м};$$

высота подвески горелки над полом

$$h = 3 \text{ м};$$

ширина зоны обогрева

$$a = 4 \text{ м};$$

длина (суммарная) зоны обогрева

$$b = 24 \text{ м};$$

температура в зоне роста растений равна нормативной температуре комфорта растений:

$$t_{\text{н}} = 18 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Требуется найти общую мощность системы лучистого обогрева по сравнению с классической.

Расчет:

общий объем помещения составляет:

$$V_{\text{общ}} = S_{\text{пола}} \cdot H = 2088 \text{ м}^3;$$

общая площадь поверхности (пол, стены и крыши) составляет:

$$S_{\text{общ}} = S_{\text{пола}} + S_{\text{стен}} + S_{\text{крыши}} = 1142 \text{ м}^2.$$

В математическом выражении общая тепловая мощность, требуемая для поддержания температуры внутри объема (отдаваемая объемом в стационарном состоянии), будет пропорциональна этому объему:

$$N = n \cdot V_{\text{общ}},$$

где n (Bm/m^3) – некоторый нормативный коэффициент [4].

Плотность теплового потока тепла, теряемого в процессе теплопередачи через стены (поверхность) помещения общей площадью $S_{\text{общ}}$ в окружающую среду, будет равна

$$q_{\text{потерь}} = k(t_{\text{н}} - t_{\text{окр}}),$$

где k (Bm/m^2K) – коэффициент теплопередачи через стену.

Плотность нагревающего теплового потока, падающего на внутреннюю поверхность стен, будет равна:

$$q_{\text{нагр}} = \frac{N}{S_{\text{общ}}} = \frac{n \cdot V_{\text{общ}}}{S_{\text{общ}}} = \left[\frac{Bm}{m^2} \right].$$

Хорошо видно, что чем больше помещение, тем больший тепловой поток будет падать на ограничивающую его поверхность, а значит, оно будет лучше обогреваться, так как интенсивность теплоотвода от стен и пола в окружающую среду при неизменной температуре внутри помещения будет неизменна. Причем надо обратить внимание на то, что плотность теплового потока пропорциональна при прочих равных условиях тому или иному линейному размеру помещения.

Понятно, что воздух в помещении должен хорошо перемешиваться, чтобы его температура везде по объему была постоянной.

Поэтому с ростом объема помещения удельную величину мощности, идущую на его обогрев (отопление), нужно уменьшать.

По нормативам для небольших помещений, характеризующихся высотой потолка до 3 м для любой площади пола, т.е. для стен с небольшой площадью, нормативная мощность, требуемая для отопления 1 м³ помещения, составляет $n = 0,1$ $\kappa Bm/m^3$; а для больших – с высотой потолка свыше 3 м – для любой площади пола для стен с большой площадью $n = 0,04-0,05$ $\kappa Bm/m^3$.

Тогда общая тепловая мощность, требуемая для поддержания в помещении объемом V заданной нормативной температуры ($t = 18$ °C), будет равна (в данном случае по минимуму):

$$N = n \cdot V_{\text{общ}} = 83,5 \kappa Bm.$$

Это мощность тепловой догрейной системы водяного отопления.

Найдем удельную плотность теплового потока, приходящуюся на 1 м² общей площади:

$$q_{\text{нагр}} = \frac{N}{S_{\text{общ}}} = 0,073 \frac{\kappa Bm}{m^2} = 73 \frac{Bm}{m^2}.$$

При замене водогрейной системы (котла) на инфракрасную обогревать нужно будет не всю теплицу с общей площадью поверхности стен, крыши и пола $S_{\text{общ}} = 1142 \text{ м}^2$, а только ее часть (некоторую интересующую часть поверхности пола площадью $s = (\text{в данном случае}) = a \cdot b = 96 \text{ м}^2$).

Инфракрасная горелка кроме конвективной составляющей (отдаваемой) тепловой мощности имеет, благодаря ее специальной конструкции, также лучистую составляющую от раскаленной поверхности:

$$N_{\text{горелка}} = N_{\text{конвект}} + N_{\text{луч}}.$$

Тепловая мощность, отдаваемая горелкой с инфракрасным излучением:

$$N_{\text{луч}} = \eta \cdot N_{\text{горелки}},$$

где $\eta = 0,38$ – лучистый КПД горелки.

Тогда

$$N_{\text{конвект}} = (1 - \eta)N_{\text{горелка}}.$$

Удельная плотность общего теплового потока, исходящего от инфракрасной горелки и падающего на интересующую часть поверхности пола площадью s :

$$q_{\text{гор}} = q_{\text{конв}} + q_{\text{луч}} = \frac{N_{\text{конв}}}{S_{\text{общ}}} + \frac{N_{\text{луч}}}{s} \cdot \psi,$$

где ψ – угловой коэффициент излучения, показывающий, какая доля излучения горелки падает на данную часть поверхности пола площадью s .

Далее

$$q_{\text{гор}} = \frac{(1-\eta) \cdot N_{\text{гор}}}{S_{\text{общ}}} + \frac{\eta \cdot N_{\text{гор}}}{s} \cdot \psi = N_{\text{гор}} \left(\frac{1-\eta}{S_{\text{общ}}} + \frac{\eta \cdot N_{\text{гор}}}{s} \right).$$

Согласно теории и методологии расчета систем, обменивающихся лучистой тепловой энергией, коэффициент ψ для точечного источника, обогревающего полосу шириной a и длиной b , равен [5]:

$$x = \frac{a}{2h}; y = \frac{b}{2h},$$

где h – высота подвеса горелки над полом.

$$\psi = \frac{4}{2\pi} \left(\frac{x}{\sqrt{1+x^2}} \arctg \frac{y}{\sqrt{1+x^2}} + \frac{y}{\sqrt{1+y^2}} \arctg \frac{x}{\sqrt{1+y^2}} \right).$$

$$\psi = 0,5513.$$

Следовательно,

$$q_{\text{гор}} = N_{\text{гор}} \left(\frac{1 - 0,38}{1142} + \frac{0,38 \cdot 0,5513}{96} \right) = 0,00272 N_{\text{гор}}.$$

Для поддержания температуры в рабочей зоне на прежнем уровне необходимо, чтобы

$$q_{\text{гор}} = q_{\text{нагр}} = 0,073 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}.$$

Найдем требуемую общую мощность горелок:

$$N_{\text{гор}} = \frac{q_{\text{гор}}}{0,00272} = 27 \text{ кВт.}$$

Выигрыш в установленной мощности составит:

$$\Delta N = N - N_{\text{гор}} = 56,5 \text{ кВт.}$$

Выигрыш в расходе газа составит:

$$\Delta G = \frac{\Delta N}{Q_{\text{г}}} = \frac{56,5 \text{ кВт}}{3500 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}} = 5,81 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}.$$

При длительности отопительного сезона 6 месяцев в году и коэффициенте загрузки 0,5 годовая экономия газа составит:

$$\Delta G = 5,81 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \cdot 24 \frac{\text{ч}}{\text{сут.}} \cdot 30 \frac{\text{сут.}}{\text{мес.}} \cdot 6 \frac{\text{мес.}}{\text{год}} \cdot 0,5 = 12553 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}.$$

При цене газа $C = 277$ долл. США за 1000 м^3 годовая экономия газа в денежном выражении составит:

$$\text{Э} = \frac{C \cdot \Delta G}{1000} = \frac{277 \cdot 12553}{1000} = 3478 \frac{\text{долл. США}}{\text{год}} \approx 29 \frac{\text{млн руб.}}{\text{год}}$$

при курсе 8350 руб./1 долл. США.

Расчет показал, что система лучистого обогрева весенних теплиц инфракрасными газовыми горелками обеспечивает годовую экономию 29 млн руб. по сравнению с классической водяной системой обогрева [3].

На базе ГНУ «Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси» совместно с УО «БГАТУ» разработан универсальный инфракрасный газовый теплоизлучатель ТИГ-1 (рисунок 158), предназначенный для локального обогрева объектов в помещениях сельскохозяйственного назначения (теплицах, машинно-тракторных ремонтных мастерских, ангарах, складских помещениях, цехах по переработке продукции, а также животноводческих и птицеводческих фермах).

Теплоизлучатель (рисунок 158) включает: инфракрасную горелку 1; фильтр газа 2; блок автоматики 3; пульт управления 4.

В состав инфракрасной горелки входят: корпус 5; инжектор 6; рекуператор 7 (на рисунке не показан); сопло 8 (сменный комплект); излучающий элемент 9.

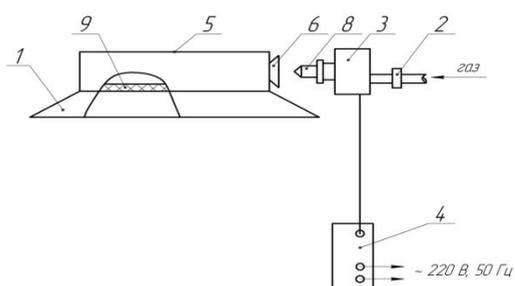


Рисунок 158 – Принципиальная схема теплоизлучателя ТИГ-1

Разработанные теплоизлучатели образуют типоразмерный ряд из 4 наименований их номинальных мощностей: 1,85; 3,65; 7,3; 14,5 кВт, обладают повышенной ветроустойчивостью и могут быть использованы для обогрева теплиц со смещенными сроками посадки овощных культур, а также при выращивании рассады для дальнейшей высадки в открытый грунт. Возможен обогрев растений даже на открытом воздухе.

Разработанный теплоизлучатель функционирует как на природном или сжиженном газе, так и на генераторном газе, получаемом в газогенераторе, работающем на местных видах топлива и горючих отходах (на древесине, торфе, льнокостре, соломе и др.).

В апреле 2009 года были проведены приемочные испытания универсальных инфракрасных газовых теплоизлучателей ТИГ-1 мощностью 1,85; 3,65; 7,3; 14,5 кВт. По результатам приемочных испытаний опытные образцы инфракрасных газовых теплоизлучателей ТИГ-1, предназначенные для использования в них в качестве топлива природного газа по ГОСТ 5542–87, сжиженного газа по ГОСТ 20448–90, соответствуют требованиям технической документации на воздухонагреватели в объеме требований, предъявляемых к качеству продукции, обеспечивающих ее безопасность, в частности содержание СО в продуктах сгорания в 5 раз меньше допустимого значения, NO_x – в 2,5 раза. Комиссией рекомендована постановка теплоизлучателей ТИГ-1,85 на производство.

Заключение

Конструктивной разработкой и технологией инфракрасного обогрева в течение более пятидесяти лет занимаются во многих странах мира, создано множество оригинального оборудования для реализации такого способа обогрева, и, как показывает опыт, этот метод является одним из наиболее энергосберегающих и экологических, но ни одна из ведущих организаций в данной отрасли не дает никаких сведений о параметрах такого обогрева применительно к теплицам. В то же время, как показывают исследования, не существует объективных причин, не позволяющих применять инфракрасный газовый обогрев для отопления сооружений защищенного грунта.

16.08.12

Литература

1. Рыков, А.Н. Комплексное управление микроклиматом теплиц, котельными и оборудованием электроснабжения / А.Н. Рыков // Теплицы.ру – промышленные теплицы, тепличные технологии [Электронный ресурс]. – Минск, 2012. – Режим доступа: <http://www.greenhouses.ru/upravlenie-mikroklimate-teplic>. – Дата доступа 25.09.2012.
2. Теплицы и тепличные хозяйства: справ. / Под ред. Г.Г. Шишко. – Киев: Урожай, 1993. – 421 с.

3. Справочник по теплоснабжению сельского хозяйства / Л.С. Герасимович [и др.]. – Минск: Ураджай, 1993. – 368 с.
4. Исаченко, В.П. Теплопередача / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел; ред. В.И. Кушнырев. – М.: Энергия, 1975. – 478 с.
5. Зигель, Р. Теплообмен излучением / Р. Зигель, Дж. Хауэлл; пер. с англ. под ред. д-ра техн. наук Б.А. Хрусталева. – М.: Изд-во «Мир», 1975. – 936 с.

УДК 63: 331.45

А.И. Федорчук, В.Г. Андруш

(УО «БГАТУ»,

г. Минск, Республика Беларусь)

К ОЦЕНКЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ

Введение

Сельскохозяйственные машины и агрегаты (вместе с обрабатываемой средой) представляют собой сложные динамические системы. Входные воздействия и выходные переменные являются, как правило, случайными процессами. В соответствии с рассматриваемой проблемой отнесем к ним показатели состояния безопасности труда. В настоящее время эта особенность систем управления (в том числе систем обеспечения безопасности труда) при проектировании сельскохозяйственной техники и разработке нормативов ее безопасной эксплуатации учитывается не в полной мере [1, 2]. Это, на наш взгляд, может являться одной из причин, объясняющей высокий уровень производственного травматизма и производственно-обусловленной заболеваемости работников АПК.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований являются компоненты производственного травматизма операторов сельскохозяйственной техники, которые в совокупности с окружающей средой являются сложной динамической системой.

При исследовании состояния безопасности труда с оценкой ожидаемого числа травм на конкретном объекте использованы методы статистической динамики. Исходными данными являются состав работников и число травм, наблюдаемых на данном объекте в течение заданного периода.

Результаты исследований

Для характеристики состояния травматизма на производстве в настоящее время используются следующие методы: статистический, монографический, эргономический и экономический. Статистический метод, включающий групповой и топографический разделы, основан на анализе статистического материала по травматизму. С помощью этого

метода можно получить сравнительную динамику производственного травматизма за ряд лет по определенным показателям: коэффициентам частоты и тяжести травматизма ($K_{\text{ч}}$ и $K_{\text{т}}$), коэффициенту потерь рабочего времени ($K_{\text{н}}$), коэффициенту частоты травматизма со смертельным исходом ($K_{\text{ЧСМ}}$), коэффициенту летальности травматизма ($K_{\text{л}}$).

Для оценки объективности названных показателей исходим из того, что традиционный подход к решению проблемы повышения безопасности труда имеет следующие целевые постановки:

$$Y(K_{\text{ч}}, K_{\text{т}}, K_{\text{Т}}, K_{\text{ЧСМ}}, K_{\text{л}}, n_1) \rightarrow 0; \quad (1)$$

$$Y(K_{\text{ч}}, K_{\text{т}}, K_{\text{Т}}, K_{\text{ЧСМ}}, K_{\text{л}}, n_1) \rightarrow \min, \quad (2)$$

где Y – уровень травматизма;

n_1 – количество пострадавших.

Первая постановка (1) имеет смысл полной ликвидации травматизма, вторая (2) – минимизации его уровня.

Современный мир отверг концепцию абсолютной безопасности и пришел к концепции приемлемого (допустимого) риска, суть которой – в стремлении к такой малой опасности, которую приемлет общество в данный период времени [3].

Анализ научно-технической, патентной, нормативно-методической литературы показывает, что в качестве методологической базы решения проблемы могут быть приняты методы статистической динамики, широко применяемые для решения научных и технических задач, но не нашедшие должного применения в трудовой охране [4, 5].

Один из путей улучшения условий и безопасности труда работников АПК – это замена инерционной системы ликвидации последствий травматизма и заболеваемости системой предупреждения риска производственного травматизма.

Однако для анализа динамических процессов в системе предупреждения риска следует решить несколько проблемных задач [3]: установить динамику эффективности различных направлений трудовой охраны деятельности; разработать методику комплексной оценки безопасности, техники и технологии; разработать банк данных о влиянии различных трудовых мероприятий на травматизм и заболеваемость.

Поиски возможностей применения методов статистической динамики для оценки безопасности труда наталкиваются на сложности, связанные с особенностями временных рядов показателей уровня травматизма. По характеру изменения эти временные ряды можно отнести к классу стационарных случайных процессов ограниченной деятельности, содержащих сезонные, регулярные и непериодические составляющие колебания [4].

В общем виде временные ряды травматизма описываются выражением:

$$F(X, Z, \eta, t) = X(\psi, t) + Z(Z, t) + \eta,$$

где $X(\psi, t)$ – непериодические и регулярные колебательные компоненты;
 $Z(Z, t)$ – нестационарная часть временного ряда;
 η – случайная часть временного ряда;
 t – временные точки исходного ряда: $t \in |0, T|, |0, T|$ – интервал наблюдения.

Непериодические и регулярные колебательные компоненты могут быть представлены непериодической функцией, составляющие которой имеют некрратные друг другу и интервалу наблюдения периоды [6]:

$$X(\psi, t) = \sum_{i=1}^N A_i \psi_i(t + T_i),$$

где N – число компонент;
 A – коэффициент компоненты;
 T_i – период i -ой компоненты.

Нестационарная часть $Z(Z, t)$ характеризуется математическим ожиданием:

$$E\{Z\} = m(t);$$

$$E\{Z - EZ\}^2 = \sigma^2(t).$$

Случайная составляющая η имеет нулевое математическое ожидание

$$E\{\eta\} = 0$$

и быстро затухающую автокорреляционную функцию

$$E\{\eta_t, \eta_{t-\tau}\} \rightarrow 0 \text{ при } \tau > 0,$$

где τ – период накопления данных.

Частотная область анализа процесса в соответствии с теоремой Котельникова:

$$\omega \in \left(0, \frac{\pi}{\Delta t}\right).$$

Учитывая вышеизложенное, представляется более корректным прогнозировать не абсолютные показатели травматизма, а изменения вероятностей несчастных случаев и тяжести их последствий, то есть если A – событие, состоящее в том, что произошло травмирование, то вероятность этого события $p = P(A)$. Числовая определенность вероятности $P(A)$ дает возможность найти критерии уровня производственного травматизма.

В этой связи рассмотрим процедуру вычисления вероятности травмирования. Для расчетов принимаются исходные данные: n – среднесписочный состав работников того или иного производственного объекта, подлежащего учету; U – число травм, наблюдаемых на данном производственном объекте в течение года. Принимается теоретическая

предпосылка о том, что события $A_1, A_2, A_3, \dots, A_U$ (события, состоящие в том, что произошел 1, 2, 3, ..., U -й несчастный случай) являются независимыми и имеют равную вероятность p .

В соответствии с законом больших чисел, сформулированным Чебышевым, и теорией Бернулли [6]:

$$\lim_{x \rightarrow \infty} P \left\{ \left| \frac{U}{n} - p \right| \leq \xi \right\} = 1.$$

Определение величины $P(A)$ производим введением случайной величины ξ :

$$\xi_i \begin{cases} = 0 \\ = 1 \end{cases}.$$

В соответствии со статистическими данными $\xi_i = 0$, если i -й работник в течение года не имел травм; $\xi_i = 1$, если i -й работник в течение этого времени был травмирован.

Общее число случаев травмирования ξ представляется суммой независимых, одинаково распределенных случайных величин:

$$\xi = \xi_1 + \xi_2 + \dots + \xi_n.$$

Вероятность травмирования вычисляем по биномиальному закону [6, с. 582]:

$$P(\xi = k) = C_n^k p^k q^{n-k}; \quad (3)$$

$$(k = 0, 1, 2, \dots, n).$$

Математическое ожидание и дисперсии сумм независимых случайных величин находятся следующим образом [6, с. 585, с. 586]:

$$M \xi_i = q \cdot 0 + p \cdot 1 = p;$$

$$M \xi = \sum_i M \xi_i = np; \quad (4)$$

$$D \xi_i = q(0 - p)^2 + (1 - p)^2 = \dots = pq;$$

$$D \xi = \sum_i D \xi_i = npq,$$

где $M \xi_i, M \xi$ – соответственно математическое ожидание вероятности травмирования отдельного работника и числа случаев травмирования на группу из n работающих;

$D \xi_i, D \xi$ – соответственно дисперсии этих случайных величин.

Эти данные используются для первого контроля согласия теоретической схемы с практикой. При этом исходят из неравенства Чебышева [6]:

$$P \{ |\xi - np| > k\sigma \} \leq \frac{1}{k^2}, \quad (5)$$

где $\sigma = \sqrt{D\xi} = \sqrt{npq}$;

k – выбранная константа.

Например, при $k = \sqrt{2}$ правая часть неравенства равна 0,5 и тогда неравенство (5) приобретает вид:

$$P\left\{|\xi - np| > \sqrt{2npq}\right\} \leq 1.$$

Пользуясь соотношением

$$(\Delta\xi)^2 = 2npq,$$

где $\Delta\xi = \sqrt{2npq}$, можно вычислить значения n , отвечающие $\Delta\xi = 1, 2, 3, \dots, n$.

Приняв для определенности, например, что

$$p = 2 \cdot 10^{-4}, \quad q = 1 - p = 1,$$

находим:

$$n = \frac{(\Delta\xi)^2}{4 \cdot 10^{-4}} = \frac{(\Delta\xi)^2}{4} 10^4.$$

С использованием той же схемы Бернулли дается расчет ожидаемого числа травм на рассматриваемом объекте и вероятности фактически наблюдаемого числа травм. Для получения этих данных используются основная формула распределения Бернулли (3) и формулы математического ожидания по схеме Бернулли (4), в которых величина p определяется статистически по всей совокупности однотипных объектов. Прямой подсчет производится по рекуррентному соотношению:

$$P\{\xi = k + 1\} = \frac{n - k}{k + 1} \cdot \frac{p}{q} \cdot P\{\xi = k\};$$

$$P\{\xi = 0\} = q^n,$$

где $k = 0, 1, 2, \dots, n - 1$.

Последовательно вычисляемые вероятности $P\{\xi = k\}$ суммируются:

$$F(x) = \sum_{k=0}^x P\{\xi = k\}.$$

Таким образом, находятся все значения ступенчатой функции распределения случайной величины.

Полученные значения p могут быть сведены в таблицы с двумя входами (k, P) с шагом изменения p и n , допускающим интерполяцию промежуточных значений с достаточной точностью.

Если полученное значение выходит за пределы 90 % ожидания возможных исходов, этот факт заслуживает внимания как событие, вероятность которого не превышает 0,05, и необходимо выявлять эти специфические факторы, положительно или отрицательно влияющие на уровень травматизма.

Заключение

1. Известные методы оценки трудоохранной деятельности, прогнозирования травматизма на производстве и средства его предупреждения разрабатываются параллельно и взаимно между собой не увязаны.

2. Указанные методы прогнозирования производственного травматизма нацелены на предсказание его абсолютных показателей, что невозможно в силу влияния на травматизм большого числа случайных факторов различной природы и структуры. Более корректно и достаточно для управления безопасностью труда оценивать относительное изменение уровня вероятности травмирования на производстве вследствие применения новых или совершенствования существующих функций и средств охраны труда.

3. Решением научно-технической проблемы повышения безопасности труда операторов сельскохозяйственной техники является разработка единой методологической концепции оценки состояния и прогнозирования безопасности труда на основе вероятностных методов для определения ожидаемого количества несчастных случаев и тяжести их последствий на рассматриваемом сельскохозяйственном объекте.

26.03.12

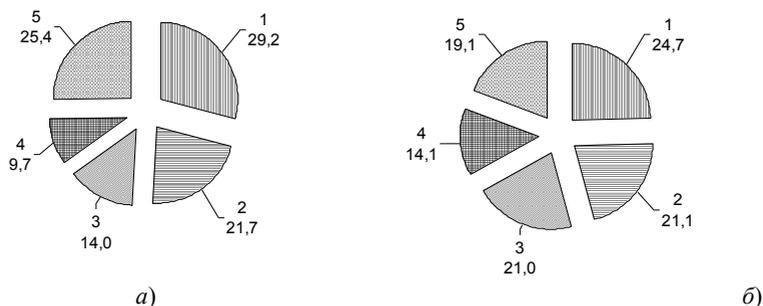
Литература

1. Система управления охраной труда. Общие требования: СТБ 18001–2005. – Введ. 01.11.2005. – Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2005. – 24 с.
2. Техника сельскохозяйственная. Методы оценки: ГОСТ 12.2.002–91 ССБТ. – Введ. 01.07.1992. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 61 с.
3. Асаенок, А.И. Профессиональные риски: методика анализа и управления / А.И. Асаенок, Е.Е. Кученева, А.Ф. Минаковский. – Минск: Бестпринт, 2009. – 180 с.
4. Юсупов, Р.Х. Производственная среда предприятия АПК как информационная динамическая система при анализе и прогнозировании травматизма и профессионально-обусловленной заболеваемости / Р.Х. Юсупов, А.В. Зайнешев, Ю.Г. Горшков. – Москва: Изд-во РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2009. – 221 с.
5. Федорчук, А.И. Теоретические основы охраны труда в сельском хозяйстве: монография / А.И. Федорчук. – Минск, [б. и.], 2005. – 269 с.
6. Бронштейн, И.Н. Справочник по математике / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – М.: Наука, 1981. – 720 с.

ОБОСНОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ УСПЕШНОСТИ ОПЕРАТОРОВ МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКО- ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ КАК ПОКАЗАТЕЛЯ СНИЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА

Введение

Анализ статистических данных (за 2004–2010 гг.) Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Министерства труда и социальной защиты, а также приведенных в литературных источниках, позволил выявить причинно-следственную связь производственного травматизма в агропромышленном комплексе Республики Беларусь. Полученные результаты показали, что наиболее травмоопасной отраслью сельскохозяйственного производства является растениеводство (в том числе переработка сельскохозяйственной продукции) (рисунок 159). На их долю приходится почти 25 процентов от всех несчастных случаев в АПК с тяжелым исходом и около 30 процентов – со смертельным.



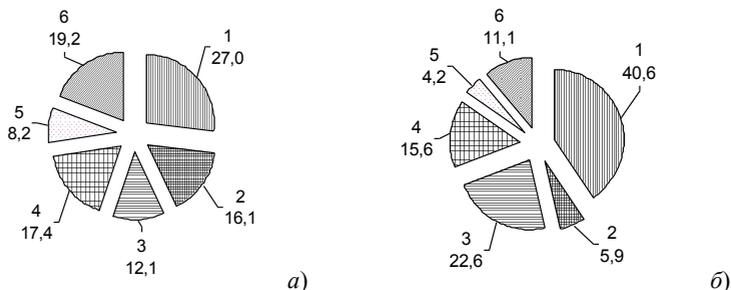
а) со смертельным исходом; б) с тяжелым исходом

1 – растениеводство и переработка с.-х. продукции; 2 – животноводство; 3 – ремонтные работы, техническое обслуживание, постанковка техники на хранение; 4 – строительство в АПК; 5 – прочие (в т.ч. дорожно-транспортные происшествия)

Рисунок 159 – Распределение несчастных случаев (%) по отраслям сельскохозяйственного производства АПК Республики Беларусь

Основным фактором производственного травматизма как со смертельным, так и с тяжелым исходом является «воздействие движущихся и вращающихся элементов конструкций технического средства», что составляет от всех видов происшествий: с тяжелым исходом – 40,6 %, со

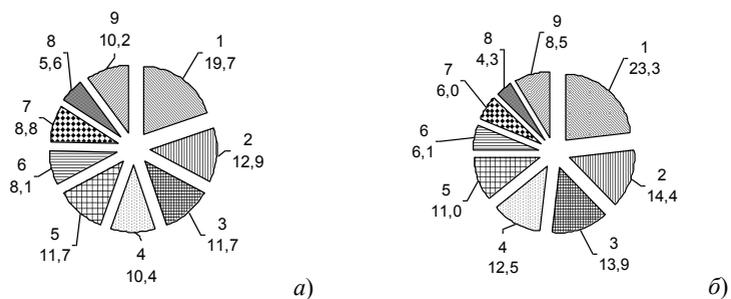
смертельным – 27,0 % (рисунок 160). Наибольшее число пострадавших как с тяжелым, так и со смертельным исходом относится к таким профессиям, как тракторист-машинист, механизатор, комбайнер, то есть они являются «операторами мобильной сельскохозяйственной техники (МСХТ)». На них приходится 23,3 % от всех несчастных случаев в АПК с тяжелым исходом (рисунок 161).



а) со смертельным исходом; б) с тяжелым исходом

1 – воздействие движущихся и вращающихся предметов; 2 – дорожно-транспортные происшествия; 3 – падение потерпевшего с высоты; во время передвижения; в ямы, колодцы, траншеи и т.д.; 4 – падение, обрушение предметов, материала, земли и т.д.; 5 – поражение электрическим током; 6 – прочие (воздействие экстремальных температур, повреждение в результате контакта с представителями флоры и фауны, стихийные бедствия и др.)

Рисунок 160 – Распределение несчастных случаев (%) по видам происшествий в АПК Республики Беларусь



а) со смертельным исходом; б) с тяжелым исходом

1 – трактористы-машинисты, механизаторы, комбайнеры; 2 – рабочие-полеводы, агрономы, операторы ЗСК; 3 – доярки, скотники, пастухи, зоотехники, животноводы; 4 – маляры, каменщики, строители, бетонщики; 5 – слесари, газосварщики, станочники, токари, плотники, столяры; 6 – водители; 7 – сторожи, грузчики, кочегары; 8 – инженеры, электрики; 9 – прочие (бухгалтеры, кассиры, кладовщики и др.)

Рисунок 161 – Распределение несчастных случаев (%) по профессиям пострадавших в АПК Республики Беларусь

Таким образом, наиболее травмоопасная отрасль сельскохозяйственного производства – растениеводство (плюс переработка сельскохозяйственной продукции), основным фактором травматизма является воздействие движущихся и вращающихся элементов конструкций технических средств, при этом наибольшее количество несчастных случаев приходится на операторов мобильной сельскохозяйственной техники.

Основная часть

Общеизвестно, что только в случае индивидуальной профессиональной пригодности работника для выполнения определенного вида трудовой деятельности можно ожидать ускоренного приобретения дополнительных профессиональных навыков для организации безопасного труда и эффективного решения производственных задач. Немаловажное значение при этом отводится прогнозированию успешности его профессиональной деятельности. Причем если изучаются возможности «кандидата в работники» данной профессии (новичка), его технический интеллект, то определение профуспешности приобретает черты профотбора. Если же рассматривается «работник со стажем», например после перерыва в работе, то прогнозирование рассматривается как текущее состояние его готовности к безопасной производственной деятельности с последующим уточнением факторов, влияющих на профессиональную успешность работника. Так, например, производственная деятельность оператора МСХТ связана с большим напряжением зрительного анализатора, наличием двигательной монотонии в условиях воздействия большого числа травмирующих (опасных) и вредных производственных факторов и может вызывать утомление работников. Поэтому в данном случае особое место должно отводиться изучению такого состояния оператора МСХТ, которое в конечном итоге вызывает рассеянность и ослабленность его внимания, понижение скорости двигательных реакций и, как следствие, – снижение работоспособности и повышение травматизма. Основными факторами, влияющими на такое состояние оператора МСХТ, являются: его простая сенсомоторная реакция, устойчивость внимания и координация движения.

Для оценки влияния на операторов мобильной сельскохозяйственной техники вышеуказанных профессионально значимых факторов рекомендуются соответствующие тесты (таблица 61). При этом сами тесты должны отвечать следующим требованиям [1]:

- валидности (включать сведения об области исследуемых явлений, а также о репрезентативности диагностической процедуры по отношению к ним);
- надежности (отражать стабильность результатов, полученных с помощью конкретной методики при проведении исследований);
- дифференцированности (избирательно оценивать определенный показатель).

Таблица 61 – Тесты для оценки профессионально значимых качеств [2] оператора мобильной сельскохозяйственной техники

| Профессионально значимые показатели | Свойства | Психодиагностические методики |
|--|--|--|
| Технический интеллект | Уровень развития технического интеллекта | Тест механической понятливости Беннета |
| Простая сенсомоторная реакция | Быстрота и точность выполняемых действий | Таблица Шульте |
| Внимание | Устойчивость внимания | Тест Анфимова (корректирующая таблица) |
| Эмоциональная устойчивость | Выдержанность, отсутствие нервного утомления | Тест Кэттелла |

Технический интеллект оператора МСХТ определяется с помощью специального теста механической понятливости Беннета: в течение, например, десяти минут необходимо решить ряд несложных заданий, представленных в виде картинок. Уровень технических способностей оператора МСХТ оценивается по количеству правильно решенных заданий.

Тест на сенсомоторную реакцию оператора МСХТ проводится с использованием таблицы Шульте. Вычисляется среднее значение времени, затраченного оператором для поиска цифр в одном квадрате, которое является основанием для анализа его реакции и работоспособности. Оценка (соответствующий балл) «простой сенсомоторной реакции» оператора МСХТ определяется по данным замера рефлексометра и таблице 62.

Таблица 62 – Оценка простой сенсомоторной реакции

| Количество «выбросов» из установленного числа замеров | Оценка, балл (оценка) |
|--|------------------------------|
| 0–1 | 5 (отлично) |
| 2–3 | 4 (хорошо) |
| 4–5 | 3 (удовлетворительно) |
| > 5 | 2 (неудовлетворительно) |

Для определения показателя «устойчивость внимания» оператору МСХТ предлагается в течение, например, двух минут вычеркнуть из корректирующей таблицы Анфимова определенное буквосочетание [3]. Неоднозначное число одинаковых знаков в рядах требует большой сосредоточенности внимания, оцениваемого как с качественной, так и с количественной стороны. При этом оценивается общее количество просмотренных символов, а также число правильно зачеркнутых, пропущенных и ошибочно вычеркнутых «буквосочетаний» [3]. Показатель «устойчивость внимания» (УВН) вычисляется по формуле:

$$\text{УВН} = \frac{N}{N_{\text{max}}} (1 - K_{\text{ош.}} \cdot n), \quad (1)$$

где N – число прочитанных символов за фиксированный промежуток времени;

N_{\max} – число максимально прочитанных символов за фиксированный промежуток времени;

$K_{\text{ош}}$ – коэффициент ошибок (значение $K_{\text{ош}}$ устанавливается опытным путем в зависимости от сложности выполняемой работы);

n – число пропущенных и ошибочно вычеркнутых символов (букв).

После соответствующих вычислений (формула 1) по таблице 63 определяется показатель (в баллах) устойчивости внимания оператора МСХТ.

Таблица 63 – Оценка показателя «устойчивость внимания»

| Пределы изменений показателя «устойчивость внимания» (УВН) | Результат, балл (оценка) |
|--|--------------------------|
| $\geq 0,80$ | 5 (отлично) |
| $0,6 \dots 0,79$ | 4 (хорошо) |
| $0,4 \dots 0,59$ | 3 (удовлетворительно) |
| $\leq 0,39$ | 2 (неудовлетворительно) |

Для оценки координации движений сопоставляются результаты за- меров анализатором АСК-3 с данными таблицы 64.

Таблица 64 – Оценка координации движений работника

| Пределы изменений показателя «координация движений» | Результат, балл (оценка) |
|---|--------------------------|
| $\leq 0,6$ | 5 (отлично) |
| $0,61 \dots 0,8$ | 4 (хорошо) |
| $0,81 \dots 0,9$ | 3 (удовлетворительно) |
| $> 0,9$ | 2 (неудовлетворительно) |

Результаты исследований позволили получить зависимость ($X_{\text{проф.}}$) профессиональной успешности и безопасности оператора МСХТ от основных психофизиологических показателей (реакции оператора, устойчивости внимания и координации движений), характеризующих безопасность его труда:

$$X_{\text{проф}} = 0,310 \cdot X_1^P + 0,350 \cdot X_2^B + 0,340 \cdot X_3^K, \quad (2)$$

где X_1^P , X_2^B , X_3^K – показатели фактического состояния соответственно простой сенсомоторной реакции оператора МСХТ, устойчивости его внимания и координации движений;

0,310; 0,350; 0,340 – оценка весомости профессионально значимых для данной категории работников психофизиологических факторов, соответственно простой сенсомоторной реакции, устойчивости внимания и координации движений оператора МСХТ.

Следует отметить, что операторы МСХТ, чья профессиональная деятельность согласно расчетам (формула 1) оценивается в 5 или 4 балла, считаются «успешно пригодными», а получившие 3 балла – «условно пригодными». Так, при определении профессиональной успешности оператора МСХТ в пять баллов работник характеризуется как специалист с высокой (успешной) готовностью к безопасному выполнению работ, а оценка ($X_{\text{проф.}}$) 3 балла свидетельствует о следующем: если это новичок, только поступивший на работу, то у него могут быть трудности в процессе обучения профессиональным навыкам, а специалист, имеющий практический стаж работы, в сложной производственной ситуации может не справиться со своими обязанностями, принять неверное решение, и, как следствие, травмироваться. Поэтому на некоторое время его желательно перевести на выполнение менее сложной работы и дополнительно провести соответствующее обучение. При итоговой оценке ($X_{\text{проф}}$) два балла новичку нужно порекомендовать другую работу, а специалисту – комплекс мероприятий, включающий приобретение дополнительных профессиональных навыков для организации безопасного труда и эффективной работы.

Заключение

Получена зависимость профессиональной успешности и безопасности операторов мобильной сельскохозяйственной техники (МСХТ) от наиболее значимых психофизиологических показателей – сенсомоторной реакции, устойчивости внимания, координации движений, влияющих на безопасность труда.

Проведение качественного анализа профпригодности обучающихся профессии оператора МСХТ позволит корректировать условия индивидуальной подготовки и прогнозировать риск травматизма.

15.02.12

Литература

1. Макар, А.Н. Оценка профессиональной пригодности оператора мобильных технических средств / А.Н. Макар, А.Л. Мисун // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 19–20 октября 2011 г.: в 3 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства; редкол.: П.П. Казакевич (гл. ред.), О.О. Дударев. – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2011. – Т. 3. – С. 154–156.
2. Ильин, Е.П. Дифференциальная психология профессиональной деятельности / Е.П. Ильин. – СПб: Питер, 2008. – 432 с.
3. Физиологические и медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: практикум: в 2 ч. / Л.В. Мисун [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2010. – Ч. 2: Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности. – 132 с.

Рефераты

УДК 631.312/.331(476)

Точицкий, А.А. **Почвовлагодсберегающие технологии и средства механизации обработки легких почв в Республике Беларусь** / А.А. Точицкий, Н.Д. Лепешкин, П.П. Костюков, Н.С. Козлов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 3–10.

Традиционная отвальная система обработки почвы и посева на легких супесчаных и песчаных почвах усиливает эрозионные процессы, снижает плодородие почвы и урожайность возделываемых культур.

Рассмотрены почвовлагодсберегающие технологии и средства механизации обработки легких почв в Республике Беларусь. – *Рис. 6, библиогр. 3.*

Tochitskii A.A., Lepeshkin N.D., Kostyukov P.P., Kozlov N.S.

Soil and moisture saving technologies and mechanical processing of light soils in the Republic of Belarus

The traditional system of moldboard tillage and sowing on light sou-sand and sandy soils increases erosion and reduces fertility soil and crops.

Soil and moisture saving technologies and mechanization of light soils in the Republic of Belarus are considered.

УДК 621.43

Якубович, А.И. **Оценка эффективности систем охлаждения двигателей мобильных машин** / А.И. Якубович, В.Е. Тарасенко, А.А. Жешко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 10–24.

В статье приведена математическая модель и линейные графические зависимости параметров системы охлаждения, которые позволяют получать результаты, аналогичные испытаниям, проводимым на стендовых установках. – *Рис. 2, табл. 3, библиогр. 6.*

Yakubovich A.I., Tarasenko V.E., Zheshko A.A.

Assessment of efficiency of systems of cooling of engines of mobile machines

Mathematical models and linear graphic dependences of parameters of system of cooling which allow to receive results similar to tests carried out on bench installations are given in the article.

УДК 631.171:621.396

Авдеев, Ю.В. **Разработка алгоритма определения координат в задаче дистанционного управления движением машинно-тракторных агрегатов** / Ю.В. Авдеев, А.Д. Кононов, А.А. Кононов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 24–31.

Рассматриваются вопросы, связанные с синтезом алгоритма определения координат машинно-тракторного агрегата по данным навигационной системы для выработки сигнала рассогласования реальной траектории движения относительно программно заданной. – *Рис. 3, библиогр. 3.*

Avdeev Yu.V., Kononov A.D., Kononov A.A.

Development of algorithm of coordinates setting in a problem of full remote control by driving of machine-tractor aggregates

The problems concerning the with synthesis of algorithm of a coordinates setting of a machine-tractor aggregate on data of a navigator for development of an error signal of an actual trajectory of driving rather program by given are considered.

УДК 631.312

Лепешкин, Н.Д. **К вопросу обоснования типа рабочих органов для послеуборочного измельчения остатков длинностебельных культур** / Н.Д. Лепешкин, А.А. Тоичицкий, Н.С. Высоцкая // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 31–37.

В статье приводится обоснование типа рабочих органов для послеуборочного измельчения остатков длинностебельных культур. Установлено, что необходимо разработать и исследовать экспериментальные рабочие органы: спирально-ножевые катки; плоскорезные лапы; игльчатые диски; пружинные выравниватели; спирально-планчатые катки. – *Рис. 7, библиогр. 3.*

Lepeshkin N.D., Tochickij A.A., Vysockaya N.S.

The question of justifying the type of work for the post-harvest crop milling residues stem

The article provides a rationale for the type of work for the post-harvest residues shredding stem cultures. It is established that it is necessary to develop and explore the experimental working bodies: spiral knife rollers; flat paw needle wheels; spring levelers, spiral-slatted roller.

УДК 631.312.65

Лепешкин, Н.Д. **Результаты исследований работы агрегата для безотвальной обработки почв АБТ-4** / Н.Д. Лепешкин, И.И. Федорович, А.Н. Юрин, Н.С. Высоцкая // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 37–41.

В статье приводятся результаты исследований работы агрегата для безотвальной обработки почв АБТ-4. Установлено, что он соответствует своему функциональному назначению и в полной мере удовлетворяет агротехническим требованиям к поверхностной глубокой безотвальной обработке. – *Рис. 6, библиогр. 3.*

Lepeshkin N.D., Fedorovich I.I., Yurin A.N., Vysockaya N.S.

Results of the researches of unit work for subsurface soil treatment АБТ-4

The paper presents the results of research work unit for subsurface soil treatment АВТ-4. It is established that it meets its functional purpose and fully meets the agrotechnical requirements for surface treatment of the deep subsurface.

УДК 631.31

Лепешкин, Н.Д. **Обоснование комплекса машин для обработки почвы и посева на склоновых землях** / Н.Д. Лепешкин, А.А. Точичский, В.В. Мижурин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 42–47.

Статья описывает особенности обработки эродированных почв и комплекс машин для проведения противоэрозионных мероприятий. – *Рис. 4, библиогр. 4.*

Lepeshkin N.D., Tochitskii A.A., Mizhurin V.V.

Justification of a set of machines for soil and planting on sloping lands

The article describes the features of eroded soil and processing complex machines for erosion control measures.

УДК 631.33.022.1

Лепешкин, Н.Д. **Результаты исследования условий эксплуатации лопатки нагнетателя посевного материала** / Н.Д. Лепешкин, А.Л. Медведев, В.В. Мижурин, Д.В. Зубенко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С.48–51.

Обоснована необходимость применения нагнетателя при высеве семян кормовых трав. Разработана методика построения профиля лопатки нагнетателя. – *Рис. 2, библиогр. 2.*

Lepeshkin N.D., Medvedev A.L., Mizhurin V.V., Zubenko D.V.

The results of study of the conditions of operation of supercharger blade of sowing material

The necessity of use of a supercharger for seeding forage grasses is justified. A method for the construction of the supercharger blade profile is developed.

УДК 631.531.011

Лепешкин, Н.Д. **Исследование усадки семян кормовых трав** / Н.Д. Лепешкин, Ю.Л. Салапура, В.В. Мижурин, Д.В. Зубенко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 51–54.

В результате экспериментальных исследований получены значения коэффициента усадки, которые могут быть использованы при расчете геометрических и эксплуатационных параметров дозирующего устройства с активными элементами для высева трудносыпучих семян кормовых трав. – *Рис. 2, табл. 1, библиогр. 1.*

Lepeshkin N.D., Salapura Y.L., Mizhurin V.V., Zubenko D.V.

Investigation of shrinkage of seeds of forage grasses

As a result of experimental studies have provided values of shrinkage that can be used in the calculation of geometrical and operational parameters of the dosing device with activating elements for sowing seeds badrain forage grasses.

УДК 631.356-52

Буяшов, В.П. **Автоматическое вождение сельскохозяйственных агрегатов по узкопрофильным гребням при возделывании пропашных культур** / В.П. Буяшов, Г.Ч. Калей, В.Е. Кругленя, В.М. Бурдыко, Й. Моска, Т. Шольц, Ф. Нойманн, У. Поллекс // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 54–64.

В статье рассмотрены системы автоматического вождения сельскохозяйственных агрегатов для растениеводства. Изложена конструкция простой гидромеханической и электрогидравлических систем, принцип их работы, систем параллельное вождение по технологии GPS. Приведены результаты исследований точности вождения самоходного картофелеуборочного комбайна КСК-4 на различных скоростях движения. – *Рис. 3, табл. 1, библиогр. 8.*

Buyashov V.P., Kalei G.C., Kruglenja V.E., Burdyko V.M.,
Mosca J., Scholz T., Neumann F., Polleks W.

Automatic driving of agricultural machines for narrow profile ridges in row crops growing

The systems of automatic driving of agricultural units for plant growing are considered in the article. The design of a simple hydro mechanical system and a principle of work of the systems which are carrying out parallel driving on technology GPS is stated. Results of researches of accuracy of driving self-propelled potato combine KSK-4 on various speeds of movement are resulted.

УДК 631.374

Смирнов, А.Н. **Расчет некоторых кинематических и динамических параметров погрузочного оборудования одноковшового фронтального погрузчика** / А.Н. Смирнов, Н.Д. Лепешкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 64–68.

В статье рассматриваются безрычажные гидромеханизмы подъема стрелы и поворота рабочего органа одноковшового фронтального погрузчика.

Приведены методика расчета на ЭВМ некоторых кинематических и динамических параметров при синтезе кинематики погрузочного оборудования, сведения об эффективности методики, практической реализации и рекомендации по ее применению. – *Рис. 1, библиогр. 3.*

Smirnov A.N., Lepeshkin N.D.

Calculation of some kinematic and dynamic parameters of the loading equipment one ladle a face-to-face loader

Are considered rodless hydromechanisms of lifting of an arrow and turn of working body of a single-bucket frontal a face-to-face loader in the article. Design procedure on the computer of some kinematic and a dynamic of parameters at synthesis of kinematics of the loading equipment, data on efficiency of a technique, practical realization and recommendation on its application are given.

УДК 631.374:621.86.072

Смирнов, А.Н. **Выбор рациональных координат установки гидроцилиндров подъема стрелы погрузчика** / А.Н. Смирнов, Н.Д. Лепешкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 68–71.

В статье рассматриваются безрычажные гидромеханизмы подъема стрелы одноковшового фронтального погрузчика. Приведена методика выбора рациональных координат установки гидроцилиндров подъема стрелы исходя из конструктивных соображений, практической реализации и рекомендаций по ее применению. – *Рис. 2, библиогр. 1.*

Smirnov A.N., Lepeshkin N.D.

Choice of rational coordinates installation of hydraulic cylinders lift the loader

In the article the linkage-less single-bucket gidromechanisms boom front loader. The technique of choosing rational coordinates installation boom cylinders based design considerations, implementation and recommendations for its use.

УДК 631.374:621.879.326

Смирнов, А.Н. **Система слежения и управления рабочим органом одноковшового фронтального погрузчика** / А.Н. Смирнов, Н.Д. Лепешкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 72–75.

В статье рассматривается система слежения и управления рабочим органом одноковшового фронтального погрузчика, сочетающая достоинства перекрестного и параллелограммного рычажных механизмов, обеспечивающая кинематическое сохранение уровня рабочего органа, максимальное использование функциональных возможностей ковшового гидроцилиндра, а также осуществление возможности автоматического возврата ковша в положение черпания. – *Рис. 2, библиогр. 3.*

Smirnov A.N., Lepeshkin N.D.

System monitor and control the working body of single bucket frontend loader

The article considers the system of tracking and controlling the working body of single bucket frontend loader which combines dignity and cross the parallelogram lever mechanism, provide a floating kinematic preservation of the level of the working body, the maximum use of the functional capabilities of the bucket hydraulic cylinder, as well as the realization of the possibility of automatic return of the bucket.

УДК 6363.521:677.021/051

Бобровская, И.Е. **Обоснование взаимного расположения слоя льнотресты и дисков в слоеформирующей машине** / И.Е. Бобровская // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 76–82.

В статье изложен метод и результаты экспериментальных исследований утонения слоя льнотресты в слоеформирующей машине. Обоснованы рациональное расположение зубчатых дисков на валах и необходимость изменения расположения слоя на конвейерном столе в зависимости от длины стеблей в слое. – *Рис. 4, табл. 2, библиогр. 8.*

Bobrovskaya I.E

The experimental research on a substantiation of rational discs location on axles and flax straw layer in layer-making machine

Method and the results of the experimental researches of the thinning process of flax layer in layer-making machine are given in the article. The rational discs location on axles and necessary changing of flax straw layer location on conveyor according to the culm length are proved.

УДК 677.021

Кислов, Е.В. **Моделирование контура сечения мяльных вальцов** / Е.В. Кислов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012 – Вып. 46. – С. 82–89.

В статье приводятся результаты выполненных теоретических исследований моделирования мяльных вальцов. Разработан алгоритм моделирования вальцов мяльной пары. – *Рис. 3, табл. 1, библиогр. 5.*

Kislov E.V.

The contour's section of the breaking rollers modeling

The results of the contour's section of the breaking rollers modeling theoretical researches are given in the article. The modeling algorithm of the breaking pare is developed.

УДК 631.352

Трибуналов, М.Н. **Сравнительная оценка эффективности технологий уборки льна** / М.Н. Трибуналов, М.М. Гарост // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 89–93.

Получена модель оценки эффективности технологий уборки льна с использованием технико-экономических показателей. Являясь универсальной, она может применяться для выбора оптимального комплекса машин при возделывании и уборке льна, а также других сельскохозяйственных культур. – *Рис. 1, табл. 2, библиогр. 3.*

Tribunalov M.N., Garost M.M.

Comparative evaluation of technologies of flax harvest

Model of evaluation of effectiveness of technology of flax harvesting using techno-economic parameters is made. It is universal and can be used to select the optimal set of machines in the cultivation and harvesting of flax, and other crops.

УДК 633.854.54:631.365.2

Лачуга, Ю.Ф. **Повышение эффективности процесса сушки льняного вороха** / Ю.Ф. Лачуга, М.М. Ковалев, А.П. Апыхин, В.П. Чеботарев, В.М. Изойтко, А.В. Новиков, Т.А. Непарко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 94–100.

В статье изложен метод и результаты экспериментальных исследований процесса сушки льновороха с применением вибрационных воздействий, а также в циклическом режиме. Обоснованы рациональные параметры процесса сушки льновороха. – *Рис. 2, табл. 1, библиогр. 4.*

Luchuga Y.F., Kovaliov M.M., Apyhin A.P., Chebotarev V.P., Izoitko V.M.,
Novikov A.V., Neparko T.A.

Increase of the efficiency of flax pile drying process

The method and the results of the experimental researches of the flax pile drying process, used together with vibration effect and in cyclic regime are given in the article. The rational parameters of drying process are proved.

УДК 631.563.2:677.11

Ковалев, М.М. **Ресурсосберегающая технология сушки и переработки льняного вороха** / М.М. Ковалев, А.Г. Тарлецкий, В.П. Чеботарев, В.М. Изойтко, А.В. Новиков, Т.А. Непарко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 100–103.

В статье на основании теоретических расчетов обоснованы преимущества сушки льняного вороха в штабелях. Предложена ресурсосберегающая технология сушки и переработки льняного вороха. – *Рис. 3, табл. 1.*

Kovaliov M.M., Tarlecky A.G., Chebotarev V.P., Izoitko V.M., Novikov A.V.,
Neparko T.A.

Resource-saving technology of flax pile drying and processing

In the article on the result of theoretical prediction the advantages of flax pile drying process using stacks are proved. The resource-saving technology of flax pile drying and processing is proposed.

УДК 631.358.02:633.52

Ковалев, М.М. **Влияние ширины захвата теребильной секции на показатели качества ее работы** / М.М. Ковалев, С.В. Просолов, В.П. Чеботарев, С.Ф. Лойко, А.В. Новиков, Т.А. Непарко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 104–111.

В статье приведены результаты экспериментальных исследований влияния ширины захвата секции теребильного аппарата льноуборочных машин на растянутость стеблей в ленте, показатели разрывной нагрузки стеблей, содержание луба и выход длинного волокна. – *Рис. 4, табл. 5, библиогр. 10.*

Kovalev M.M., Prosolov S.V., Chebotarev V.P., Loyko S.F.,
Novikov A.V., Neparko T.A.

Effect of grip width uprooting device on the quality of its work

Results of experimental studies of the effect of section width uprooting device flax machines on a stretched stalks in the tape, the breaking load figures stems, content and output of long baste fibers article are given in the articles.

УДК 631.358.02:633.52

Ковалев, М.М. **Влияние параметров теребильной секции на выход и качество волокна** / М.М. Ковалев, В.П. Чеботарев, С.Ф. Лойко, А.В. Новиков, М.М. Трибуналов, Т.А. Непарко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 111–116.

В статье представлены результаты экспериментальных исследований по влиянию параметров теребильного аппарата льноуборочного комбайна на качественные показатели процесса уборки льнотресты. Определен допустимый показатель давления в ручье, при котором будет получен оптимальный выход длинного волокна. – *Рис. 4, библиогр. 5.*

Kovalev M.M., Chebotarev V.P., Loyko S.F., Novikov A.V.,
Tribunalo M.M., Neparko T.A.

Effect of the parameters of uprooting device on output and fiber quality

The results of experimental studies on the effect of parameters of the device uprooting flax combine to the qualitative characteristics of the process of harvesting flax are given in the article. Permissible pressure in the creek which will get the optimal output of long fibers is defined.

УДК 631.352.2/352.5

Бакач, Н.Г. **Механизация процессов подкашивания лугопастбищных угодий: современные технические решения** / Н.Г. Бакач, А.Н. Басаревский, И.Е. Мажугин // Механизация и электрификация сельского хозяйства:

межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 116–122.

В статье дан анализ технических средств для подкашивания лугопастбищных угодий. – *Рис. 11, библиогр. 4.*

Bakach N.G., Basareuski A.N., Mazhuhin I.E.

Mechanization processes of meadows cutting: modern technical decisions

Analysis of technical means for meadows cutting is are given in the article.

УДК 633.03:626.862

Басаревский, А.Н. **Горизонтальный дренаж: классификация и конструктивные особенности** / А.Н. Басаревский, И.Е. Мажугин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 122–130.

В статье описаны конструктивные особенности горизонтального дренажа, приведена его классификация. – *Рис. 6, табл. 2, библиогр. 4.*

Basareuski A.N., Mazhuhin I.E.

Horizontal drainage: classification and design features

Design features of a horizontal drainage are described in article, its classification is resulted.

УДК 631.356/358

Буяшов, В.П. **Машины для уборки корнеплодов и луковичных культур** / В.П. Буяшов, И.В. Горбачев, Г.Н. Портянко, В.А. Родионов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 130–138.

Основная задача при выращивании корнеплодов и луковичных культур – повышение урожайности и снижение затрат труда и средств.

Применяемые в настоящее время машины для уборки этих культур при оборудовании их сменными рабочими органами значительно увеличивают производительность и более универсальны. – *Рис. 4, табл. 1, библиогр. 9.*

Bujashov V.P., Gorbotschjov I.V., Portjanko G.N., Rodionov V.A.

Cars for cleaning of root crops and bulbous cultures

The main goal at cultivation of root crops and bulbous cultures – increase of productivity and manning decrease and means.

The cars which now use for cleaning of root crops and bulbous cultures at the equipment their which seed working bodies considerably increase productivity and are more universal.

УДК 631.362.333:635.21

Дашков, В.Н. **Влияние сортовых особенностей клубней картофеля на величину коэффициента адгезии загрязнений** / В.Н. Дашков, А.С. Воро-

бей // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 138–144.

В статье рассмотрены вопросы влияния сортовых особенностей клубней картофеля на коэффициент адгезии. – *Рис. 2, табл. 4, библиогр. 3.*

Dashkov V.N., Verabei A.S.

The influence of the varieties of potatoes on the coefficient of adhesion of dirt

The questions of the influence of the varieties of potatoes on the coefficient of adhesion of dirt are considered in the article.

УДК 631.362.35:635.21

Комлач, Д.И. **Технологическая линия для послеуборочной доработки картофеля** / Д.И. Комлач, А.С. Воробей, А.В. Белько // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 144–149.

В статье приведено описание конструкции новой усовершенствованной технологической линии для послеуборочной доработки картофеля. – *Рис. 9.*

Komlach D.I., Verabei A.S., Belko A.V.

Technological line for postharvest potatoes

The article describes the design of a new advanced technological lines for postharvest potatoes.

УДК 631.356:635.132(476)

Рапинчук, А.Л. **Обоснование схемы морковуборочной машины** / А.Л. Рапинчук, Д.И. Комлач, В.В. Голдыбан, И.А. Барановский // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 149–155.

В статье рассмотрены проблемные вопросы возделывания моркови в Республике Беларусь. Изложены основные требования, которым должны удовлетворять морковуборочная техника и которые ложатся в основу расчета. Проведен анализ способов уборки и предложена перспективная схема морковуборочной машины теребильного типа. – *Рис. 3, табл. 1, библиогр. 3.*

Rapinchuk A.L., Komlach D.I., Goldyban V.V., Baranovsky I.A.

Rationale for cleaning machine patterns carrot

The article deals with the problematic issues of growing carrots in the Republic of Belarus. The basic requirements that should be satisfied that carrotsharvesting technique and form the basis of calculation. The analysis of the ways to harvest. We propose a promising scheme carrotsharvesting terebilnogo machine type.

УДК 631.348:378.663 (476.6)

Заяц, П.В. **Исследование эксплуатационных параметров комбинированного агрегата для сбора колорадского жука** / П.В. Заяц // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 155–160.

Приведены результаты исследований эксплуатационных параметров комбинированного агрегата для сбора колорадского жука и окучивания картофеля. В результате исследований получены аналитические зависимости для определения ширины лопастей рабочих органов, сопротивления передвижению агрегата, сменной производительности и вместимости технологической емкости с учетом особенностей выполнения технологического процесса. – *Библиогр. 2.*

Zayats P.U.

Investigation of operational parameters of the combined unit to take the Colorado potato beetle

The article describes results of studies on the operational parameters of the combined unit for Colorado potato beetle take and potato hilling. Width of the blade working parts, the resistance movement of the unit, performance per day and capacity of technological tank are determined as a result of analytical studies.

УДК 631.3-192

Пылило, И.С. **Выбор перспективного типа датчика для непрерывного измерения уровня топлива** / И.С. Пылило, В.К. Клыбик // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 160–166.

В статье рассмотрены основные типы уровнемеров, в результате проведенного анализа определены наиболее перспективные типы датчиков для непрерывного измерения топлива при эксплуатации машинно-тракторных агрегатов. – *Рис. 4, табл. 1, библиогр. 2.*

Pylylo I.S., Klybik V.K.

Choosing a promising type of sensor for continuous level measurement of fuel

The article describes the main types of level, and as a result of the analysis the most promising types of sensors for continuous measurement of the fuel in the operation of the machine and tractor units are considered.

УДК 631.3-192

Клыбик, В.К. **Ранжирование способов управления эксплуатационной надежностью сельскохозяйственной техники** / В.К. Клыбик, М.И. Новиков, А.В. Новиков // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 166–172.

В статье рассмотрены основные способы управления надежностью машин при эксплуатации. Представлены результаты ранжирования способов управления надежностью. – *Рис. 1, табл. 2, библиогр. 2.*

Klybik V.K., Novikov M.I., Novikov A.V.

Ranking of ways to manage the operational reliability of agricultural machinery

The main ways of management reliability of machines in operation are described in the article. The results of the ranking methods of reliability management are given.

УДК 631.3–192

Подшиваленко, И.Л. **Результаты исследования эксплуатационной надежности тракторов «Беларус-3022»** / И.Л. Подшиваленко, В.А. Хитрюк, М.А. Недосеко, М.В. Езапенко, В.К. Клыбик // *Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства».* – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 172–176.

В статье представлены результаты исследований эксплуатационной надежности 30 тракторов марки «Беларус-3022ДЦ», а также дается анализ этих результатов. – *Рис. 1, табл. 2, библиогр. 2.*

Podshivalenko I.L., Hitriuk V.A., Nedoseko M.A., Ezapenko M.V., Klybik V.K.

Results of the study of maintainability of tractors «Belarus-3022»

The results of 30 studies of maintainability tractors «Belarus-3022 DC» are showed in the article, and also the analysis of these results is given.

УДК 631.333.53

Голдыбан, В.В. **Обоснование основных конструктивно-кинематических параметров шнекового подающего устройства** / В.В. Голдыбан // *Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства».* – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 176–186.

В статье предложен метод расчета основных конструктивных и кинематических параметров шнекового подающего устройства, обеспечивающих стабильную и непрерывную работу устройства с заданной производительностью. – *Рис. 4, библиогр. 9.*

Haldyban V.V.

Substantiation of the basic constructive and kinematic parameters of a screw feeder device

The method of calculation of the basic constructive and kinematic parameters of the screw conveyor providing its working capacity with set productivity is offered in the article.

УДК 631.3:631.174

Бегун, П.П. **Исследование движения минеральных удобрений по лопасти барабана выравнивающего устройства** / П.П. Бегун // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 186–192.

В статье рассмотрен анализ работы лопастного барабана двухступенчатого выравнивателя потока удобрений, в результате которого получены уравнения, описывающие движение частицы по лопасти барабана в зависимости от угла поворота. По уравнениям построены номограммы для определения относительной скорости движения частицы по лопасти и угла схода частиц с последней. – *Рис. 3, библиогр. 5.*

Behun P.P.

Research of mineral fertilizers motion along drum blade of leveling device

The article presents an analysis of work of the blade drum of two-stage equalizer of fertilizers flow. As a result of analysis equations were obtained describing the motion of particles along the drum blade in relation to the angle of rotation. Equation-based nomograms have been made to rate the relative velocity of the particle movement along the blade and the angle of particles' descent from the latter.

УДК 631.333.6

Степук, Л.Я. **Результаты испытаний и экономическая эффективность аэратора-смесителя компостов АСК-4,5** / Л.Я. Степук, А.А. Лях, П.П. Бегун // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 192–196.

В статье изложены основные результаты проведенных испытаний аэратора-смесителя компостов АСК-4,5 и его экономическая эффективность. – *Табл. 1, библиогр. 2.*

Stepuk L.Y., Liakh A.A., Behun P.P.

Test results and cost-effectiveness of compost aerator-mixer ASK-4,5

The main results of the tests compost aerator-mixer ASK-4,5 and its economic efficiency are given in the article.

УДК 631.333.6

Лосик, С.В. **Обзор и анализ конструкций машин для внесения твердых органических удобрений** / С.В. Лосик, С.Н. Конончук // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 196–200.

В статье рассмотрены требования к выполнению технологических операций при внесении органических удобрений, указаны преимущества и не-

достатки конструкций машин для внесения твердых органических удобрений. – *Рис. 3, библиогр. 6.*

Losik S.V., Kononchuk S.N.

Review and analysis of machines construction for introduction of firm organic fertilizers

The requirements for the implementation of technological operations for application of organic fertilizers are considered in the article, advantages and disadvantages of machine design for introduction of firm organic fertilizers are given.

УДК 631.365.22

Иванов, А.И. **Расчет параметров контейнера для низкотемпературной сушки зерна** / В.П. Чеботарев, И.В. Барановский, А.И. Иванов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 201–205.

Обоснованы основные параметры зернового контейнера, определяющие время его опорожнения: высота слоя зерна в контейнере, величина выпускного отверстия и угол образующей высыпающего конуса. Рассчитано полное время опорожнения зернового контейнера, которое прямо пропорционально площади его основания и обратно пропорционально площади выпускного отверстия, а также зависит от высоты слоя и величины ускорения свободного падения. – *Рис. 2, библиогр. 2.*

Chebotarev V.P., Baranouski I.V., Ivanov A.I.

Calculation of parameters of the container for low-temperature drying of grain

The main parameters of the grain container are proved, it's emptying defining time: height of a layer of grain in the container, size of a final opening and a corner forming a pour out cone. The total time of an emptying of the grain container which in direct ratio the areas of its basis and in inverse proportion to the area of a final opening, and also depends on height of a layer and size of acceleration of a free fall is calculated.

УДК 631.365.22

Иванов, А.И. **Расчет тепловых потерь пневмосистемы сушки контейнерной для малых партий семян ССК-16** / В.П. Чеботарев, И.В. Барановский, А.А. Перепечев, А.И. Иванов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 205–212.

В настоящей статье рассмотрены особенности расчета тепловых потерь неизолированными воздуховодами сушки контейнерной и предложена практическая методика выполнения расчета. Данный расчет производится для определения расхода тепла на 1 килограмм испаренной влаги и определения необходимости использования теплоизоляции в воздуховодах сушилки. – *Библиогр. 6.*

Chebotarev V.P., Baranouski I.V., Perepechaev A.A., Ivanov A.I.

Calculation of thermal losses of a pneumatic system of the dryer container for small parties of seeds SSK-16

In the present article features of calculation of thermal losses by not isolated air lines of the dryer container are considered and the practical technique of performance of calculation is offered. It is made for definition of an expense of heat on 1 kg of the evaporated moisture and determination of need of use of a thermal insulation in dryer air lines.

УДК 631.331.022

Синяк, С.О. **О проблеме уборки обрезанных веток плодовых деревьев в Республике Беларусь и пути ее решения** / С.О. Синяк, А.Н. Юрин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 212–215.

Проведен анализ состояния вопроса механизации технологической операции уборки обрезанных ветвей в саду. Показана актуальность создания комплекса уборки веток, совмещающего процессы валкования и измельчения ветвей. – *Рис. 1, табл. 1, библиогр. 2.*

Siniak S.O., Yuryn A.N.

Situation on the mechanization of harvesting the branches of fruit trees in the Republic of Belarus

The analysis of the issue of mechanization of harvesting operations technology circumcise branches in the garden is done. The urgency of creating a complex cleaning processes combining branches windrowing and chopping branches is shown.

УДК 631.145:631.3

Ленский, А.В. **Реализация приоритетных направлений развития отечественного сельхозмашиностроения – основа обеспечения высокого уровня конкурентоспособности предприятий АПК** / А.В. Ленский, Е.И. Михайловский, В.Е. Лагерь // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 216–222.

В статье рассмотрены вопросы приоритетного развития отечественного сельхозмашиностроения, дан анализ состава и структуры парка тракторов, комбайнов и основных сельскохозяйственных машин в стране, предложены пути разработки стратегии формирования технического потенциала отрасли, базирующейся на экономической оценке эффективности новейших разработок. – *Рис. 2, табл. 2, библиогр. 5.*

Lenskiy A.V., Michailovskiy E.I., Lager V.E.

Implementation of priority directions of development of the domestic agricultural machinery – the basis of a high level of competitiveness of AIC enterprises

The article considers questions of priority development of the domestic agricultural engineering, the analysis of the composition and structure of tractors, combines, basic agricultural machinery in the country and the ways of development of technical capacity-building strategy for the industry that based on an economic assessment of the effectiveness of the latest developments are offered.

УДК 001.895

Михайловский, Е.И. **Инновационное развитие как составляющая формирования конкурентоспособности АПК** / Е.И. Михайловский, В.Е. Лагерь // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 223–232.

В статье приведен анализ понятия «инновация» в целом и применительно к АПК, анализ условий и факторов, влияющих на инновационное развитие АПК, определены факторы, способствующие инновационному развитию АПК Беларуси. – *Табл. 2, библиогр. 5.*

Michailovskiy E.I., Lager V.E.

Innovative development as part of the formation of the competitiveness of AIC

The article gives the concept of «innovation» as a whole and in relation to AIC, the analysis of the conditions and factors that affect to the innovative development of AIC; the factors that contribute to the innovative development of AIC of Belarus are estimated.

УДК 637.1.02

Китиков, В.О. **Базовые условия развития научно-технического уровня технологического оборудования для производства молока** / В.О. Китиков // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 232–240.

Сформулированы базовые условия для реализации научной концепции системы машинных технологий, адаптированных к физиологическим состояниям животных. Предложена новая методика построения системы машин для молочного животноводства, основанная на формировании эффективного модельного ряда доильных установок исходя из комплексного анализа производственно-климатических условий получения молока, с последующим формированием технологических комплектов оборудования для МТФ и МТК. Выделены и обоснованы основные направления развития нормативно-технической базы молочного животноводства. – *Рис. 4, библиогр. 3.*

Kitikov V.O.

Basic terms of the development of scientific and technical level of equipment for the production of milk

The basic conditions for the implementation of the scientific concept of machine technologies, adapted to the physiological condition of the animal are formulated. A new technique for the construction of machines for the dairy based on the formation of an effective range of milking machines based on a comprehensive analysis of industrial and climatic conditions produce milk, followed by the formation of technological equipment kits for the dairy farm and dairy complex is given. The main directions of development of the regulatory framework of dairy farming are identified and validated.

УДК 631.364.1/2:636.085.51/.52

Лабоцкий, И.М. **Технологии и комплексы машин для заготовки кормов с упаковкой в полимерные материалы** / И.М. Лабоцкий, А.В. Ленский, И.М. Ковалева // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 240–247.

В статье описаны разновидности технологии и машины для заготовки кормов с упаковкой в полимерные материалы, рукава и пленку. Приведены расчеты экономической эффективности способов заготовки кормов. – *Табл. 2, библиогр. 8.*

Labotsky I.M., Lensky A.V., Kovaleva I.M.

Technologies and machine systems of for fodders with packing in polymeric materials

Versions of technology and the machines for preparation of forages with packing in polymeric materials, sleeves and a film are described in the article. Calculations of economic efficiency of ways of preparation of forages are given.

УДК 631.363:636.085.52

Лабоцкий, И.М. **Комплекс машин для силосования свекловичного жома** / И.М. Лабоцкий, А.В. Ленский, И.М. Ковалева // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 247–252.

В статье приведена кормовая ценность жома, описаны способы его консервирования. Определена эффективность процессов закладки на хранение в зависимости от применяемых машин. – *Рис. 2, табл. 3, библиогр. 3.*

Labotsky I.M., Lensky A.V., Kovaleva I.M.

Machine complex for sugar beet pulp silage

The efficiency of the processes of tab for storage depending on the used cars is estimated. Feeding value of beet pulp is given in the article, the, ways of its preserving are described.

УДК 631.363.636

Новиков, А.В. **Определение количества транспортных средств в уборочно-транспортном отряде при заготовке кормов** / А.В. Новиков, Т.А. Непарко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: меж-

вед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 253–258.

Статья посвящена проблеме выбора рационального количества транспортнх средств при уборке сельскохозяйственных культур в природно-производственных условиях Республики Беларусь и конкретных условиях сельскохозяйственного производства. Разработана методика, позволяющая более рационально использовать сельскохозяйственную технику, снизить себестоимость кормов, улучшить их качество путем сокращения времени ожидания кормоуборочного комбайна, уборки в целом и закладки кормов на хранение. – *Табл. 1, библиогр. 4.*

Novikov A.V., Neparko T.A.

Definition of quantity of vehicles in harvest and transport group at forages preparation

The article is devoted to the rational choice of the number of vehicles during harvesting of crops in natural and industrial conditions of the Republic of Belarus and the specific conditions of agricultural production. The technique which allows more efficient to use agricultural equipment, reduce the cost of forages, improve their quality by reducing the waiting time of forage harvester, harvest time and time of laying of forages on storage.

УДК 636.4: 631.363.7

Крылов, С.В. **Методика расчета вместимости смесителя для жидкого кормления свиней** / С.В. Крылов, И.И. Гируцкий, М.В. Навныко, А.А. Жур, Ю.А. Кислый // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 258–266.

В статье обоснована необходимость разработки методики расчета вместимости смесителя для жидкого кормления свиней. – *Рис. 2, библиогр. 4.*

Krylov S.V., Girutsky I.I., Navnyko M.V., Zhur A.A., Kisly Y.A.

Design procedure of capacity of the mixer for liquid feeding of pigs

The substantiation of necessity of the design procedure of capacity of the mixer for liquid feeding of pigs is substantiated in the article.

УДК 621.926:621.927

Михайлов, В.А. **Результаты исследования рабочего процесса молотковой дробилки ВД-1** / В.А. Михайлов, Н.П. Киселева, А.С. Алферов, Е.С. Кочегура // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 266–272.

Приведены рациональные значения механических, технологических и конструктивных параметров дробилки кормов с вертикальным валом ротора ВД-1. – *Рис. 3, табл. 2, библиогр. 2.*

Mikhailov V.A., Kiselyova N.P., Alferov A.S., Kochegura E.S.

The results of the research of workflow of hammer mill VD-1

Rational meanings of the mechanical, technological and design parameters of feed mills with vertical rotor shaft are given.

УДК 636.087.6

Чумаков, В.В. **Получение белковой кормовой добавки методом экструдирования** / В.В. Чумаков, А.Л. Тимошук // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 272–278.

К новейшим приемам переработки биологических отходов относятся экструзионные технологии. Развитие экструзионной техники позволило предложить новые способы утилизации отходов пищевой промышленности, зверохозяйств, свиноводства и птицеводства.

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» с целью сокращения объемов закупок белковых компонентов (рыбная мука), входящих в состав комбикорма, при имеющейся необходимости рационального и эффективного использования сырьевой базы птицефабрик разработал технологию и комплект оборудования для получения протеиновой кормовой добавки из боенских отходов и пера птицы, технологическая схема которого представлена в статье. – *Рис. 1, табл. 1, библиогр. 2.*

Chumakov V.V., Timoshuk A.L.

Getting protein feed additive by extrusion coding

The most recent methods of processing organic waste are extrusion technologies. Development of extrusion technology has allowed the propose to new ways to waste food, beast-farms, pigs and poultry.

SUE «SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization» in order to reduce the volume of purchases of protein components (fish meal), make up the feed, available in the rational and efficient use of raw materials and developed technology of poultry equipment set for protein feed supplement of bo-Feminized waste and feather birds, the flowsheet is presented in the article.

УДК 631.363

Кузьмицкий, А.В. **Применение электризации технологических жидкостей при заготовке кормов** / А.В. Кузьмицкий, Ю.М. Урамовский, Т.В. Бойко, П.В. Авраменко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 278–286.

В статье приводится анализ способов и устройств, применяемых для электризации распыляемых технологических жидкостей. С целью снижения потерь при хранении кормов предлагаются способ и устройство для внесения жидких консервантов на кормоуборочном комбайне с дополнительной электростатической зарядкой. – *Рис. 9, библиогр. 25.*

Kuzmitsky A.V., Uramovsky U.M., Boiko T.V., Auramenka P.V.

The usage of electrostatic of technological liquids with workpiece of feed

This article provides an analysis of methods and devices which are used for the electrification of spraying liquids process. In order to reduce losses during storage of feed it is provided a method and device for liquid preservatives on forage harvesters with additional electrostatic charging.

УДК 636. 085.68

Винницки, С. **Организационно-методические вопросы планирования состава кормосмесей для молочных коров** / С. Винницки, Е.Л. Юговар, В.О. Китиков // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 286–294.

Проведено исследование с применением полнорационных смесей. Стадо из 240 коров разделили на 4 группы: 3 из них находились в периоде лактации и 1 в сухостойном периоде. Был подготовлен кормовой рацион для получения 40 кг молока в группе 1, 28 кг молока в группе 2 и 20 кг молока в группе 3. В первый период лактации коров-первотелок держали вместе с многократно телившимися. Содержание первотелок вместе со старшими коровами не повлияло на энергетический и белковый баланс животных, разделение стада на кормо-технологические группы позволило применить единый рацион в течение всего года и обеспечить рациональное использование концентратов.

Результат свидетельствует, что эта система распределения питания позволяет содержать коров первой лактации со старшими без снижения уровня производительности. – *Рис. 3, табл. 5, библиогр. 12.*

Vinnitski S., Jugovar E.L., Kitikov V.O.

Methodical-organizational questions of feed mixture planning for milk cow

Research with the complete ration mixtures is done. The herd of 240 cows was divided into 4 groups, where 3 of them were during lactation and 1 was during dry period. The feed ration was set to achieve production level of 40 kg of milk in group 1, 28 kg of milk in group 2 and 20 kg of milk in group 3. First lactation cows were kept together with older ones. Milk productivity and protein amount were analyzed as characteristic factors of the feed intake energy, while urea level, as protein accessibility factor.

The result indicates that this feed distribution system allows to keep first lactation cows with older ones without their productivity level decrease.

УДК 636.084.74/.75

Винницки, С. **Надежность работы оборудования для кормления и поения племенных кур мясного направления** / С. Винницки, М. Холевички, Е.Л. Юговар, В.О. Китиков // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. С. 295–302.

Проанализировано влияние вида и технического состояния оборудования на надежность действия системы кормления и поения кур; определено, что главной причиной аварий системы кормления является попадание металлических частей машин и механизмов в корм при его изготовлении, а также соломы из подстилки; выявлено, что возможны аварийные сбои в системе поения при применении с водой лекарственных и минеральных добавок. – *Табл. 4, библиогр. 8.*

Vinnitski S., Holevitski M., Jugovar E.L., Kitikov V.O.

Reliability of equipment for feeding and watering breeding chickens for meat

Influence of the form and condition of equipment on the reliability of the system feeding and watering chickens is analyzed, it is determined that the main cause of accidents feeding system is to hit the metal parts of machinery and also mechanisms to feed in its manufacture, and the litter of straw, it is found out that alarm system crashes when using drinking water with medicinal and mineral supplements are possible.

УДК 621.65

Латушко, М.И. **Основные тенденции применения насосного оборудования для удаления и утилизации навоза** / М.И. Латушко, А.Ю. Башко, Ю.А. Башко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 303–310.

Обозначены основные проблемы, касающиеся импортозамещения насосного оборудования на рынке Республики Беларусь, а также возможные направления улучшения сложившегося положения. – *Рис. 3, библиогр. 8.*

Latushko M.I., Bashko H.J., Bashko J.A.

The main trends of usage of pumping equipment for removal and utilization of manure

The major issues concerning the import of equipment pumps on the market of the Republic of Belarus and also, the possible ways to improve the situation are considered.

УДК 621.43.001.4

Тимошенко, В.Я. **Методы повышения безотказности гидрооборудования техники** // В.Я. Тимошенко, А.В. Новиков, Д.А. Жданко, Т.М. Шмат // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 310–316.

Статья посвящена проблеме повышения безотказности и долговечности гидрооборудования техники. Представлен обзор устройств, предупреждающих загрязнение гидробаков, рассмотрены их достоинства и недостатки. – *Рис. 6, табл. 1, библиогр. 6.*

Timoshenko V.Ya., Novikov A.V., Zhdanko D.A., Shmat T.M.

Methods of increase of non-failure operation of the hydroequipment of technics

The article is devoted to a problem of increase of non-failure operation and durability of the hydroequipment of technics. The review of devices of hydrotanks warning pollution is presented, their merits and demerits are considered.

УДК 534.142

Новосельцева, Д.В. **Влияние пульсаций температуры на макрокинетику реакций при термической очистке вентвыбросов объектов сельского хозяйства** / Д.В. Новосельцева // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 317–323.

В статье проанализировано влияние колебаний температуры на скорость химической реакции при пульсирующем горении. Получены зависимости относительного прироста скорости реакции от энергии активации при разных порядках реакции и амплитудных значениях температуры. – *Рис. 5, библиогр. 6.*

Novoseltseva D.V.

The influence of temperature pulsations at the macrokinetics reactions by thermal treatment emissions from ventilation of agricultural facilities

In the article influence of fluctuations of temperature on speed of chemical reaction is analysed at pulsing burning. The dependences of the relative growth rate of the reaction of activation energy at different orders of reaction and peak values of the temperature are received.

УДК 620.91

Янчилин, П.Ф. **Гелиоустановка «Луч» для малых и средних теплопотребителей** / П.Ф. Янчилин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 324–333.

На сегодняшний день существующие различные конструкции для улавливания энергии Солнца являются дорогостоящими и сложными сооружениями, что препятствует их широкому использованию. Решить данную проблему можно как изучением энергетических процессов, так и созданием новых принципиальных схем и конструкций гелиосистем. Дана качественная оценка энергетических процессов в гелиоустановке «Луч», позволяющая оценить важные параметры – температуру, расход теплоносителя, величину поверхности теплоприемника – при ее проектировании для нужд отопления, горячего водоснабжения и хладоснабжения в сельском хозяйстве. – *Рис. 2, табл. 3, библиогр. 7.*

Yanchilin P.F.

Solar power plant «Luch» for small and medium heatconsumers

For today existing various designs for catching of sun energy are expensive and complex constructions that interferes with their wide use. To solve the given problem is possible both studying of power processes, and creation of new basic schemes and designs solar power plants. Quality standard of power processes in a solar power plant the «Luch» is given, it allows to estimate the important parameters – temperature, the heat-carrier expense, size of a surface of a heat receiver – at its designing for needs of heating, hot water supply and cooling in agriculture.

УДК 631.234:628.8/9

Ловкис, В.Б. **Современный подход к отоплению теплиц** / В.Б. Ловкис, Н.А. Деменок, О.В. Ловкис, О.Г. Мартинов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 334–342.

В статье приводятся результаты исследований различных способов обогрева теплиц и даются предложения по использованию наиболее эффективных и экономически выгодных из них. – *Рис. 1, табл. 1, библиогр. 5.*

Lovkis V.B., Demenok N.A., Lovkis O.V., Martinov O.G.

Modern approach to the heating of greenhouses

The results of studies of various ways of heating greenhouses are given and the suggestions for the most efficient and cost-effective one are provided.

УДК 63: 331.45

Федорчук, А.И. **К оценке прогнозирования безопасности труда в сельскохозяйственной отрасли** / А.И. Федорчук, В.Г. Андруш // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 342–347.

В статье на основе вероятностных методов рассмотрены вопросы оценки и прогнозирования производственного травматизма в сельскохозяйственных организациях. – *Библиогр. 6.*

Fedorchuk A.I., Andrush V.G.

To an estimation of forecasting of work safety in agricultural sector

The problems of estimation and prediction the industrial injuries in agricultural organizations. Were considered in the article on the basis of the probabilistic methods.

УДК 331.44

Гурина, А.Н. **Обоснование профессиональной успешности операторов мобильной сельскохозяйственной техники как показателя снижения производственного травматизма** / А.Н. Гурина, В.Н. Дашков, Л.В. Мисун // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед.

тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 348–353.

В статье приведена функциональная зависимость профессиональной успешности операторов мобильной сельскохозяйственной техники (МСХТ) от наиболее значимых психофизиологических показателей, влияющих на безопасность труда, что позволяет корректировать условия индивидуальной подготовки операторов МСХТ и прогнозировать риск травматизма. – *Рис. 3, табл. 4, библиогр. 3.*

Gurina A.N., Dashkov V.N., Misun L.V.

Substantiation of the professional success of mobile agricultural machinery as a measure to reduce industrial injuries

The article describes the functional dependence of the professional success of operators of mobile agricultural machinery (MAM) of the most important psycho-physiological parameters that affect the security of labor which allows to adjusting the conditions of the individual operator training MAM and predict the risk of injury.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| <i>Тоцицкий А.А., Лепешкин Н.Д., Костюков П.П., Козлов Н.С.</i> Почвовлагодоберегающие технологии и средства механизации обработки легких почв в Республике Беларусь | 3 |
| <i>Якубович А.И., Тарасенко В.Е., Жешко А.А.</i> Оценка эффективности систем охлаждения двигателей мобильных машин | 10 |
| <i>Авдеев Ю.В., Кононов А.Д., Кононов А.А.</i> Разработка алгоритма определения координат в задаче дистанционного управления движением машинно-тракторных агрегатов | 24 |
| <i>Лепешкин Н.Д., Тоцицкий А.А., Высоцкая Н.С.</i> К вопросу обоснования типа рабочих органов для послеуборочного измельчения остатков длинностебельных культур | 31 |
| <i>Лепешкин Н.Д., Федорович И.И., Юрин А.Н., Высоцкая Н.С.</i> Результаты исследований работы агрегата для безотвальной обработки почв АБТ-4 | 37 |
| <i>Лепешкин Н.Д., Тоцицкий А.А., Мижурин В.В.</i> Обоснование комплекса машин для обработки почвы и посева на склоновых землях | 42 |
| <i>Лепешкин Н.Д., Медведев А.Л., Мижурин В.В., Зубенко Д.В.</i> Результаты исследования условий эксплуатации лопатки нагнетателя посевного материала | 48 |
| <i>Лепешкин Н.Д., Салапура Ю.Л., Мижурин В.В., Зубенко Д.В.</i> Исследование усадки семян кормовых трав | 51 |
| <i>Буяшов В.П., Калей Г.Ч., Кругленя В.Е., Бурдыко В.М., Моска Й., Шольц Т., Нойманн Ф., Поллекс У.</i> Автоматическое вождение сельскохозяйственных агрегатов по узкопрофильным гребням при возделывании пропашных культур | 54 |
| <i>Смирнов А.Н., Лепешкин Н.Д.</i> Расчет некоторых кинематических и динамических параметров погрузочного оборудования одноковшового фронтального погрузчика | 64 |
| <i>Смирнов А.Н., Лепешкин Н.Д.</i> Выбор рациональных координат установки гидроцилиндров подъема стрелы погрузчика | 68 |
| <i>Смирнов А.Н., Лепешкин Н.Д.</i> Система слежения и управления рабочим органом одноковшового фронтального погрузчика | 72 |
| <i>Бобровская И.Е.</i> Обоснование взаимного расположения слоя льнотресты и дисков в слоеформирующей машине | 76 |
| <i>Кислов Е.В.</i> Моделирование контура сечения мяльных вальцов | 82 |
| <i>Трибуналов М.Н., Гарост М.М.</i> Сравнительная оценка эффективности технологий уборки льна | 89 |

| | |
|--|-----|
| Лачуга Ю.Ф., Ковалев М.М., Аныхин А.П., Чеботарев В.П., Изоитко В.М., Новиков А.В., Непарко Т.А. Повышение эффективности процесса сушки льняного вороха | 94 |
| Ковалев М.М., Тарлецкий А.Г., Чеботарев В.П., Изоитко В.М., Новиков А.В., Непарко Т.А. Ресурсосберегающая технология сушки и переработки льняного вороха | 100 |
| Ковалев М.М., Просолов С.В., Чеботарев В.П., Лойко С.Ф., Новиков А.В., Непарко Т.А. Влияние ширины захвата теребильной секции на показатели качества ее работы | 104 |
| Ковалев М.М., Чеботарев В.П., Лойко С.Ф., Новиков А.В., Трибуналов М.М., Непарко Т.А. Влияние параметров теребильной секции на выход и качество волокна | 111 |
| Бакач Н.Г., Басаревский А.Н., Мажугин И.Е. Механизация процессов подкашивания лугопастбищных угодий: современные технические решения | 116 |
| Басаревский А.Н., Мажугин И.Е. Горизонтальный дренаж: классификация и конструктивные особенности | 122 |
| Буяшов В.П., Горбачев И.В., Портянко Г.Н., Родионов В.А. Машины для уборки корнеплодов и луковичных культур | 130 |
| Дашков В.Н., Воробей А.С. Влияние сортовых особенностей клубней картофеля на величину коэффициента адгезии загрязнений | 138 |
| Комлач Д.И., Воробей А.С., Белько А.В. Технологическая линия для послеуборочной доработки картофеля | 144 |
| Рапичук А.Л., Комлач Д.И., Голдыбан В.В., Барановский И.А. Обоснование схемы морковоуборочной машины | 149 |
| Заяц П.В. Исследование эксплуатационных параметров комбинированного агрегата для сбора колорадского жука | 155 |
| Пылило И.С., Клыбик В.К. Выбор перспективного типа датчика для непрерывного измерения уровня топлива | 160 |
| Клыбик В.К., Новиков М.И., Новиков А.В. Ранжирование способов управления эксплуатационной надежностью сельскохозяйственной техники | 166 |
| Подшиваленко И.Л., Хитрюк В.А., Недосеко М.А., Езапенко М.В., Клыбик В.К. Результаты исследования эксплуатационной надежности тракторов «Беларус-3022» | 172 |
| Голдыбан В.В. Обоснование основных конструктивно- кинематических параметров шнекового подающего устройства | 176 |
| Бегун П.П. Исследование движения минеральных удобрений по лопасти барабана выравнивающего устройства | 186 |

| | |
|--|-----|
| Степук Л.Я., Лях А.А., Бегун П.П. Результаты испытаний и экономическая эффективность аэратора-смесителя компостов АСК-4,5 | 192 |
| Лосик С.В., Конончук С.Н. Обзор и анализ конструкций машин для внесения твердых органических удобрений | 196 |
| Чеботарев В.П., Барановский И.В., Иванов А.И. Расчет параметров контейнера для низкотемпературной сушки зерна ... | 201 |
| Чеботарев В.П., Барановский И.В., Перепечаев А.А., Иванов А.И. Расчет тепловых потерь пневмосистемы сушилки контейнерной для малых партий семян ССК-16 | 205 |
| Синяк С.О., Юрин А.Н. О проблеме уборки обрешанных веток плодовых деревьев в Республике Беларусь и пути ее решения ... | 212 |
| Ленский А.В., Михайловский Е.И., Лагерь В.Е. Реализация приоритетных направлений развития отечественного сельхозмашиностроения – основа обеспечения высокого уровня конкурентоспособности предприятий АПК | 216 |
| Михайловский Е.И., Лагерь В.Е. Инновационное развитие как составляющая формирования конкурентоспособности АПК | 223 |
| Китиков В.О. Базовые условия развития научно-технического уровня технологического оборудования для производства молока | 232 |
| Лабоцкий И.М., Ленский А.В., Ковалева И.М. Технологии и комплексы машин для заготовки кормов с упаковкой в полимерные материалы | 240 |
| Лабоцкий И.М., Ленский А.В., Ковалева И.М. Комплекс машин для силосования свекловичного жома | 247 |
| Новиков А.В., Непарко Т.А. Определение количества транспортных средств в уборочно-транспортном отряде при заготовке кормов ... | 253 |
| Крылов С.В., Гируцкий И.И., Навыко М.В., Жур А.А., Кислый Ю.А. Методика расчета вместимости смесителя для жидкого кормления свиней | 258 |
| Михайлов В.А., Киселева Н.П., Алферов А.С., Кочегура Е.С. Результаты исследования рабочего процесса молотковой дробилки ВД-1 | 266 |
| Чумаков В.В., Тимошук А.Л. Получение белковой кормовой добавки методом экструдирования | 272 |
| Кузьмицкий А.В., Урамовский Ю.М., Бойко Т.В., Авраменко П.В. Применение электризации технологических жидкостей при заготовке кормов | 278 |

| | |
|---|-----|
| Винницки С., Юговар Е.Л., Китиков В.О. Организационно-методические вопросы планирования состава кормосмесей для молочных коров | 286 |
| Винницки С., Холевицки М., Юговар Е.Л., Китиков В.О. Надежность работы оборудования для кормления и поения племенных кур мясного направления | 295 |
| Латушко М.И., Башко А.Ю., Башко Ю.А. Основные тенденции применения насосного оборудования для удаления и утилизации навоза | 303 |
| Тимошенко В.Я., Новиков А.В., Жданко Д.А., Шмат Т.М. Методы повышения безотказности гидрооборудования техники | 310 |
| Новосельцева Д.В. Влияние пульсаций температуры на макрокинетику реакций при термической очистке вентвыбросов объектов сельского хозяйства | 317 |
| Янчилин П.Ф. Гелиоустановка «ЛУЧ» для малых и средних теплопотребителей | 324 |
| Ловкис В.Б., Деменок Н.А., Ловкис О.В., Мартинов О.Г. Современный подход к отоплению теплиц | 334 |
| Федорчук А.И., Андруш В.Г. К оценке прогнозирования безопасности труда в сельскохозяйственной отрасли | 342 |
| Гурина А.Н., Дашков В.Н., Мисун Л.В. Обоснование профессиональной успешности операторов мобильной сельскохозяйственной техники как показателя снижения производственного травматизма | 348 |
| Рефераты | 354 |

Научное издание

Механизация и электрификация сельского хозяйства

Межведомственный тематический сборник

Выпуск 46

Редактор А.С. Борейша
Ответственный за выпуск О.О. Дударев
Компьютерная верстка Н.С. Лаврентьева
Корректор С.Г. Пунько

Подписано в печать 10.10.2012. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 16,04. Уч.-изд. л. 15,13. Тираж 100 экз. Заказ 333.

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».
Ул. Кнорина, 1, корп. 3, 220049, Минск.
