



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 48
в 2 томах

Том 2

Минск
2014

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);

доктор технических наук, член-корреспондент, доцент В.В. Азаренко;

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

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

доктор технических наук, доцент И.И. Гируцкий;

кандидат технических наук, профессор В.П. Миклуш;

кандидаты технических наук, доценты Н.Г. Бакач, В.Н. Гутман, В.О. Китиков,

В.К. Клыбик, Н.Д. Лепешкин, М.Н. Трибуналов;

кандидаты экономических наук, доценты В.Г. Самосюк, Е.И. Михайловский;

кандидаты технических наук В.М. Изоитко, Н.Ф. Капустин, А.Л. Рапинчук;

кандидат экономических наук А.В. Ленский.

Рецензенты:

доктор технических наук, член-корреспондент, доцент В.В. Азаренко;

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

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

доктор технических наук, доцент 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 631.358

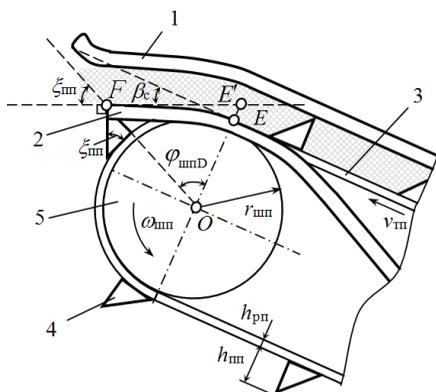
М.М. Ковалев,
Р.А. Ростовцев, Г.А. Перов
(ФГБНУ ВНИИМЛ,
г. Тверь, Российская Федерация);

П.П. Казакевич
(Национальная академия наук Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь);

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

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ЛЕНТЫ ЛЬНА РЕМЕННО-ПАЛЬЦЕВЫМ ТРАНСПОРТЕРОМ

Постановка проблемы



1 и 2 – верхние и нижние направляющие прутки;
3 – ремень транспортера; 4 – палец;
5 – выходной шкив транспортера

**Рисунок 1 – Схема выхода пальцев
из стебельной массы в конце перемещения
растений ремменно-пальцевым транспортером**

Во многих сельскохозяйственных машинах для перемещения и подачи растений к рабочим органам при выполнении различных технологических процессов используются ремменно-пальцевые транспортеры [1]. В большинстве случаев в данных устройствах канал для перемещения стеблей образован ремнем транспортера, снабженным пальцами и направляющими прутками, служащими для поджатия и удержания растений во время их транспортирования. Пальцы установлены на ремне попарно вдоль кромок ремня. Для беспрепятственного схода стеблей с пальцев в конце транспортирования последние выполняются коническими или имеют с фронтальной стороны кромку, расположенную под углом $\xi_{\text{пп}}$ к плоскости ремня (рисунок 1).

Радиус $r_{\text{шп}}$ выходного шкива транспортера должен подбираться в зависимости от угла $\xi_{\text{пп}}$ наклона пальцев к плоскости ремня. В конце транспортирования, при передаче растений последующему рабочему органу или перед их расстилом в поле, со стороны выходного шкива также устанавливают направляющие прутки, поэтому для предотвращения затягивания под них стеблей («эффект ножниц») необходимо, чтобы фронтальная кромка пальца в момент его выхода из стебельной массы

находилась перпендикулярно направлению движения растений, движущихся вдоль направляющих прутков. Как правило, в конце транспортирования, при передаче растений последующему рабочему органу или перед расстилом стеблей в поле, необходимо изменить направление их движения. Эта операция производится также с помощью направляющих прутков. Для качественного выполнения технологического процесса необходимо обосновать параметры ременно-пальцевого транспортера.

Анализ литературы

Исследованием и обоснованием параметров и режимов работы ременно-пальцевых транспортеров, устанавливаемых на льноуборочных машинах, занимались ученые Г.А. Хайлис, В.Г. Черников, В.И. Сизов и другие. В работе [2] исследуются процесс транспортирования растений льна ременно-пальцевым транспортером и передача их к последующему рабочему органу. Однако в данной работе не учитывается изменение направления движения ленты льна при ее выходе из канала транспортера, что имеет место в большинстве льноуборочных машин. В связи с этим требуются дополнительные исследования.

Методика исследований

Изучение процесса оборачивания ленты льна основывалось на методах математического анализа с последующим построением моделей и проведением вычислений с помощью электронно-вычислительной техники и компьютерной программы Mathcad 12 [3].

Результаты исследований

Установим зависимость между радиусом $r_{\text{шп}}$ выходного шкива и углом $\xi_{\text{шп}}$ наклона пальца к плоскости ремня и построим соответствующие графики при различных значениях высоты $h_{\text{шп}}$ пальца и угла β_c , на который необходимо изменить направление движения ленты стеблей льна.

На рисунке 1 показан участок EF кривой направляющих прутков, который должен иметь форму, исключающую затягивание стеблей под прутки и обеспечивающую изменение направления движения ленты стеблей льна на угол β_c . Данные условия будут выполняться в том случае, если кромка пальца в момент его выхода из стебельной массы будет перпендикулярна касательной в точке F к кривой EF , а угол между этой касательной и направлением скорости $v_{\text{шп}}$ перемещения транспортера будет равен углу β_c . В момент выхода пальца из стебельной массы его вершина совпадает с точкой F . Проведем через нее из центра вращения шкива точки O луч. Он будет пересекаться с касательной к точке F под углом, равным углу $\xi_{\text{шп}}$ наклона кромки пальца к плоскости ремня. Предположим, что прутки на участке EF выполнены в виде логарифмической спирали [4], тогда коэффициент спирали k_c равен $1/tg \xi_{\text{шп}}$. В точке

F выразим полярный угол спирали, совпадающий с углом $\varphi_{\text{шнF}}$ поворота шкива, через углы β_c и $\xi_{\text{шн}}$. Для этого рассмотрим треугольник FOE' , в котором угол $FE'O = (\pi/2 - \beta_c)$, а угол EFO равен $\xi_{\text{шн}}$. Отсюда найдем, что $\varphi_{\text{шнF}} = \pi - \xi_{\text{шн}} - (\pi/2 - \beta_c) = \pi/2 - \xi_{\text{шн}} + \beta_c$. Уравнение спирали, отвечающее поставленным выше условиям, будет иметь вид:

$$R_{\text{шн}} = (r_{\text{шн}} + h_{\text{рп}}) \exp \frac{\pi/2 - \xi_{\text{шн}} + \beta_c}{\text{tg } \xi_{\text{шн}}}. \quad (1)$$

Подставив в (1) значение $r_{\text{шн}} + h_{\text{рп}} + h_{\text{шн}}$ полярного радиуса $R_{\text{шнF}}$ в точке F , найдем:

$$(r_{\text{шн}} + h_{\text{рп}} + h_{\text{шн}}) = (r_{\text{шн}} + h_{\text{рп}}) \exp \frac{\pi/2 - \xi_{\text{шн}} + \beta_c}{\text{tg } \xi_{\text{шн}}}.$$

Выразим отсюда $r_{\text{шн}}$ и получим формулу для определения радиуса выходного шкива в зависимости от угла $\xi_{\text{шн}}$ наклона фронтальной кромки пальца к плоскости ремня и угла β_c , на который необходимо изменить направление движения ленты стеблей льна:

$$r_{\text{шн}} = \frac{h_{\text{рп}} \left[\exp \left[(\pi/2 - \xi_{\text{шн}} + \beta_c) / \text{tg } \xi_{\text{шн}} \right] - 1 \right] - h_{\text{шн}}}{1 - \exp \left[(\pi/2 - \xi_{\text{шн}} + \beta_c) / \text{tg } \xi_{\text{шн}} \right]}. \quad (2)$$

По формуле (2) построим графики изменения радиуса $r_{\text{шн}}$ в зависимости от угла $\xi_{\text{шн}}$ установки фронтальной кромки пальца к плоскости ремня транспортера (рисунок 2).

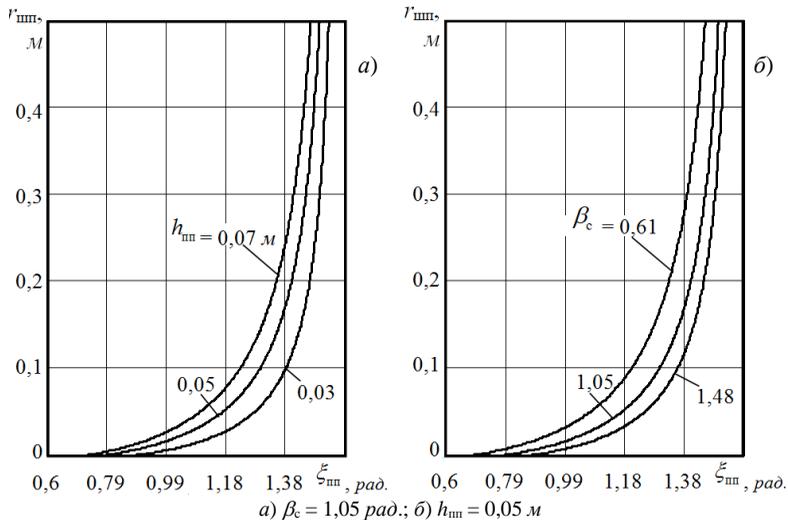


Рисунок 2 – Зависимость радиуса выходного шкива транспортера от угла $\xi_{\text{шн}}$ наклона фронтальной кромки пальца к плоскости ремня

Из анализа графиков на рисунке 2 следует, что с увеличением угла $\xi_{\text{пп}}$ наклона фронтальной кромки пальца к плоскости ремня радиус $r_{\text{пп}}$ выходного шкива увеличивается. Поэтому для уменьшения габаритных размеров устройства необходимо уменьшать угол $\xi_{\text{пп}}$. Однако следует учитывать, что параметры пальца значительно влияют на энергоёмкость процесса транспортирования.

Рассмотрим перемещение растений ременно-пальцевым транспортером и определим рациональные параметры пальца. Для надежного удержания стеблей при транспортировании канал имеет ширину $H_{\text{к}}$ меньшую, чем первоначальная толщина $H_{\text{л}}$ ленты, из-за чего стебельная масса находится под давлением и воздействует на прутки с усилием интенсивностью $p_{\text{де}}$ (рисунок 3).

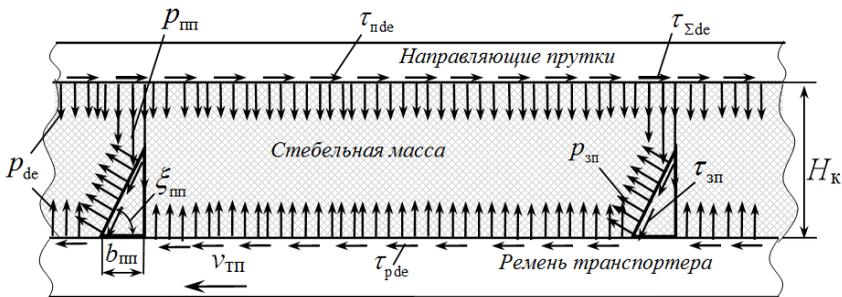


Рисунок 3 – Схема действия сил при транспортировании ленты льна

При движении ремня транспортера между направляющими прутками и стеблями возникают удельные силы $\tau_{\text{пде}}$ трения, направленные против движения растений.

Над пальцами силы $\tau_{\text{зпде}}$ трения больше, так как во время движения в этих местах с их стороны на стебли действуют силы p_1 , дополнительно сжимающие стебли и равные:

$$p_1 = p_{\text{зп}} \cos \xi_{\text{пп}} - \tau_{\text{зп}} \sin \xi_{\text{пп}},$$

где $p_{\text{зп}}$ – реакция со стороны пальца;

$\tau_{\text{зп}}$ – удельные силы трения между кромкой пальца и стеблями.

Допустим, что давление $p_{\text{зп}}$ по кромке пальца распределено равномерно, тогда $\tau_{\text{зп}} = f_{\text{зп}} p_{\text{зп}}$, где $f_{\text{зп}}$ – коэффициент трения стеблей льна о кромку пальца.

Под действием сил p_1 стебли дополнительно сжимаются и над каждым пальцем действуют на прутки силами интенсивностью p_2 . Предположим, что действие сил p_2 пропорционально p_1 , то есть можно записать:

$$p_2 = p_{\text{пп}} \cos \xi_{\text{пп}} - f_{\text{зп}} p_{\text{пп}} \sin \xi_{\text{пп}}, \quad (3)$$

где $p_{\text{пп}}$ – силы сопротивления стеблей сжатию, действующие над пальцами.

Таким образом, над пальцами действуют силы трения стеблей о направляющие прутки интенсивностью $\tau_{\text{сде}}$, являющиеся суммой сил трения, возникающих от воздействия сжимающих усилий $p_{\text{де}}$ и $p_{\text{пп}}$.

Допустим, что лента льна однородна и имеет одинаковую толщину по всей длине, тогда для нахождения усилий $p_{\text{де}}$ и $p_{\text{пп}}$ можно воспользоваться формулами, описывающими зависимость удельного сопротивления стеблей сжатию от их плотности [5]:

$$p_{\text{л}} = p_{\text{вр}} \left[\exp \left[a_{\text{г}} (1 - \lambda_0 / \lambda) \right] - 1 \right],$$

где $p_{\text{вр}}$ и $a_{\text{г}}$ – константы, характеризующие свойства стеблей и их начальное состояние;

λ , λ_0 – коэффициенты заполнения сечения в сжатом и свободном состоянии соответственно.

Коэффициенты λ и λ_0 определяются из формул:

$$\lambda = \frac{\pi d^2 i_{\text{сн}}}{4l(L_0 - s)} \quad \text{и} \quad \lambda_0 = \frac{\pi d^2 i_{\text{сн}}}{4lL_0},$$

где l – ширина камеры сжатия;

d – средний диаметр стеблей;

$i_{\text{сн}}$ – число стеблей в камере;

L_0 – первоначальная длина камеры сжатия;

s – ход поршня на участке l .

Для определения $p_{\text{де}}$ пространство, ограниченное прутками и ремнем, представим как камеру сжатия шириной l , равной длине участка транспортирования, где стебли находятся под давлением при изменении толщины ленты с $H_{\text{л}}$ до $H_{\text{к}}$. Тогда первоначальная длина камеры сжатия будет равна $H_{\text{л}}$, а ход поршня $H_{\text{л}} - H_{\text{к}}$. С учетом этого давление

$$p_{\text{де}} = p_{\text{вр}} \left[\exp \left[a_{\text{г}} (1 - H_{\text{к}} / H_{\text{л}}) \right] - 1 \right]. \quad (4)$$

Для определения $p_{\text{пп}}$ пространство над пальцами представим как камеру сжатия шириной $b_{\text{пп}}$, равной ширине основания пальца, где стебли находятся под давлением p_1 , при этом толщина ленты изменяется с $H_{\text{к}}$ до $H_{\text{к}} - b_{\text{пп}} \text{tg } \xi_{\text{пп}}$. Тогда сопротивление $p_{\text{пп}}$ стеблей сжатию в любой точке над пальцами можно определить из формулы:

$$p_{\text{пп}} = p_{\text{вр}} \left[\exp \left[\frac{a_{\text{г}} b_{\text{пп}} \text{tg } \xi_{\text{пп}}}{H_{\text{к}}} \right] - 1 \right], \quad (5)$$

где $b_{\text{пп}}$ – расстояние, характеризующее любую точку в основании пальца.

На рисунке 4 представлены профили фронтальной части пальцев одинаковой высоты $h_{\text{пп}}$, но с разным углом $\xi_{\text{пп}}$ наклона кромки к плоскости ремня, и характерные графики изменения давления p_2 со стороны

стеблей на направляющие прутки над ними под действием нагрузки p_1 , построенные по формуле (3) с учетом (5).

Из рисунка 4 видно, что при равной высоте $h_{\text{пн}}$ пальцев с уменьшением угла $\xi_{\text{пн}}$ наклона кромки к плоскости ремня увеличивается ширина $b_{\text{пн}}$ их основания. При этом давление уменьшается с ростом угла $\xi_{\text{пн}}$ наклона кромки, а при больших значениях угла $\xi_{\text{пн}}$ вовсе отсутствует. Это объясняется тем, что при большом угле $\xi_{\text{пн}}$ наклона величина сил $\tau_{\text{зп}}$ трения велика и стебли не перемещаются вверх по рабочей кромке пальца, а следовательно не оказывают давления на прутки.

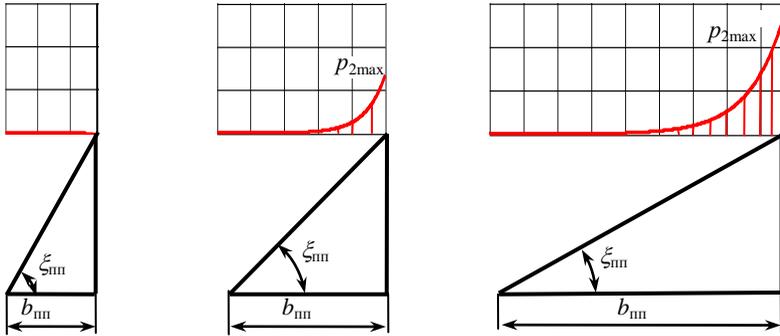


Рисунок 4 – Распределение давления p_2 со стороны стеблей на направляющие прутки в зависимости от угла $\xi_{\text{пн}}$ наклона кромки пальца

Найдем равнодействующую P_{de} давления p_{de} на направляющие прутки. Для этого значение (4) умножим на длину S_{de} участка de транспортирования стеблей, т. е. на длину зоны контакта растений с направляющими прутками. С учетом того что направляющих прутков, как правило, устанавливается два, найдем:

$$P_{\text{de}} = 2 p_{\text{de}} S_{\text{de}} = 2 p_{\text{бр}} S_{\text{де}} \left[\exp \left[a_{\text{r}} \left(1 - H_{\text{к}} / H_{\text{л}} \right) \right] - 1 \right]. \quad (6)$$

Равнодействующая P_2 давления p_2 равна площади его эпюры (рисунок 4). Для упрощения эпюры заменим на прямоугольные треугольники с основанием $b_{\text{пн}}$ и высотой $p_{2\text{max}}$, равной максимальному значению давления p_2 . Тогда равнодействующая P_2 будет равна площади этого треугольника:

$$P_2 = p_{2\text{max}} b_{\text{пн}} / 2. \quad (7)$$

Для нахождения равнодействующей $P_{2\text{де}}$, действующей на всем участке de транспортирования, значение (7) необходимо умножить на число $n_{\text{де}}$ пальцев, контактирующих с растениями на этом участке. Значение $n_{\text{де}}$ равно

$$n_{\text{де}} = 2 n_{\text{тп}} S_{\text{де}} / L_{\text{тп}}, \quad (8)$$

где $n_{\text{тп}}$ – общее число пальцев на ремне транспортера;

$L_{\text{тп}}$ – общая длина ремня транспортера.

С учетом (7) и (8) получим значение равнодействующей $P_{2\text{de}}$, действующей на направляющие прутки со стороны стеблей и вызванной сжимающими усилиями p_2 со стороны пальцев:

$$P_{2\text{de}} = p_{2\text{max}} b_{\text{тп}} n_{\text{тп}} S_{\text{де}} / L_{\text{тп}}. \quad (9)$$

Согласно принципу независимости действия сил, сложив значения (6) и (9), найдем суммарное значение силы давления стеблей на направляющие прутки. Умножив полученное выражение на коэффициент $f_{\text{тп}}$ трения стеблей о направляющие прутки, определим силу F_{cde} сопротивления растений транспортированию:

$$F_{\text{cde}} = 2f_{\text{тп}} P_{2\text{de}} S_{\text{де}} + \frac{f_{\text{тп}} p_{2\text{max}} b_{\text{тп}} n_{\text{тп}} S_{\text{де}}}{L_{\text{тп}}}. \quad (10)$$

Как видно из эпюр на рисунке 4, давление $p_{2\text{max}}$ со стороны стеблей на направляющее прутки над пальцами возрастает с уменьшением угла $\xi_{\text{тп}}$. Следовательно, в правой части уравнения (10) второе слагаемое также будет возрастать с его уменьшением, а значит, будут возрастать и энергозатраты при перемещении растений. Снизить энергозатраты можно, рассчитав рациональный угол $\xi_{\text{тп}}$ установки кромки пальца к плоскости ремня. В нашем случае сопротивление транспортированию растений будет минимальным, когда давление $p_{2\text{max}}$, определяемое выражением (3), будет равно нулю, что можно записать в виде:

$$p_{\text{тп}} \cos \xi_{\text{тп}} - f_{\text{зп}} p_{\text{тп}} \sin \xi_{\text{тп}} = 0.$$

Решая данное уравнение относительно $\xi_{\text{тп}}$, найдем:

$$\xi_{\text{тп}} = \arctg(1/f_{\text{зп}}). \quad (11)$$

Из выражения (11) определяется угол наклона фронтальной кромки к плоскости ремня, при котором второе слагаемое в уравнении (10) равно нулю и, следовательно, сила F_{cde} сопротивления перемещению стеблей льна в канале транспортера наименьшая.

Выводы

В процессе исследования были выведены формулы (2) и (11) соответственно для расчета радиуса выходного шкива и угла наклона фронтальной кромки пальца к плоскости ремня, а также обоснована форма (1) направляющих прутков на выходе из канала транспортера. Расчет по данным формулам позволяет получить параметры ременно-пальцевого транспортера, при которых он качественно и с наименьшими энергозатратами выполняет технологический процесс.

18.08.2014

Литература

1. Хайлис, Г.А. Элементы теории и расчет льноуборочных машин / Г.А. Хайлис. – М: Машгиз, 1963. – 149с.: ил.

2. Ковалев, М.М. Определение параметров ременно-пальцевого транспортера льноуборочных машин / М.М. Ковалев, Р.А. Ростовцев, А.И. Паплевченков // Техника в сельском хозяйстве. – 2008. – № 5 – С. 5–8.
3. Дьяконов, В.П. Mathcad 11/12/13 в математике: справочник / В.П. Дьяконов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 958 с.: ил.
4. Ростовцев, Р.А. Обоснование формы направляющих прутков подбирающих аппаратов / Р.А. Ростовцев, А.А. Кулаков // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции: сб. науч. докл. XIV Междунар. науч.-практ.конф., г. Тамбов, 19–20 сентября 2007 г. – Тамбов: Изд-во ГНУ ВИИТиН, 2007. – Ч. 1: Повышение эффективности использования ресурсов в растениеводстве и животноводстве. – С. 101–105.
5. Ковалев, Н.Г. Сельскохозяйственные материалы (виды, состав, свойства): учебное пособие / Н.Г. Ковалев, Г.А. Хайлис, М.М. Ковалев. – М.: ИК «Родник», журнал «Аграрная наука», 1998. – 208 с.

УДК 631.358

М.М. Ковалев,
Р.А. Ростовцев, Г.А. Перов
 (ФГБНУ ВНИИМЛ,
 г. Тверь, Российская Федерация);

П.П. Казакевич
 (Национальная академия наук Беларуси,
 г. Минск, Республика Беларусь);

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

ОБОСНОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОДБИРАЮЩЕ- ОБОРАЧИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Постановка проблемы

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве для подбора лент льна широко применяются барабанные подбирающие аппараты [1, 2]. Они содержат ременный транспортер, огибающий подбирающий барабан с убирающимися пальцами, и расположенные над ремнем направляющие прутки. Для качественной работы такого подбирающего аппарата необходимо подобрать форму надбарабанной части направляющих прутков таким образом, чтобы с целью уплотнения ленты льна обеспечить постепенное уменьшение ширины канала транспортера, образованного ремнем и прутками, и произвести сопряжение надбарабанной части прутков с последующим участком (как правило, прямой линией, расположенной над ремнем транспортера), независимо от угла $\beta_{\text{тп}}$ расположения транспортирующего устройства.

Анализ литературы

В [3] указывается, что надбарабанная часть направляющих прутков должна быть изогнута в виде вогнутой кривой. Однако вогнутая кривая, по которой изогнуты прутки на этом участке, может быть представлена множеством линий, например параболой, дугой окружности, смещенной относительно центра барабана, спиралью и т. д. Поэтому необходимо произвести исследования кривых на пригодность и обосновать рациональную форму надбарабанной части направляющих прутков.

Методика исследований

Изучение процесса подбора ленты льна и разработка алгоритма расчета основывались на методах математического анализа с последующим построением моделей и проведением вычислений с помощью электронно-вычислительной техники и компьютерной программы Mathcad 12 [4].

Результаты исследований

Проведем сравнительный анализ кривых, в ходе которого рассмотрим два случая: первый – надбарабанная часть направляющих прутков выполнена в виде параболы, второй – в виде спирали.

Участок с изогнутыми в виде вогнутой кривой направляющими прутками обозначим CD (рисунок 5) и найдем полярный радиус $R_{\text{пн}}$ на этом участке, изменение которого зависит от кривой – формы изогнутости прутков.

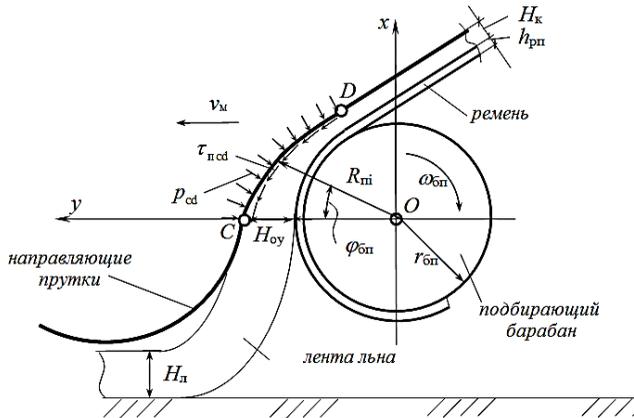


Рисунок 5 – Схема к определению формы надбарабанной части направляющих прутков

Уравнение параболы имеет вид [5]:

$$y = -k_{\text{п}} x^2 + R_{\text{пс}},$$

где $k_{\text{п}}$ – угловой коэффициент параболы;

$$R_{\text{пс}} = r_{\text{бп}} + h_{\text{рп}} + H_{\text{оу}};$$

$r_{\text{бп}}$ – радиус барабана;

$h_{\text{рп}}$ – толщина ремня;

$H_{\text{оу}}$ – расстояние по оси y от точки C до ремня.

Координаты любой точки направляющих прутков можно определить как

$$x = R_{\text{пн}} \sin \varphi_{\text{бп}}, y = R_{\text{пн}} \cos \varphi_{\text{бп}},$$

где $\varphi_{\text{бп}}$ – полярный угол.

Так как прутки в нашем случае изогнуты по параболе, то после подстановки этих координат в уравнение параболы получим:

$$k_{\text{п}} R_{\text{пн}}^2 \sin^2 \varphi_{\text{бп}} + R_{\text{пн}} \cos \varphi_{\text{бп}} - R_{\text{пс}} = 0. \quad (1)$$

При $\varphi_{\text{бп}} = 0$ из этого уравнения получаем $R_{\text{пн}} = R_{\text{пс}}$, т. е. координаты вершины параболы.

Решив уравнение (1) относительно $R_{\text{пн}}$, найдем изменение радиуса по ветвям параболы:

$$R_{\text{пн}1,2} = \frac{-\cos \varphi_{\text{бп}} \pm \sqrt{\cos^2 \varphi_{\text{бп}} + 4k_{\text{п}} R_{\text{пс}} \sin^2 \varphi_{\text{бп}}}}{2k_{\text{п}} \sin^2 \varphi_{\text{бп}}}, \text{ для } \varphi_{\text{бп}} \neq 0. \quad (2)$$

В данном уравнении два значения $R_{\text{пн}}$ определяют изменение этого радиуса по ветвям параболы (в нашем случае необходимо брать знак «+»).

Из уравнения (2) видно, что, варьируя коэффициентом $k_{\text{п}}$, можно задавать положение точки D в зависимости от угла $\beta_{\text{тп}}$ установки транспортера.

Рассмотрим случай, когда прутки изогнуты по спирали, например, логарифмической [5]:

$$R_{\text{пн}} = R_{\text{пс}} \exp(-k_{\text{с}} \varphi_{\text{бп}}), \quad (3)$$

где $k_{\text{с}}$ – коэффициент, равный $\text{ctg } \alpha_{\text{сп}}$;

$\alpha_{\text{сп}}$ – угол между касательной к спирали и радиусом $R_{\text{пн}}$.

Спираль является наиболее простой и универсальной кривой, по которой могут быть изогнуты прутки на участке CD , т. к. позволяет при любом радиусе $r_{\text{бп}}$ барабана и угле $\beta_{\text{тп}}$ наклона транспортера подобрать такое значение коэффициента $k_{\text{с}}$, которое бы обеспечивало по мере продвижения стеблей от точки C к D постепенное уменьшение расстояния между ремнем и прутками, а также плавный переход последних в прямую или другую линию.

Коэффициенты $k_{\text{с}}$ и $k_{\text{п}}$ определяются из уравнений (1) и (3). Если подставить в них значение радиуса $R_{\text{пн}}$ в точке D , равное $r_{\text{бп}} + h_{\text{рп}} + h_{\text{к}}$, получим:

- для параболы

$$k_n = \frac{(r_{\text{бп}} + h_{\text{рп}} + H_{\text{оу}}) - (r_{\text{бп}} + h_{\text{рп}} + h_k) \cos \varphi_{\text{бпD}}}{(r_{\text{бп}} + h_{\text{рп}} + h_k)^2 \sin^2 \varphi_{\text{бпD}}}; \quad (4)$$

- для спирали

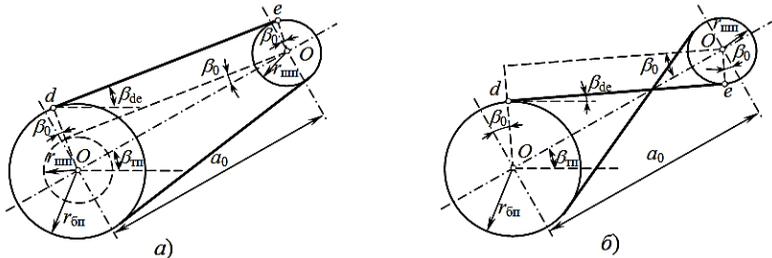
$$k_c = - \frac{\ln \left[\frac{(r_{\text{бп}} + h_{\text{рп}} + h_k)}{(r_{\text{бп}} + h_{\text{рп}} + H_{\text{оу}})} \right]}{\varphi_{\text{бпD}}}, \quad (5)$$

где h_k – ширина канала транспортера, равная расстоянию по полярному радиусу от точки D направляющих прутков до ремня транспортера;

$\varphi_{\text{бпD}}$ – полярный угол между осью Oy и отрезком OD .

В точке D направляющие прутки сопрягаются с другим участком, поэтому касательная в месте сопряжения должна быть направлена под заданным углом. Чаще всего прутки в месте сопряжения переходят в прямолинейный участок, расположенный над ремнем транспортера, тогда указанный угол будет равен углу $\beta_{\text{де}}$ наклона рабочей ветви транспортера к оси Oy , что соответствует его наклону к поверхности поля. Данный угол $\beta_{\text{де}}$ связан с углом $\beta_{\text{пн}}$ наклона транспортера и зависит от расстояния a_0 между осями подбирающего барабана и выходного шкива, а также от их радиусов $r_{\text{бп}}$ и $r_{\text{шп}}$ соответственно. Установим данную зависимость.

На рисунке 6 представлены схемы транспортеров с обычным и перекрестным ремнями.



а) с обычным ремнем; б) с перекрестным ремнем

Рисунок 6 – Схемы ременных транспортеров

Из рисунка 6 видно, что для транспортера:

а) с обычным ремнем:

- при $r_{\text{бп}} > r_{\text{шп}}$ угол $\beta_{\text{де}}$ наклона ремня и длина $S_{\text{де}}$ транспортирующего участка

$$\beta_{\text{де}} = \beta_{\text{пн}} - \arcsin \frac{r_{\text{бп}} - r_{\text{шп}}}{a_0}, \quad S_{\text{де}} = \sqrt{a_0^2 - r_{\text{шп}}^2}; \quad (6)$$

• при $r_{\text{бп}} < r_{\text{шп}}$ угол $\beta_{\text{де}}$ наклона ремня и длина $S_{\text{де}}$ транспортирующего участка

$$\beta_{\text{де}} = \beta_{\text{тп}} - \arcsin \frac{r_{\text{шп}} - r_{\text{бп}}}{a_0}, \quad S_{\text{де}} = \sqrt{a_0^2 - r_{\text{бп}}^2}; \quad (7)$$

б) с перекрестным ремнем угол $\beta_{\text{де}}$ наклона ремня и длина $S_{\text{де}}$ транспортирующего участка

$$\beta_{\text{де}} = \beta_{\text{тп}} - \arcsin \frac{r_{\text{бп}} + r_{\text{шп}}}{a_0}, \quad S_{\text{де}} = \sqrt{a_0^2 - (r_{\text{бп}} + r_{\text{шп}})^2}. \quad (8)$$

С другой стороны, угол $\beta_{\text{де}}$ связан с параметрами кривой, в форме которой выполнены прутки на участке CD . Произведем расчет этого угла при разной форме направляющих прутков. Для расчета зададимся углом $\varphi_{\text{бпD}}$ поворота подбирающего барабана 54° , радиусом $r_{\text{бп}}$ барабана $0,16$ м, толщину $h_{\text{рп}}$ ремня транспортера примем $0,01$ м, расстояния $H_{\text{оу}}$ и $h_{\text{к}}$ от транспортера до прижимных прутков в точках C и D – $0,08$ и $0,04$ м соответственно.

При данных параметрах по формулам (4) и (5) найдем значения коэффициентов $k_{\text{п}}$ и $k_{\text{с}}$, которые равны: для параболы – $4,25$ и для спирали – $0,17$.

Так как производная любой функции равна тангенсу угла наклона касательной к оси абсцисс [5], то угол $\beta_{\text{де}}$ наклона прямолинейного участка прутков к горизонту при параболической форме прутков можно найти как $\beta_{\text{де}} = \arctg[1/f'(x)]$. После расчета получим: $\beta_{\text{де}} = 0,604 \text{ рад.}$, или 35° .

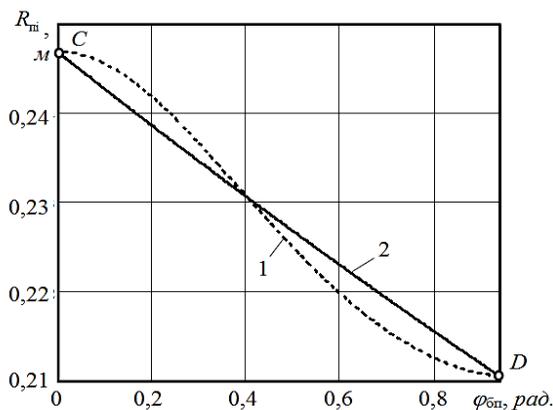
Угол $\beta_{\text{де}}$ наклона прямолинейного участка прутков к горизонту при спиралевидной форме прутков найдем из формулы:

$$\beta_{\text{де}} = \pi - \varphi_{\text{бпD}} - \arctg \frac{1}{k_{\text{с}}}. \quad (9)$$

После расчета получим: $\beta_{\text{де}} = 0,838 \text{ рад.}$, или 48° .

Для определения наиболее целесообразной формы надбарабанной части направляющих прутков по формулам (2) и (3) построены графики (рисунок 7) изменения радиуса $R_{\text{пн}}$ в зависимости от угла $\varphi_{\text{бп}}$ поворота барабана для прутков разной формы – параболической и спиралевидной.

Проанализировав полученные результаты, можно сделать вывод, что при параболической форме направляющих прутков изменение расстояния между прутками и барабаном на участке CD происходит неравномерно. Такое явление нежелательно, так как может вызвать забивки канала транспортера в данном месте. У спиралевидных же прутков изменение радиуса $R_{\text{пн}}$ происходит постепенно, практически по прямолинейной зависимости.



1 – параболическая форма прутков; 2 – спиралевидная

Рисунок 7 – Изменение расстояния R_{ni} от направляющих прутков до центра барабана в зависимости от угла $\varphi_{бп}$ его поворота

Рассмотрим изменение давления p_{cd} со стороны стеблей на направляющие прутки различной формы в процессе их перемещения вдоль участка CD . Как уже было сказано выше, лента льна, перемещаясь, уплотняется за счет уменьшения расстояния между прутками и ремнем, огибающим подбирающий барабан. При уплотнении возрастает давление p_{cd} со стороны стеблей на прутки и ремень, следовательно, возрастают и силы $\tau_{п cd}$ трения, препятствующие движению ленты льна.

Определим, как изменяется давление p_{cd} при перемещении ленты льна. Для этого воспользуемся формулами [6], описывающими процесс сжатия группы стеблей. При расчетах пространство, ограниченное прутками и ремнем на участке CD , представим как камеру сжатия шириной l_{cd} , где стебли находятся под давлением p_{cd} при изменении толщины ленты с H_{oy} до h_k . Тогда первоначальная длина камеры сжатия будет равна H_{oy} , а максимальный ход s поршня $H_{oy} - h_k$.

Чтобы найти изменение давления p_{cd} на прутки в процессе движения ленты стеблей от точки C к D , представим s как $r_{бп} + h_{пп} + H_{oy} - R_{ni}$, тогда

$$p_{cd} = p_{cd0} + p_{вр} \left[\exp \left[a_r \left(\frac{r_{бп} + h_{пп} + H_{oy} - R_{ni}}{H_{oy}} \right) \right] - 1 \right], \quad (10)$$

где p_{cd0} – начальное давление, имеющее место, если толщина $H_{л}$ ленты льна больше расстояния H_{oy} .

По формуле (10) рассчитаем изменение давления p_{cd} на участке CD при $p_{cd0} = 0$ и ранее принятых параметрах подбирающего устройства, а

также при разной форме направляющих прутков. По полученным значениям на рисунке 8 построены графики.

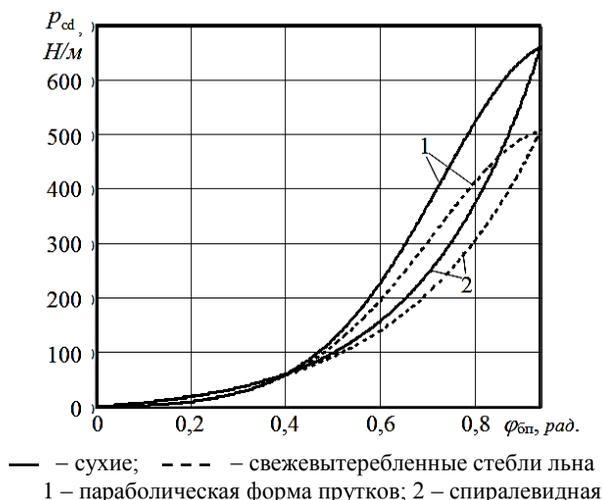
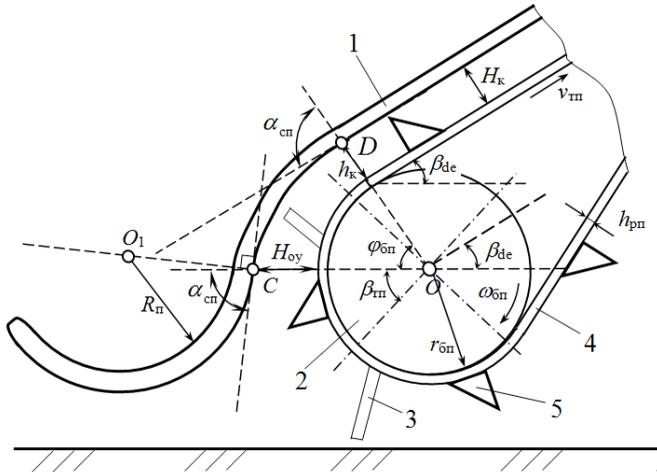


Рисунок 8 – Изменение давления p_{cd} стеблей льна на направляющие прутки и ремень в зависимости от угла $\varphi_{онD}$ поворота барабана

Из графиков на рисунке 8 видно, что при параболической форме направляющих прутков давление p_{cd} возрастает более резко, чем при спиралевидной, и, кроме того, при больших значениях угла $\varphi_{онD}$ кривая изменения давления p_{cd} при параболической форме направляющих прутков может иметь максимум. Резкое возрастание давления p_{cd} ведет к резкому росту сил $\tau_{пcd}$ трения стеблей о направляющие прутки, препятствующих перемещению ленты льна и вызывающих забивку канала транспортера стеблями, что нарушит технологический процесс работы подборщика. У прутков в форме спирали давление p_{cd} возрастает постепенно на всем протяжении. Кроме того, эта кривая позволяет выполнить огибание подбирающего барабана на любой угол $\varphi_{онD}$, при этом кривые изменения радиуса $R_{пн}$ и давления p_{cd} будут иметь неизменный вид, представленный на рисунках 7 и 8. Это позволяет сделать вывод о преимуществе спирали перед параболой или другой кривой.

На практике при проектировании подбирающе-оборачивающих устройств чаще всего стоит задача, когда заданы угол $\beta_{пн}$ наклона транспортера к поверхности поля и расстояние a_0 между осями подбирающего барабана и выходного шкива (длина стрелы) транспортера, которые выбираются из конструктивных особенностей, и последующее опреде-

ление параметров направляющих прутков на участке CD зависит от их величины (рисунок 9).



1 – направляющие прутки; 2 – подбирающий барабан; 3 – пальцы подбирающего барабана; 4 – ремень транспортера; 5 – пальцы ремня транспортера

Рисунок 9 – Схема к определению параметров спирали надбарабанной части направляющих прутков

В этом случае необходимо по первому уравнению одной из формул (6)–(8) определить значение β_{de} , а затем найти параметры надбарабанной части направляющих прутков. Однако, задавшись углом β_{de} , из уравнения логарифмической спирали выразить в аналитическом виде значения k_c , α_{cp} и $\varphi_{обнD}$ не представляется возможным из-за наличия показательной функции, которая является трансцендентной. Наиболее целесообразно находить эти значения графическим способом, построив для этого номограмму.

Для построения номограммы представим k_c в виде $1/\text{tg } \alpha_{cp}$, а угол $\varphi_{обн}$ выразим через α_{cp} и β_{de} . Из рисунка 9 видно, что $\varphi_{обнD} = \pi - \alpha_{cp} - \beta_{de}$. Подставив эти значения в уравнение логарифмической спирали (3) и выразив β_{de} , построили графики $\beta_{de} = f(\alpha_{cp})$ при различных соотношениях $R_{пD}/R_{пC}$, где $R_{пD}$ – расстояния от центра вращения барабана до точки D направляющих прутков, равное $r_{обн} + h_{пп} + h_k$.

Затем построим графики зависимости $k_c = f(\alpha_{cp})$ и $\varphi_{обнD} = f(k_c)$. После совмещения данных графиков на рисунке 10 построена номограмма для определения параметров логарифмической спирали, форму которой имеют направляющие прутки на участке CD .

Пользуются номограммой следующим образом.

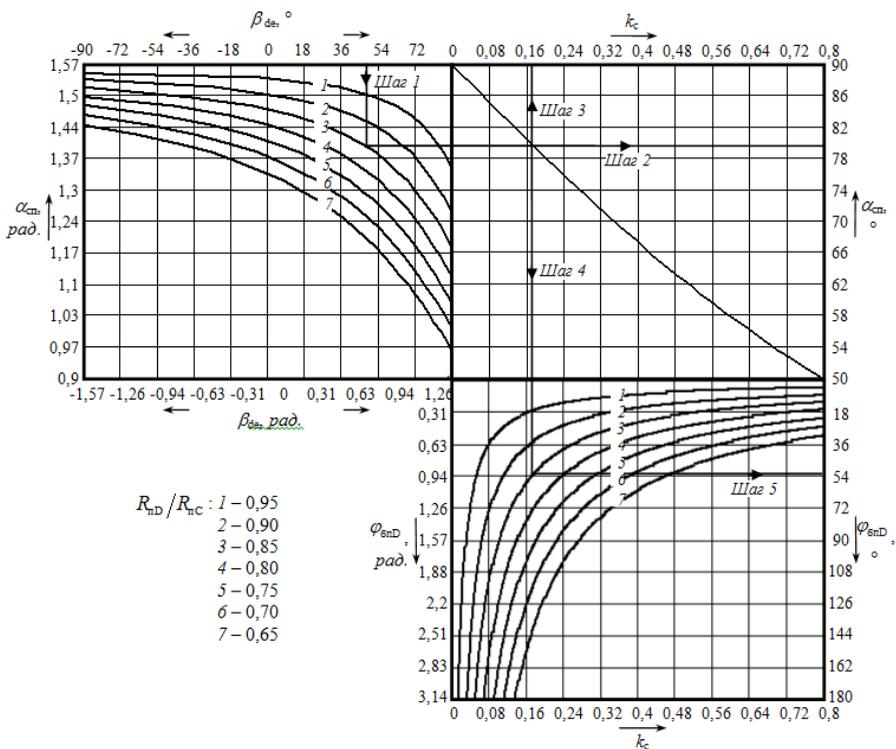


Рисунок 10 – Номограмма для определения параметров логарифмической спирали направляющих прутков на участке CD

Исходными данными являются угол $\beta_{де}$ наклона рабочей ветви транспортера к поверхности поля и отношение радиусов $R_{ни}$ в точках D и C.

Шаг 1. На графике $\beta_{де} = f(\alpha_{сн})$ находят на оси $\beta_{де}$ заданный угол и от его значения проводят вертикальную прямую до пересечения с кривой $R_{нд}/R_{нс}$, имеющей заданное соотношение.

Шаг 2. От кривой $R_{нд}/R_{нс}$ проводят горизонтальную прямую до пересечения с линией $k_c = f(\alpha_{сн})$ и далее до оси $\alpha_{сн}$, по которой определяют значение данного угла.

Шаг 3. От линии $k_c = f(\alpha_{сн})$ проводят вертикальную прямую до пересечения с осью k_c , по которой определяют значение этого коэффициента.

Шаг 4. От линии $k_c = f(\alpha_{сн})$ проводят вниз на график $\varphi_{бнд} = f(k_c)$ вертикальную прямую до пересечения с кривой $R_{нд}/R_{нс}$, имеющей заданное соотношение.

Шаг 5. От кривой $R_{нд}/R_{нс}$ проводят горизонтальную прямую до пересечения с осью $\varphi_{бнд}$, по которой определяют значение данного угла.

Таким образом, с достаточной точностью для проектирования подбирающих аппаратов определяются параметры логарифмической спирали, форму которой имеет надбарабанная часть направляющих прутков.

Следует также отметить, что ширина h_k канала транспортера от точки D направляющих прутков до ремня несколько больше ширины канала H_k транспортера на протяжении участка de транспортирования ленты льна. Из рисунка 9 видно, что эти две величины связаны между собой соотношением $(r_{\text{бп}} + h_{\text{рп}} + h_k) \cos(90^\circ - \alpha_{\text{сп}}) = (r_{\text{бп}} + h_{\text{рп}} + H_k)$. Отсюда, применив формулу приведения $\cos(90^\circ - \alpha_{\text{сп}}) = \sin \alpha_{\text{сп}}$ и выразив h_k , получим:

$$h_k = \frac{(r_{\text{бп}} + h_{\text{рп}} + H_k) - (r_{\text{бп}} + h_{\text{рп}}) \sin \alpha_{\text{сп}}}{\sin \alpha_{\text{сп}}}. \quad (11)$$

Из формулы (11) видно, что при малом угле $\alpha_{\text{сп}}$ и большом радиусе $r_{\text{бп}}$ значения h_k и H_k могут существенно отличаться, что необходимо учитывать при расчетах. В остальных же случаях можно принимать $h_k \approx H_k$.

Длина S_{CD} дуги спирали на участке CD находится по формуле [5]:

$$S_{\text{CD}} = (R_{\text{нс}} - R_{\text{нд}}) \sqrt{1 + k_c^2} / k_c. \quad (12)$$

Выводы

Установлено, что в подбирающе-оборачивающих устройствах надбарабанную часть направляющих прутков следует выполнять в виде логарифмической спирали, что позволяет производить постепенное уплотнение ленты льна в канале транспортера при ее перемещении и исключает забивку канала стеблями.

18.08.2014

Литература

1. Хайлис, Г.А. Элементы теории и расчет льноуборочных машин / Г.А. Хайлис. – М: Машгиз, 1963. – 149 с.: ил.
2. Черников, В.Г. Машины для уборки льна (конструкция, теория и расчет) / В.Г. Черников. – М.: Инфра-М, 1999. – 209 с.
3. Подбирающе-оборачивающее устройство льноуборочной машины: пат. 39990 РФ, МПК 7А01Д45/06 / М.М. Ковалев, В.Г. Черников, В.П. Козлов, В.И. Дмитриев, А.С. Ращук, А.Ф. Ежов; заявитель ГНУ ВНИПТИМЛ РАСХН, ОАО «Тверьсельмаш». – № 2004113846/12; заявл. 24.06.2004; опубл. 10.11.2004. // Изобретения. Полезные модели / Официальный бюллетень ФГУ ФИПС. – Бюл. № 31.
4. Дьяконов, В.П. Mathcad 11/12/13 в математике: справочник / В.П. Дьяконов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 958 с.: ил.
5. 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.

6. Ковалев, Н.Г. Сельскохозяйственные материалы (виды, состав, свойства): учебное пособие / Н.Г. Ковалев, Г.А. Хайлис, М.М. Ковалев. – М.: ИК «Родник», журнал «Аграрная наука», 1998. – 208 с.

УДК 633.521: 631.172

В.А. Шейченко

*(Национальный научный центр
«Институт механизации и электрификации
сельского хозяйства» Национальной академии
аграрных наук Украины (НААНУ),
п.г.т. Глеваха, Украина);*

А.С. Лимонт

*(Житомирский национальный
агроэкологический университет,
г. Житомир, Украина);*

В.М. Климчук

*(Институт сельского хозяйства Полесья НААНУ,
г. Житомир, Украина)*

ПОДНИМАЕМАЯ ЛЕНТА ЛЬНОТРЕСТЫ И ФОРМИРОВАНИЕ ЕЕ РУЛОНОВ ПРЕСС- ПОДБОРЩИКАМИ

Введение

В Беларуси и России, а также в странах Западной Европы в настоящее время наиболее перспективной считают рулонную технологию уборки льнотресты. Для этого созданы и разрабатываются рулонные пресс-подборщики с прессовальными камерами (ПК) переменного [1] и постоянного [2] объема. В Украине было освоено производство рулонных пресс-подборщиков льяных ПР-1,2Л с ПК переменного и сменных ППР-110 с ПК постоянного объема [3, 4]. Работу пресс-подборщиков оценивают технологическими параметрами и товарными качествами рулона. К технологическим параметрам, помимо прочих, относят линейную массу слоя стеблей в рулоне, а к товарным качествам – повреждение стеблей в рулоне и его плотность. Повреждение стеблей тресты в рулоне влияет на выход и качество волокна при переработке льносырья, а плотность рулона – на использование погрузочно-транспортных средств и эффективность вентилирования упаковок льносырья [5] во избежание его порчи при хранении и переработке. Пресс-подборщики включают, в основном, две составных части – подборщик и прессовальную камеру. В проводимых ранее исследованиях не было освещено влияние параметров подбираемой ленты тресты и забираемого ее элемента рабочим органом подборщика (граблиной) на товарные качества рулона.

Цель исследования состояла в повышении эффективности механизированной уборки льнотресты путем улучшения использования пресс-подборщиков на выполнении указанной работы.

Задача исследования: 1) в диапазоне возможных скоростей движения пресс-подборщиков, частоты вращения и количества граблин подбирающих барабанов с учетом линейной массы поднимаемой ленты тресты определить массу порции тресты, забираемой одной граблиной и подаваемой в ПК пресс-подборщика; 2) исследовать влияние массы порции забираемой тресты на линейную массу слоя стеблей тресты в рулоне; 3) проанализировать изменение повреждения стеблей тресты в рулоне и его плотности в зависимости от массы порции забираемой одной граблиной тресты с учетом положения регулятора плотности рулона (ПРПР).

Объекты и методы исследований

Объектом исследований был технологический процесс подъема тресты и формирования ее рулонов пресс-подборщиками ПР-1,2Л и ППР-110 с ПК соответственно переменного и постоянного объемов. Пресс-подборщики агрегатировали с трактором МТЗ-80, а урожайность тресты и линейная масса ее ленты составляли соответственно 21,7 ц/га и 0,33 кг/м. Исследования проведены на скоростях движения агрегатов 4,26 км/ч, 7,25 и 8,90 км/ч, частота вращения подбирающих барабанов пресс-подборщиков ПР-1,2Л и ППР-110 составляла соответственно 80,1 и 94,8 мин⁻¹, а в каждом из них было 5 граблин. Регулятор плотности рулона (РПР) устанавливали в минимальное, основное и максимальное положения. В пресс-подборщике ПР-1,2Л минимальное ПРПР (клапана гидросистемы) соответствовало расстоянию от маховичка до корпуса клапана – 10 мм, основное – 5 мм, а максимальное – при полностью закрытом клапане (нулевое расстояние). В пресс-подборщике ППР-110 минимальное ПРПР соответствовало расстоянию до конца винта натяжения пружины до полки его крепления – 50 мм, основное – 60 и максимальное – 70 мм. Пресс-подборщик ПР-1,2Л был отрегулирован для формирования рулонов, одинаковых по размерам с рулонами, формирующимися пресс-подборщиком ППР-110.

Массу порции тресты $m_{\text{т}}$ (кг), отделяемой и забираемой одной граблиной подбирающего барабана пресс-подборщика, можно определить по формуле:

$$m_{\text{т}} = 10^{-9} S_z h_c h \rho_{\text{т}}, \quad (1)$$

где S_z – подача пресс-подборщика на один ряд пальцев (одну граблину) подбирающего барабана, мм;

h_c – средняя длина стеблей тресты в поднимаемой ленте, мм;

h – средняя высота ленты тресты, мм;

$\rho_{\text{т}}$ – объемная масса тресты в ленте, кг/м³.

Массу порции тресты $m_{\text{т}}$ (кг), отделяемой одной граблиной, можно рассчитать по формуле:

$$m_{\text{тр}} = 10^{-3} m_{\text{лт}} S_z, \quad (2)$$

где $m_{\text{лт}}$ – линейная масса одного погонного метра поднимаемой ленты тресты, $\text{кг}/\text{м}$.

Линейную массу l m поднимаемой ленты тресты можно определить взвешиванием указанного ее отрезка (что и делали в этом эксперименте) или рассчитать с использованием формул:

$$m_{\text{лт}} = 10^{-3} m_{\text{тсм}} \quad (3)$$

или

$$m_{\text{лт}} = 0,01 U_{\text{лт}} b_{\text{р}}, \quad (4)$$

где $m_{\text{т}}$ – масса одного стебля в ленте тресты, g ;

$n_{\text{см}} = b_{\text{р}} \Gamma_{\text{ст}}$ – количество стеблей на одном метре длины ленты льна-долгунца, который разостлан льноуборочным комбайном, $\text{шт.}/\text{м}$,

$b_{\text{р}}$ – ширина захвата льноуборочного комбайна, m ;

$\Gamma_{\text{ст}}$ – предуборочная густота стеблестоя льна-долгунца, $\text{шт.}/\text{м}^2$;

$U_{\text{лт}}$ – урожайность льнотресты, $\text{ц}/\text{га}$.

В этом исследовании при определении массы порции тресты, отделяемой одной граблиной, использована зависимость (2), а расчет подачи пресс-подборщика на одну граблину вели по формуле:

$$S_z = 10^6 v_{\text{р}} / (60 n_{\text{пб}} z_{\text{гр}}), \quad (5)$$

где $v_{\text{р}}$ – рабочая скорость уборочного агрегата в составе с пресс-подборщиком, $\text{км}/\text{ч}$;

$n_{\text{пб}}$ – частота вращения подбирающего барабана пресс-подборщика, мин^{-1} ;

$z_{\text{гр}}$ – число граблин подбирающего барабана.

Линейную массу слоя стеблей, их повреждение в рулоне и его плотность определяли по методике Института сельского хозяйства Полесья НААНУ. Обработку экспериментальных данных [4] осуществляли с использованием стандартных компьютерных программ.

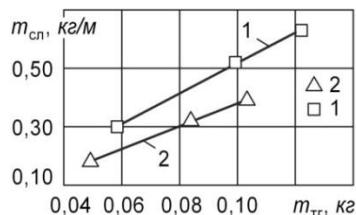
Результаты исследований

В исследовании масса порции тресты, забираемой одной граблиной подбирающего барабана, принимала значение в пределах: в пресс-подборщике ПР-1,2Л – от 0,058 до 0,122 кг , а в пресс-подборщике ППР-110 – от 0,049 до 0,103 кг . С увеличением массы порции тресты линейная масса слоя стеблей в рулоне возрастала от 0,30 до 0,63 $\text{кг}/\text{м}$ в пресс-подборщике ПР-1,2Л с ПК переменного объема и от 0,18 до 0,39 $\text{кг}/\text{м}$ – в пресс-подборщике ППР-110 с ПК постоянного объема. На рисунке 11 приведены в разрезе исследуемых пресс-подборщиков графики изменения линейной массы слоя стеблей в рулоне в зависимости от массы порции тресты, забираемой одной граблиной подбирающего барабана.

Из рисунка 11 видно, что использование на уборке тресты пресс-подборщика ПР-1,2Л в сравнении с пресс-подборщиком ППР-110 обеспечивает несколько большие значения линейной массы слоя стеблей, что должно способствовать уменьшению повреждения стеблей тресты в рулоне. Если прогнозировать изменение линейной массы слоя стеблей в рулоне в зависимости от массы порции тресты, забираемой одной граблиной, посредством уравнений прямых, то степень приближения такой аппроксимацией к экспериментальным данным оценивается R^2 -коэффициентами, которые равны 0,999. Из рисунка 11 видно, что с увеличением массы порции тресты, забираемой одной граблиной, линейная масса слоя стеблей в рулоне увеличивается более интенсивно в рулонах, которые сформированы пресс-подборщиком ПР-1,2Л, в сравнении с рулонами, сформированными пресс-подборщиком ППР-110. Расчеты показали, что линейная масса слоя стеблей в рулоне при увеличении массы порции тресты, забираемой одной граблиной, на 0,1 кг в пресс-подборщиках ПР-1,2Л и ППР-110 возрастает соответственно на 0,520 и 0,390 кг.

Исследования показали, что с увеличением массы порции тресты, забираемой одной граблиной, повреждение стеблей тресты в рулонах и их плотность уменьшаются независимо от исследуемых пресс-подборщиков. Влияние массы порции тресты на повреждение стеблей в рулоне и их плотность показано на рисунке 12. Прямые на рисунке 12, количественно оценивающие изменение результативных признаков в зависимости от факториального, построены по уравнениям, которые представлены в таблице 1.

Из рисунка 12 видно, что со смещением РПР от минимального до максимального положения на всех уровнях массы порции тресты плотность рулонов и повреждение стеблей тресты в них возрастают. Так, плотность рулонов возрастает от $16,7 \text{ кг/м}^3$ при их формировании пресс-подборщиком ПР-1,2Л и массе порции тресты 0,122 кг до $34,1 \text{ кг/м}^3$ при формировании рулонов пресс-подборщиком ППР-110 и массе порции тресты 0,049 кг. На всех уровнях массы порции тресты повреждение ее стеблей было выше в рулонах формирования пресс-подборщиком ППР-110 в сравнении с рулонами, сформированными пресс-



1 – пресс-подборщик ПР-1,2Л с ПК переменного объема; 2 – ППР-110 с ПК постоянного объема

Рисунок 11 – Изменение линейной массы $m_{сл}$ слоя стеблей в рулоне в зависимости от массы порции тресты $m_{тр}$, забираемой из ее ленты пальцами одной граблины подбирающего барабана пресс-подборщиков

подборщиком ПР-1,2Л, имеющим ПК переменного объема. По условиям исследований, повреждение стеблей не превышает 10 % при формировании рулонов пресс-подборщиком ПР-1,2Л. Такой уровень повреждения стеблей может быть обеспечен и при использовании на уборке тресты пресс-подборщика ППР-110 при условии его настройки на массу порции забираемой тресты, превышающую 0,850 кг, и установки РПР в минимальное положение.

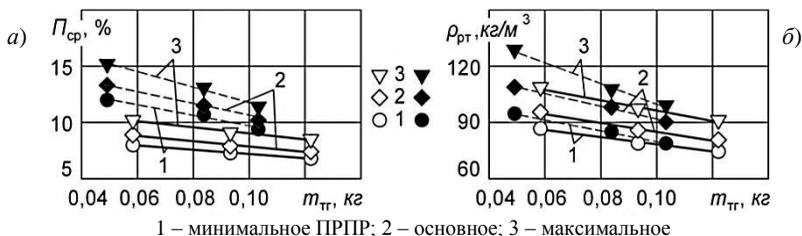


Рисунок 12 – Изменение повреждения стеблей тресты в рулоне P_{cp} (а) и его плотности ρ_{pt} (б) в зависимости от массы порции тресты $m_{тр}$, забираемой из ее ленты пальцами одной граблины подбирающего барабана пресс-подборщика ПР-1,2Л с ПК переменного объема (сплошные линии) и пресс-подборщика ППР-110 с ПК постоянного объема (пунктирные линии) при различном РПР

Таблица 1 – Прогностические функции изменения повреждения тресты в рулоне и его плотности уравнениями прямых в зависимости от массы порции тресты $m_{тр}$ (кг), забираемой из ее ленты пальцами одной граблины подбирающего барабана пресс-подборщиков ПР-1,2Л (числитель) и ППР-110 (знаменатель)

Положение регулятора плотности рулона	Уравнение	R^2 -коэффициент
Повреждение тресты P_{cp} , %		
Минимальное	$P_{cp} = 9,09 - 18,88 m_{тр}$	0,998
	$P_{cp} = 14,39 - 46,81 m_{тр}$	0,975
Основное	$P_{cp} = 10,23 - 23,73 m_{тр}$	0,982
	$P_{cp} = 15,84 - 51,75 m_{тр}$	0,999
Максимальное	$P_{cp} = 11,72 - 26,86 m_{тр}$	0,987
	$P_{cp} = 18,67 - 69,08 m_{тр}$	0,990
Плотность рулона тресты ρ_{pt} , кг/м ³		
Минимальное	$\rho_{pt} = 98,01 - 193,35 m_{тр}$	0,999
	$\rho_{pt} = 109,09 - 290,16 m_{тр}$	0,998
Основное	$\rho_{pt} = 108,89 - 235,44 m_{тр}$	0,986
	$\rho_{pt} = 125,09 - 337,59 m_{тр}$	0,994
Максимальное	$\rho_{pt} = 124,51 - 278,05 m_{тр}$	0,987
	$\rho_{pt} = 155,64 - 555,37 m_{тр}$	0,995

Следовательно, одним из путей снижения повреждения стеблей тресты в рулонах является увеличение массы порции льносырья, забираемой из ленты одной граблиной подборщика. Этого можно достичь,

ссылаясь на зависимости (2) и (5), путем выбора соответствующей скорости движения пресс-подборщика. Увеличить массу порции тресты, судя по зависимости (1), можно посредством увеличения высоты ленты льносырья. Для этого необходимо осуществлять сдвигание лент, используя соответствующие сдваиватели [1]. Повысить массу порции тресты можно и за счет увеличения линейной массы поднимаемой ленты льносырья (зависимости (2), (3) и (4)) посредством изменения массы одного стебля и их количества на 1 м ленты. Последние показатели в значительной степени зависят от густоты стеблестоя льна-долгунца перед уборкой и формируют уровень урожайности семян и волокна.

Заключение

1. В условиях эксперимента масса порции тресты, захватываемой из ленты одной граблиной подбирающего барабана пресс-подборщика, имела значение в пределах 0,049 – 0,122 кг.

2. В зависимости от используемых пресс-подборщиков с изменением массы порции тресты в указанных пределах линейная масса слоя стеблей в рулоне возрастает по прямолинейной зависимости от 0,18 до 0,63 кг/м. Интенсивность этого возрастания выше в рулонах, сформированных пресс-подборщиком ПР-1,2Л с ПК переменного объема в сравнении с рулонами формирования пресс-подборщиком ППР-110 с ПК постоянного объема.

3. В исследуемых пресс-подборщиках с увеличением массы порции тресты, захватываемой одной граблиной подбирающего барабана, повреждение тресты в рулонах и их плотность снижаются по прямолинейным зависимостям. Повреждение стеблей тресты в рулонах и их плотность выше в рулонах, сформированных пресс-подборщиком ППР-110 в сравнении с рулонами формирования пресс-подборщиком ПР-1,2Л.

4. Смещение регулятора плотности рулона в исследуемых пресс-подборщиках от минимального до максимального положения на всех уровнях изменения массы порции тресты, захватываемой одной граблиной, сопровождается повышением плотности рулонов тресты и ее повреждением.

5. Полученные результаты исследований впервые освещают связь параметров забираемой подборщиком порции тресты с технологическими параметрами и товарными качествами сформированных рулонов и могут быть использованы в реальных условиях уборки льнотресты для улучшения работы рулонных пресс-подборщиков.

22.05.2014

Литература

1. Ковалев, Н.Г. Наука и технический прогресс в льноводстве России / Н.Г. Ковалев, В.Г. Черников, А.А. Смирнов // Механизация и электрификация с. х. – Глевах: ННЦ «ИМЭСХ» УААН, 2001. – Вып. 25. – С. 56–62 (на укр. языке).

2. Нагорский, И.С. Эффективность механизации производства зерна и льна: состояние и перспективы / И.С. Нагорский, С.М. Карташевич, П.П. Казакевич // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1998. – № 6. – С. 32–34.
3. Климчук, В.М. Теоретические основы формирования рулонов льнотресты прессами с камерами переменного и постоянного объема / В.М. Климчук // Механизация и электрификация с. х. – Глеваха: ННЦ «ИМЭСХ» УААН, 2007. – Вып. 91. – С. 148–156 (на укр. языке).
4. Климчук, В.М. Сравнение технологических параметров и товарных качеств рулонов льнотресты, сформированных прессами с камерами переменного и постоянного объема / В.М. Климчук, В.В. Любченко, В.И. Каминский, Г.И. Карпека // Механизация и электрификация с. х. – Глеваха: ННЦ «ИМЭСХ» УААН, 2008. – Вып. 92. – С. 493–500 (на укр. языке).
5. Дударев, И.М. Исследование влияния параметров слоя льносырья на интенсивность вентилирования / И.М. Дударев // Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины. – 2010. – № 1 (16). – С. 69–72.

УДК 631.361.6

А.Н. Перепечаев

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

М.Н. Трибуналов

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

АНАЛИЗ МАШИН ДЛЯ СЕПАРАЦИИ СЫРОГО ЛЬНОВОРОХА

Введение

Важная роль в АПК Республики Беларусь принадлежит льноводству, для развития которого на территории нашей страны есть все необходимые природно-климатические условия. Среди возделываемых в настоящее время в республике сельскохозяйственных культур лен-долгунец занимает одно из первых мест по рентабельности производства. Лен и изделия из него практически без ограничений могут быть востребованы на международном рынке. Все больший интерес вызывают производство растительного масла из семян льна, а также получение больших объемов отходов его производства в виде жмыха и шрота. Использование последних в комбикормовой промышленности растет ежегодно, без чего невозможно дальнейшее интенсивное развитие молочного и мясного животноводства. Все вышеперечисленное позволяет назвать лен одной из перспективных культур для АПК нашей страны, а успешное решение проблем его семеноводства требует особого внимания разработчиков сельскохозяйственной техники.

Несмотря на все преимущества, льноводство в республике в течение последних лет отставало в своем развитии. Это обусловлено значи-

тельной трудоемкостью возделывания льна, недостаточным уровнем механизации ряда технологических процессов, а также нехваткой семян высоких посевных кондиций, которые приходится закупать за рубежом. Анализ динамики производства машин для послеуборочной обработки семян за последние 30 лет показывает, что есть проблема их нехватки в семеноводческой отрасли. Обеспеченность данной техникой составляет всего 10–12 % от требуемого объема.

В технологической схеме послеуборочной обработки льновороха самым ответственным звеном является досушивание, так как прежде всего от влажности материала зависят сохранность и изменение семенных свойств досушиваемого материала. Высокая влажность приводит к большим энергозатратам на досушивание. Это связано как с энергоемкостью самого процесса, так и с несовершенством технологии и конструкции значительной части действующих сушилок. В сельскохозяйственных предприятиях преобладают устаревшие (срок службы 17–18 лет, КПД топков не превышает 56 %) энерго- и металлоемкие конструкции (удельный расход топлива – 11...14 кг на плановую тонну, удельная металлоемкость – до 2000 кг на плановую тонну и выше). Начиная с 1990 г. произошел резкий спад производства сушильной техники, и дефицит сушильного оборудования сегодня оценивается в 30 % к потребности.

Следует также отметить, что в Республике Беларусь, которая не имеет собственных крупных запасов энергоносителей и испытывает большой дефицит энергетических ресурсов, энергозатраты на производство сельскохозяйственной продукции удовлетворяются за счет собственных источников только на 13 %. Поэтому экономия топливно-энергетических ресурсов в процессе досушивания льновороха (они составляют около 90 % всех энергетических затрат) и получение высококачественных семян за счет выбора рационального режима досушивания, а также изыскания новых рабочих органов для переработки льновороха является актуальной народнохозяйственной задачей [1].

Основная часть

В настоящее время практически все посева льна убирают льнокомбайнами. Существует три основных способа уборки льна: сноповой, комбайновый и раздельный. При сноповом способе обмолот льна производят после сушки снопов в поле, при раздельном – после сушки льна в лентах, при комбайновом – одновременно с терблением льна. Каждый способ уборки возможен со сдачей льнопродукции на льнозаводы третьей и соломкой.

Уборку льна при комбайновом способе производят льнокомбайнами «Русь» или ЛКВ-4А с вязкой в снопы и ЛК-4А – в расстил. Сушку вороха производят в напольных, конвейерных и карусельных сушилках с помощью воздухоподогревателей ВПТ-600, ТАУ-0,75 и других. Сухой

ворох с целью выделения из него семян льна перерабатывают на льномолотилке МВ-2,5А [2] или на льномолотилке-сепараторе МЛВ-2,0.

При нехватке сушильной техники отдельные хозяйства для переработки влажного льняного вороха используют переоборудованные зерноуборочные комбайны «Дон-1500» и СК-5 «Нива» [3]. В этом случае льноворох обмолачивают в поле в фазе полной спелости, а на пунктах производится досушивание льносемян. Однако в процессе сепарации сырого вороха в отходы вместе с путаниной идет до 30 % семян.

Раздельная уборка включает теребление льна теребилками ТЛН-1,5А в расстил на льнице с последующим (после подсыхания) одновременным подбором, обмолотом коробочек и оборачиванием ленты льноподборщиком-молотилкой ЛМН-1 или ПОЛ-1, или подборщиком-очесывателем-оборачивателем ПОО-1.

Ворох после обмолота ленты льноподборщиком-молотилкой ЛМН-1 состоит из неразрушенных коробочек (около 1 %), свободных семян (46...61 %) и мякины (36...53 %) [4]. Поэтому его рекомендуют предварительно очистить на веялке, отделив семена от мякины и полных коробочек. Семена затем поступают на очистку, как и после льномолотилки, а полные коробочки обмолачивают молотилкой МВ-2,5А или переоборудованным зерноуборочным комбайном. Такая технология имеет следующие недостатки: повышенную энергоемкость, большие потери семян из-за травмирования и недомолота, нерациональное использование зерноуборочного комбайна для обмолота льновороха во время уборки зерновых культур.

Наиболее прогрессивна и эффективна комбайновая технология уборки. После комбайновой уборки льна получают льняной ворох влажностью от 25 до 80 % с содержанием длинностебельных примесей в виде путанины и стеблей сорняков от 12 до 45 % [2].

Обмолот сырого вороха не нашел широкого распространения из-за следующих недостатков: обмолот сырого льновороха затруднен, велики потери семян от дробления и микроповреждений, часть семян не вымолачивается и выводится вместе с путаниной в отходы. При обмолоте сырого вороха зерноуборочным комбайном с путаниной может теряться до 24 % семян [5].

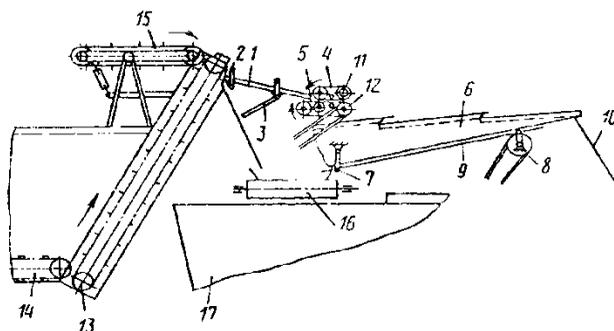
Обмолот на стационарном пункте применяется для сокращения сроков уборки и снижения расходов на сушку путем выделения из сырого вороха путанины. Сепарация может производиться следующими способами: вручную, тракторным погрузчиком ПЭ-0,8Б, переоборудованным зерноуборочным комбайном, переоборудованной молотилкой МВ-2,5А и прочими разделителями вороха [3].

В настоящее время для разделения влажного льновороха широко используют переоборудованную молотилку МВ-2,5А [6].

Наиболее приемлемой является технология переработки льновороха с обмолотом после сушки. При этой технологии переработки снижаются затраты труда, а также потери семян при обмолоте. Однако ни одна из технологий не позволяет в полной мере решить поставленных задач. Основная причина – в несовершенстве молотильных устройств для обработки вороха, что требует разработки и исследования новых, более эффективных конструкций.

Сравнительно эффективным способом является применение для сепарации вороха питателя-дозатора, состоящего из платформы и гребенчатого транспортера. После гребенчатого транспортера устанавливаются два параллельно работающих клавишных соломотряса зерноуборочного комбайна СК-5М «Нива». Угол наклона соломотрясов составляет 16° , а их ширина – 2,5 метра. Недостатками такого устройства являются повышенный расход электроэнергии на привод соломотряса, имеющего большую массу и габаритные размеры, а также потери семян с неочесанными головками, которые достигают 5...10 %.

Известно устройство для загрузки и сепарации льновороха к сушилкам (патент SU 1727662) [7] (рисунок 13), содержащее сепарирующую решетку 1, установленную на подвесках 2, которая приводится в колебательное движение от привода через коромысло 3. Имеются перетирающий рабочий орган, состоящий из ленточных транспортеров 4 и 5, расположенный под ним клавишный соломотряс 6, установленный на подвесках 7 и на ведущем валу 8, лоток 9 схода семян и лоток схода пуханины 10. Транспортеры 4 и 5 кинематически связаны с приводным устройством через ведущую звездочку 11 и блок-звездочку-шкив 12.



1 – сепарирующая решетка; 2 – подвески; 3 – коромысло; 4, 5 – ленточные транспортеры; 6 – клавишный соломотряс; 7 – подвесы; 8 – ведущий вал; 9, 10 – лотки; 11 – ведущая звездочка; 12 – блок-звездочка-шкив; 13 – гребенчатый транспортер; 14 – приемный транспортер; 15 – транспортер-выравниватель; 16 – транспортер-питатель; 17 – сушилка

Рисунок 13 – Схема устройства для загрузки и сепарации льновороха к сушилкам

Перед сепарирующей решеткой 1 установлен гребенчатый транспортер 13, на который ворох подается с приемного транспортера 14. Над гребенчатым транспортером 13 размещен транспортер-выравниватель 15. Под сепарирующей решеткой 1 расположен транспортер-питатель 16, подающий свободные семена в сушилку 17.

Недостатком такого устройства является неполное разделение льняного вороха. В перетирающем устройстве происходит жгутообразование, из-за чего нераздавленные семенные коробочки льна сходят вместе с путаниной, что приводит к большим потерям семян.

Наиболее широко в настоящее время применяется обмолот сырого вороха зерноуборочным комбайном, хотя и сопровождается большими потерями семян от недомолота, дробления и микроповреждений. При этом с путаниной может теряться до 24 % семян. Кроме того, если не обеспечить надежной герметизации всех соединений, то потери по этой причине достигают 5 % семян.

Также широко для разделения влажного льновороха используют переоборудованную молотилку МВ-2,5А. Для обмолота вороха устанавливают минимальную частоту вращения барабана (400 мин^{-1}); увеличивают зазор между бичами барабана и декой: на входе – 20...22 мм, на выходе – 8...9 мм; отключают терочный аппарат и элеватор возврата, а транспортер возврата вынимают из кожуха; открывают люк нижней головки элеватора и направляют мелкий ворох, подаваемый шнеком возврата, в приемное окно пневмотранспортера, который подает его в сушилку. При этом отмечают высокую энергоемкость процесса, большие потери семян из-за травмирования и микроповреждений.

Известна также машина для отделения соломистой массы от вороха, состоящая из загрузочного окна, бильного барабана с декой, соломотряса и устройства для вывода соломистой массы и семян.

Улучшение отделения соломистой массы от семян при наименьшем их травмировании достигается тем, что соломотряс установлен под загрузочным окном, а бильный барабан с декой размещен между выходным концом соломотряса и устройством для вывода соломистой массы, выполненным в виде установленных друг за другом уплотнителя и измельчителя.

Ворох, поступающий от льноуборочных комбайнов, подается в приемный ковш. Жалюзийные клавиши, совершая круговое поступательное движение, протряхивают его, причем мелкие составляющие проваливаются на транспортер и выводятся через выгрузную воронку. Соломистые примеси, содержащие некоторое количество семян, по верху клавиши поступают в пространство между барабаном с декой и отбойным битером и обмолачиваются. Семена проваливаются сквозь деку, а соломистая масса уплотняется уплотнителем, измельчается барабаном измельчителя и выводится вентилятором.

Недостатком данного устройства является то, что семена в значительной степени повреждаются барабаном, причем семенные коробочки льна без надобности измельчаются, воздухопроницаемость вороха понижается, условия сушки становятся хуже.

Устройство для отделения грубых примесей (рисунок 14), установленное над конвейером 1 сушилки, содержит подающий транспортер 2, снабженный планками 3, транспортер-выравниватель 4, подпружиненный каток 5 с зубьями 6 конусообразной формы и загрузочный барабан 8 с серповидными зубьями 9. Ворох, проходя между планками транспортера 2 и катком 5, уплотняется, что способствует отделению коробочек при вытаскивании зубьями 9 стеблей из слоя с последующей подачей на грохот 10. Пружиной 7 регулируется необходимое усилие сжатия вороха.

Конусообразная форма зубьев 6 способствует очищению катка от намоток, так как при взаимодействии с зубьями барабана возникает сила, направленная от основания зуба по образующей конуса. Прижимной каток 5 и подающий транспортер 2 кинематически связаны и имеют одинаковые линейные скорости.

При вытаскивании стебля из сжатого слоя, образующего как бы объемную решетку, коробочка защемляется беспорядочно расположенными в массе стеблями, препятствующими ее перемещению, и, отрываясь, остается в слое, а стебель зубом 9 вытаскивается из слоя и под действием центробежной силы сбрасывается на грохот 10.

При малой подаче некоторые стебли подвергаются воздействию зубьев барабана неоднократно (при определенном положении их в слое). В этом случае коробочки от стеблей будут отделяться путем непосредственного контакта зубьев с коробочками.

Отделенные от стеблей свободные коробочки, семена и другая мелкая фракция по мере перемещения слоя просыпаются на грохот и, проходя через его отверстия, поступают на конвейер 1 сушилки. Длинностебельная масса барабаном также сбрасывается на грохот, имея большие размеры, чем семена и головки, не просеивается через его отверстия и перемещается за пределы сушилки. Недостатком данного устройства является то, что качественное отделение коробочек от стеблей в результате защемления их между стеблями маловероятно, что увеличит потери семян с неотделенными головками, воздухопроницаемость вороха понизится, следовательно, условия сушки станут хуже.

Устройство для сепарирования сырого вороха (патент РФ № 2292704 (рисунок 15) [8]) состоит из барабана 1 с бичами 2, охватывающей барабан 1 деки, выполненной из двух половинок – верхней 3 и нижней 4, загрузочного бункера 5 с транспортирующим устройством 6 и просеивающей решеткой 7, устройства выброса путанины 8 и ленточного транспортера 9 отсепарированных коробочек.

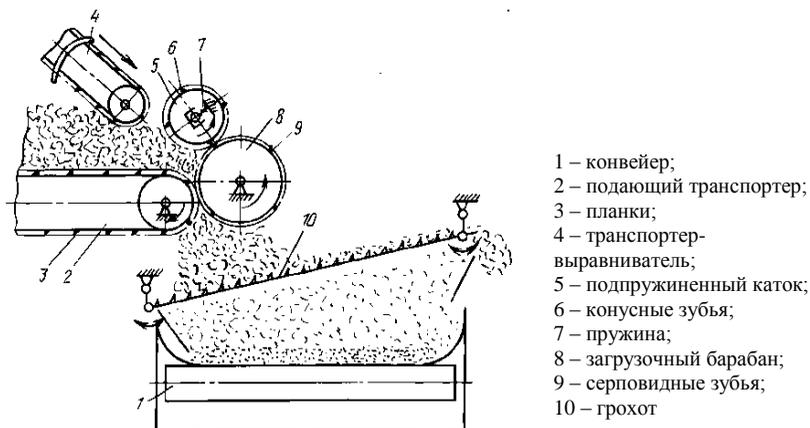
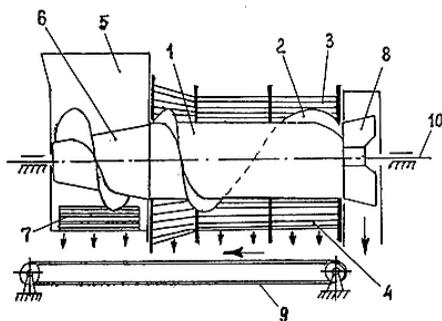


Рисунок 14 – Устройство для отделения грубых примесей

Основным недостатком данного устройства является неизбежность травмирования семян льна вследствие перетирания вороха бичами.

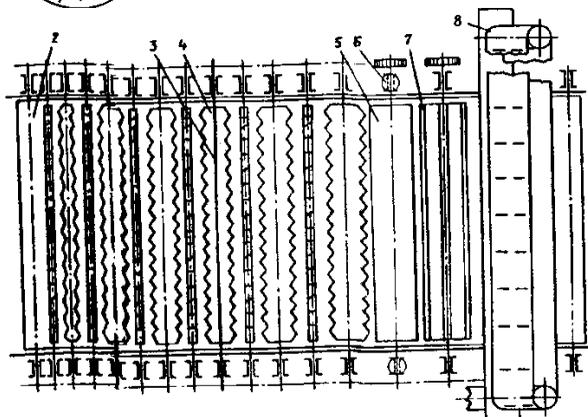
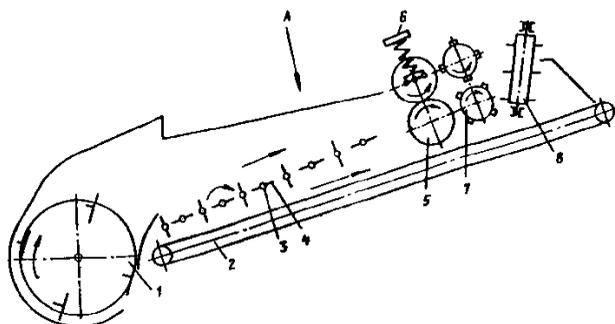
Известно еще одно устройство для разделения льняного вороха. Устройство установлено за очесывающим барабаном 1 (рисунок 16) над лентой транспортера 2 вороха. Оно содержит сепарирующий орган с активной рабочей поверхностью, образованной рядом параллельных валиков 3 с закрепленными на них пилообразными пластинами 4 различной ширины.

Пластины расположены последовательно в порядке увеличения их ширины. Оси вращения пластин расположены в одной плоскости. Каждая последующая пластина перпендикулярна предыдущей и сдвинута в осевом направлении на половину шага выступов.



- 1 – барабан;
- 2 – бичи;
- 3 – верхняя дека;
- 4 – нижняя дека;
- 5 – загрузочный бункер;
- 6 – конический шнек;
- 7 – просеивающая решетка;
- 8 – устройство выброса пухлятины;
- 9 – ленточный транспортер,
- 10 – вал

Рисунок 15 – Устройство для сепарирования сырого вороха



- 1 – очесывающий барабан;
- 2 – транспортер;
- 3 – валики;
- 4 – пилообразные пластины;
- 5 – плющильные вальцы;
- 6 – пружины;
- 7 – битеры;
- 8 – ленточный транспортер

Рисунок 16 – Устройство для разделения льняного вороха

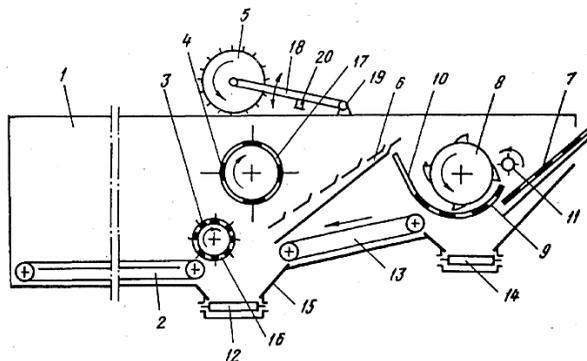
В устройство входят плющильные вальцы 5 с эластичной поверхностью, один из которых прижимается к другому посредством регулируемых пружин 6, битеры 7 с продольными выступами, установленные так, что выступы одного битера расположены между выступами другого, и приспособление для удаления пухлятины, выполненное, например, в виде ленточного транспортера 8 с конусными пальцами. Транспортер

установлен наклонно, под большим углом, чем угол трения коробочек льна о ленту транспортера.

В процессе перемещения путанины на нее воздействует несколько пластин с возрастающей линейной скоростью пилообразных выступов, в результате чего пучки стеблей прочесываются и растягиваются, а стебли ориентируются в направлении движения. При этом скользянию стеблей вдоль пластин препятствуют пилообразные выступы.

Недостатком указанного устройства является малая интенсивность сепарации, отход с путаниной семян, содержащихся в неотделенных от стеблей коробочках, что приводит к недостаточно качественному разделению вороха.

Молотильно-сепарирующее устройство вороха льна (патент SU 1209090 (рисунок 17) [9]) состоит из приемного бункера 1 с подающим транспортером 2, подающего барабана 3 с продольными выступами, очесывающего барабана 4, счесывающего барабана 5 с продольными выступами, соломотряса 6, грохота 7, бильного барабана 8, деки 9 со скатной доской 10, отбойного битера 11, а также выгрузных транспортеров 12–14 мелких фракций и скатной доски 15. В подающем и очесывающем барабанах имеются окна 16 и 17 для просеивания сквозь них мелких фракций льновороха.



1 – приемный бункер; 2 – подающий транспортер; 3 – подающий барабан; 4 – очесывающий барабан; 5 – счесывающий барабан; 6 – соломотряс; 7 – грохот; 8 – бильный барабан; 9 – дека; 10 – скатная доска; 11 – отбойный битер; 12–14 – выгрузные транспортеры мелких фракций; 15 – скатная доска; 16 и 17 – окна для просеивания мелких фракций льновороха; 18 – промежуточное звено; 19 – шарнир; 20 – ограничитель хода

Рисунок 17 – Молотильно-сепарирующее устройство вороха льна

Счесывающий барабан 5 установлен на промежуточном звене 18, которое соединено с корпусом устройства посредством шарнира 19 и снабжено ограничителем 20 хода.

При сравнении проанализированных сепараторов сырого вороха можно выделить основные их недостатки:

- ◆ большие потери семян с ворохом и с необорванными коробочками (до 20 %);
- ◆ низкое качество разделения вороха (содержание примесей в ворохе после сепарации – до 30 %);
- ◆ травмирование и микроповреждения семян – до 9 %;
- ◆ излишнее измельчение вороха, что приводит к низкой воздухопроницаемости при дальнейшей сушке;
- ◆ большие энергозатраты на привод сепаратора (до 6 кВт на тонну переработанного вороха).

Заключение

Из проведенного анализа существующих технологий и машин для разделения сырого льновороха можно сделать вывод, что до настоящего времени практически нет эффективных машин и оборудования для разделения льновороха на путанину, семенные коробочки и свободные семена перед закладкой в сушилку.

При сравнении проанализированных сепараторов сырого вороха можно выделить основные их недостатки:

- большие потери семян с ворохом и с необорванными коробочками;
- низкое качество разделения вороха (содержание примесей в ворохе после сепарации);
- травмирование и микроповреждения семян.

Исходя из вышесказанного, необходимо провести исследования с целью разработки эффективной технологии и обоснования режимов для разделения сырого льновороха перед сушкой.

11.08.2014

Литература

1. Шимановский, А.Л. Обоснование необходимости перемешивания льновороха при досушивании / А.Л. Шимановский, А.С. Алексеенко // НИРС–2005: сборник тезисов докладов 10 респ. науч. конф. студентов и аспирантов высш. учеб. заведений Респ. Беларусь, Минск, 14–16 февр. 2006 г.: в 3 ч. / Мин-во образования Респ. Беларусь; в авт. ред. – Минск, 2005. – Ч. 3. – С. 108.
2. Шаршунов, В.А. Выбор режима работы двухъярусной карусельной сушилки / В.А. Шаршунов, В.Е. Круглень, А.С. Алексеенко, А.Н. Кудрявцев, В.И. Коцуба // *Ekologiczne aspekty mechanizacji produkcji roslinnej: materialy 11 Miedzynar. symp., Warszawa, 13–14 wrzesn. 2005 г.* / In-t budownic.mech. i elektr. rolnictwa; Komitet Naukowy: J. Hamań [i i.]. – Warszawa, 2005. – S. 163–168.
3. Круглень, В.Е. Анализ существующих установок для досушивания льновороха / В.Е. Круглень, А.Н. Кудрявцев, А.С. Алексеенко // *Актуальные проблемы механизации сельскохозяйственного производства: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 55-летию образования фак. механизации сел. хоз-ва Белорус. гос. с.-х. акад., Горки, 5–7 дек. 2002 г.* / Белорус. гос. с.-х. акад.; редкол.: В.А. Шаршунов (отв. ред.) [и др.]. – Горки, 2005. – С. 129–134.

4. Кругленья, В.Е. Энергосберегающая технология и машины для досушивания и обмолота льновороха / В.Е. Кругленья, А.Н. Кудрявцев, А.С. Алексеенко // Актуальные проблемы механизации мелиоративного и водохозяйственного строительства: материалы респ. науч.-практ. конф., посвящ. 35-летию каф. мелиоративных и строительных машин БГСХА, Горки, 29–30 мая 2002 г. / Беларус. гос. с.-х. акад.; редкол.: А.Н. Карташевич (отв. ред.) [и др.]. – Горки, 2003. – С. 62–67.
5. Кругленья, В.Е. Обоснование конструктивных параметров рыхлителя вороха карусельной сушилки / В.Е. Кругленья, А.С. Алексеенко, В.И. Коцуба, С.В. Курзенков // Вестн. Беларус. гос. с.-х. акад. – 2008. – № 1. – С. 110–113.
6. Шаршунов, В.А. Определение продолжительности досушивания льновороха усовершенствованной карусельной сушилкой / В.А. Шаршунов, В.Е. Кругленья, А.С. Алексеенко, А.Н. Кудрявцев, В.И. Коцуба // Экологические аспекты механизации растениеводства: материалы 13 Междунар. симп., Горки, сент. 2007 г. / Беларус. гос. с.-х. акад.; Научный комитет: А. Шептыцкий [и др.]. – Горки, 2007. – С. 150–153.
7. Устройство для загрузки и сепарации сырого льновороха: пат. 1727662 (SU), МПК 5 А01D45/06 / Ю.И. Боярчук, М.М. Ковалев, В.И. Зеленко, А.И. Тогоев; заявитель Всесоюзный научно-исследовательский институт льна. – № 4790430; заявл. 13.02.1990; опубл. 23.04.1992. – 1992. – Бюл. № 15.
8. Устройство для сепарирования сырого вороха: патент РФ № 2292704, А01F11/02 / А.Ф. Еругин, Д.Ю. Лачуга, Н.И. Кленин, М.М. Ковалев, Ю.А. Медведев, Г.Н. Цупрова, Н.А. Калашникова; заявитель ГНУ ВНИПТИМЛ Россельхозакадемии. – заявл. 29.06.2005; опубл. 10.02.2007 // Изобретения. Полезные модели / Официальный бюллетень ФГУ ФИПС.
9. Молотильно-сепарирующее устройство вороха льна: пат. 1209090 (SU), МПК 4 А01F11/02 / Н.Д. Шевчук, В.Е. Логинов, А.С. Смирнов, В.П. Акимова, В.В. Зайцев; заявитель Смоленский филиал Всесоюзного научно-исследовательского института электрификации сельского хозяйства, завод «Бежецксельмаш». – № 3792578; заявл. 06.07.1984; опубл. 07.02.1986. – 1986. – Бюл. № 5.

УДК 631.363.284

А.Н. Перепечаев

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

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СГРУЖИВАНИЯ ЛЬНА

Введение

Уборка льна-долгунца – наиболее трудоемкая и ответственная работа, от которой во многом зависит не только сохранение выращенного урожая, но и качество льнопродукции. На уборку и первичную обработку льна приходится до 70 % всех затрат в льноводстве.

Своевременная уборка и возможность реализации тресты высокого качества уже немыслимы без использования пресс-подборщиков. В

настоящее время рулонная технология уборки льнотресты получает все большее распространение в производстве.

Заготовка льнотресты в рулоны производится с использованием прицепных и самоходных машин. Парк самоходных пресс-подборщиков в хозяйствах республики составляет около 10 %. Основным фактором их незначительного применения является высокая стоимость, влекущая за собой значительные амортизационные издержки в себестоимости эксплуатационных затрат. В то же время одним из значимых показателей при агротехнической оценке работы подборщиков является растянутость стеблей в ленте и рулоне. Данный показатель оказывает непосредственное влияние на выход длинного льноволокна при переработке льнотресты на стационарных линиях. Увеличение растянутости снижает выход длинного волокна, и наоборот.

Растянутость стеблей в ленте и в последующем в рулоне зависит от ряда факторов, значительное место среди которых занимает точность наведения подбирающего механизма на ленту, последняя, в свою очередь, зависит от траектории движения машины относительно ленты.

Определение оптимальных режимов и параметров работы подборщика позволит добиться получения льнотресты в рулоне с заданными параметрами, что поспособствует увеличению выхода длинного волокна на стационарных линиях переработки.

Основная часть

С целью уточнения влияния режимов работы органов и устройств пресс-подборщика на процесс сгуживания льнотресты в рулонах была проведена экспериментальная проверка в условиях хозяйства.

Программой полевых испытаний предусматривались:

- экспериментальное исследование влияния скорости агрегата и отношения скорости подбирающего барабана к скорости движения агрегата на процесс сгуживания льна в ленте;
- экспериментальное исследование влияния скорости движения транспортера и движения лент прессующего барабана при выбранных оптимальных параметрах скорости движения агрегата и соотношения скорости подбирающего барабана к скорости движения агрегата на процесс сгуживания льна в рулоне.

Целью исследований являлось нахождение оптимальных параметров работы пресс-подборщика.

Экспериментальный образец агрегата позволял:

- ♦ изменять скорость поступательного движения в диапазоне от 6,5 км/ч до 12 км/ч;
- ♦ изменять соотношение скорости подбирающего барабана в зависимости от скорости агрегата.

Основные параметры работы подборщика определялись по стандартной методике. Опыты проводились в соответствии с ГОСТ 20915–75 [1], РД 10.23.5–91 и СТБ 1194–2007 [2] с использованием рабочей программы и методики испытаний [3].

Испытания проходили на базе ОАО «Пуховичский льнозавод» в Пуховичском районе Минской области.

Результаты измерений приведены в таблице 2.

По результатам, полученным в процессе исследований, был произведен расчет с целью определения оптимизированных параметров работы экспериментальной установки.

Таблица 2 – Зависимость сгуживания стеблей льна от скорости агрегата и отношения скорости агрегата к скорости подборщика

Скорость движения агрегата V , м/с	Исходная плотность ленты льна, г/м	Отношение скорости агрегата к скорости подборщика, λ	Сгуживание (средние значения по каждому варианту) y , г/м
1,8	628	0,79	790
1,8	736	0,85	870
1,8	1028	0,89	1220
2,5	628	0,81	750
2,5	736	0,86	870
2,5	1028	0,9	1160
3,3	628	0,81	780
3,3	736	0,86	830
3,3	1028	0,91	1190

Из таблицы 2 видно, что чем ниже отношение скорости агрегата к скорости подборщика, тем выше процент сгуживания. Однако при высоких коэффициентах сгуживания и исходной плотности ленты происходит нарушение технологического процесса подбора (сгуживание ленты, забивание под направляющие прутки, вплоть до полной остановки). При более высоких соотношениях скоростей процесс уплотнения практически не происходит. Исходя из этого, в таблице 2 указаны данные, имеющие наименьшие значения скорости агрегата к скорости подборщика.

Для аппроксимации имеющихся статистических данных использовано уравнение регрессии линейного вида [4]:

$$y = a_0 + a_1 \cdot x_1,$$

где y – отношение скорости агрегата к скорости подборщика;

x_1 – исходная плотность ленты льна, г/м;

a_i – неизвестные коэффициенты регрессии.

Коэффициенты регрессии определялись методом наименьших квадратов. В результате получены уравнения, описывающие зависи-

мость отношения скорости агрегата к скорости подборщика от исходной плотности ленты льна для 1,8, 2,5, 3,3 м/с, уравнения (1), (2) и (3) соответственно:

$$y = 0,6628 + 0,0002 \cdot x_1; \quad (1)$$

$$y = 0,6919 + 0,0002 \cdot x_1; \quad (2)$$

$$y = 0,6738 + 0,0002 \cdot x_1. \quad (3)$$

С целью определения влияния транспортера и прессующего барабана на процесс сгруживания стеблей льна в рулоне при заданной скорости агрегата и отношении λ производились измерения скорости транспортера и лент барабана.

Измерения скорости транспортера и лент барабана для определения влияния транспортера и прессующего барабана на процесс сгруживания стеблей льна в рулоне при заданной скорости агрегата и отношении λ сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Влияние скорости транспортера и скорости лент прессующего барабана на сгруживание стеблей льна в рулоне

Средняя плотность ленты после подбирающего барабана, г/м	Отношение скорости транспортера к скорости подбирающего барабана, λ_2	Средняя плотность стеблей после транспортера, г/м	Отношение скорости прессующего барабана к скорости транспортера, λ_3
770	0,88	880	0,36
860	0,9	960	0,39
1190	0,91	1310	0,52

Отношение скорости транспортера к скорости подбирающего барабана λ_2 ниже 0,88, 0,9 и 0,91 при различной исходной плотности приводило к нарушению технологического процесса, в связи с этим для расчета принимались наименьшие соотношения.

Зависимость соотношения скорости транспортера к скорости подбирающего барабана описывается уравнением:

$$y = 0,84 + 0,00006 \cdot x_2,$$

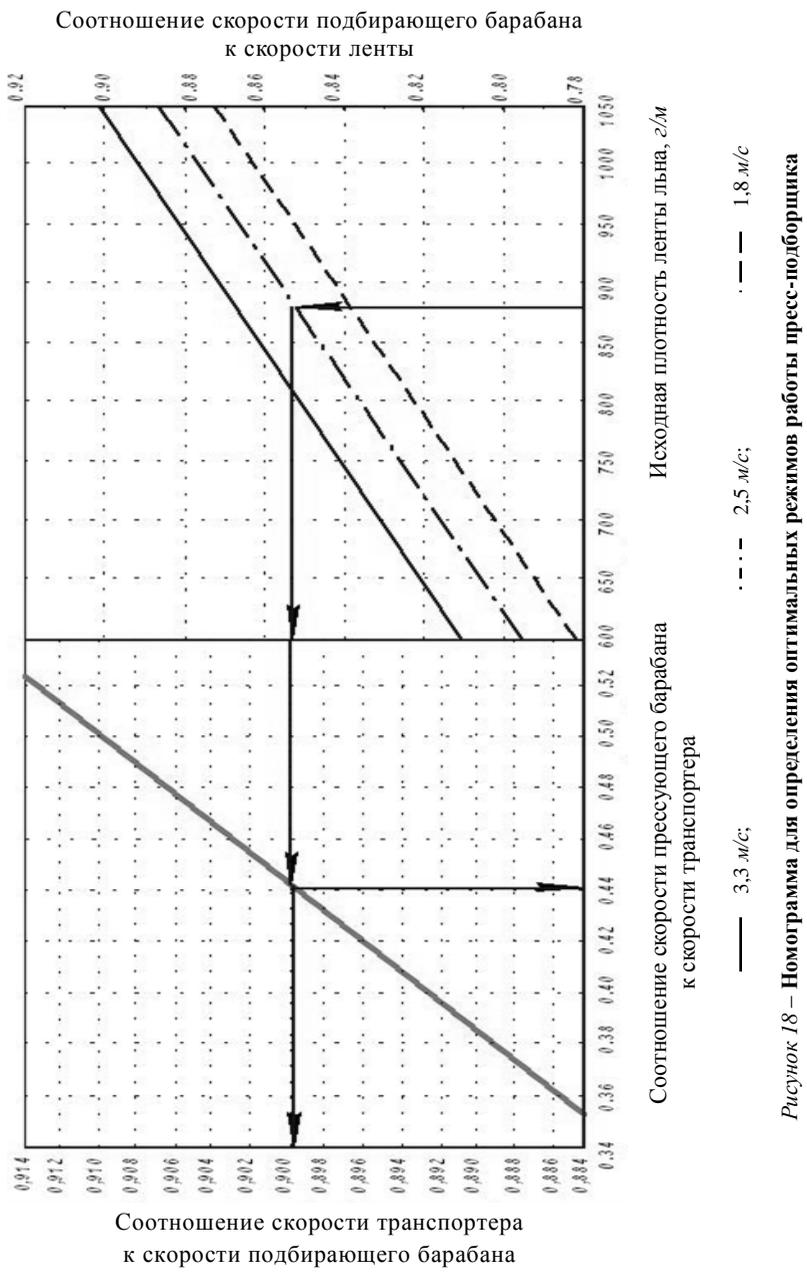
где x_2 – плотность ленты после подбирающего барабана, г/пог.м.

Зависимость соотношения скорости вращения прессующего барабана к скорости транспортера описывается уравнением:

$$y = 0,0328 + 0,0004 \cdot x_3,$$

где x_3 – плотность ленты после транспортера, г/м.

По результатам обработки экспериментальных данных была построена номограмма для определения оптимальных режимов работы пресс-подборщика (рисунок 18).



Соотношение скорости транспортера
к скорости подбирающего барабана

Выводы

Приведенные расчеты и построенные по ним зависимости, а также номограмма позволяют выбрать оптимальное соотношение скоростей движения и скорости рабочих органов исходя из начальной линейной плотности валка льна на стлище. Данные настройки позволят получить толщину слоя в рулоне требуемой плотности, что в дальнейшем будет положительно сказываться на выходе длинного волокна при обработке.

05.06.2014

Литература

1. Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний: ГОСТ 20915–77. – Введ. 01.01.1977. – М.: Госкомитет стандартов, 1975. – 35 с.
2. Треста льняная. Требования при заготовках: СТБ 1194–2007. – Введ. 01.06.2008. – Минск: Госстандарт, 2008. – 19 с.
3. Красовский, Г.И. Планирование эксперимента / Г.И. Красовский, Г.Ф. Филаретов. – Минск: Изд-во БГУ им. В.И. Ленина, 1982. – 304 с.
4. Венцель, Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Венцель. – М.: Наука, 1969. – 576 с.

УДК 631.363

**Н.А. Горбацевич, П.В. Яровенко,
Л.И. Трофимович**

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

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ
ПРЕСС-ПОДБОРЩИКА
ДЛЯ ПРЕССОВАНИЯ
ГРУБЫХ КОРМОВ
В КРУПНОГАБАРИТНЫЕ
ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ ТЮКИ**

Введение

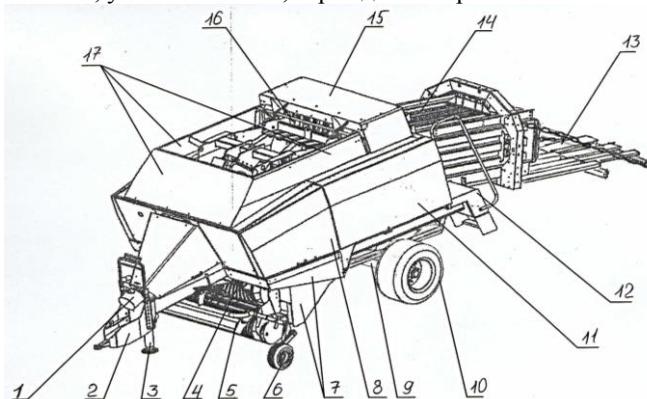
В отечественной и мировой практике наиболее распространены технологии заготовки кормов в прессованном виде. Так, грубые корма заготавливаются только в прессованном виде. Широко внедряются технологии заготовки провяленных трав и силоса, запрессованных в рулоны или тюки, упакованные в полимерные материалы (пленку или рукава). Заготовленные по названным технологиям корма имеют самое высокое качество с наименьшими потерями растительного сырья. При этом затраты ресурсов (металла, топлива и труда) на заготовку кормов минимальны.

В мировой практике расширяется применение пресс-подборщиков для прессования грубых кормов в крупногабаритные прямоугольные тюки. Это позволяет с высокой производительностью прессовать, транспортировать и с минимальными затратами хранить корма [1, 2].

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» и ОАО «Управляющая компания холдинга «Бобруйскагромаш» разработали пресс-подборщик тюковый ПТ-800, позволяющий эффективно решать задачу заготовки грубых кормов.

Устройство и работа пресс-подборщика тюкового ПТ-800

Пресс-подборщик (рисунок 19) состоит из привода 1, тягово-сцепного устройства 2, стояночной опоры 3, сужающих шнеков с измельчающим устройством 4, подборщика 5, копирующих колес подборщика 6, ограждения привода подборщика 7, ограждения загрузочной камеры 8, оси моста 9, арочного колеса 10, ограждения прессовальной камеры 11, лестницы 12, выгрузного лотка 13, прессовальной камеры 14, ограждения узловязателя 15, узловязателя 16, ограждения верхнего 17.



- 1 – привод; 2 – тягово-сцепное устройство; 3 – стояночная опора; 4 – сужающие шнеки с измельчающим устройством; 5 – подборщик; 6 – копирующие колеса подборщика; 7 – ограждение привода подборщика; 8 – ограждение загрузочной камеры; 9 – ось моста; 10 – арочное колесо; 11 – ограждение прессовальной камеры; 12 – лестница; 13 – выгрузной лоток; 14 – прессовальная камера; 15 – ограждение узловязателя; 16 – узловязатель; 17 – ограждение верхнее

Рисунок 19 – Схема пресс-подборщика ПТ-800

Тягово-сцепное устройство служит для соединения пресс-подборщика с трактором. Оно оборудовано регулируемой по высоте сцепной петлей и гидравлической стояночной опорой.

Подбор растительной массы производится из валков, располагающихся при рабочем движении агрегата между колесами трактора. Подборщик – барабанного типа, подъем и опускание его осуществляются при помощи гидроцилиндров. Опирается подборщик на регулируемые по высоте копирующие колеса, с помощью которых регулируется рабочая высота его зубьев. Две пружины, установленные на обеих сторонах подборщика, обеспечивают его навешенное положение.

Между подборщиком и загрузочной камерой установлен ротор (сужающие шнеки и измельчающий аппарат). Ротор забирает растительную массу из подборщика, измельчает ее и подает в загрузочную камеру, посредством пяти зубьев вилочного набивателя растительная масса пе-

редается в камеру прессования. Измельчитель состоит из активного спиралевидного подающего ротора и неподвижно установленных ножей-противорезов. Ножи – серповидной формы, регулируемые гидросистемой. Нерабочее положение – ножи опущены вниз.

Камера прессовальная служит для формирования убираемой массы в прямоугольные тюки. Состоит из поддона и подвижных боковых и верхней панелей, регулируемых с помощью гидравлической системы, сжимающей панели для регулировки плотности прессования. Прессующий ползун (поршень) предназначен для спрессовывания порций подаваемой из загрузочной камеры растительной массы с образованием пласта. Цикл работы поршня – 45 ход./мин, ход поршня – 69,5 см. Для предохранения от заедания при перемещении поршень снабжен роликами, которые перекатываются в направляющих прессовальной камеры. Возвратно-поступательное перемещение поршня обеспечивается преобразованием вращательного движения выходного вала редуктора главной передачи эксцентриком и шатуном.

Вязальный аппарат выполняет обмотку (включение, подачу шпагата, образование и сьем узла, выключение) за один ход поршня (туда и обратно). Тюк обвязывается нитями шпагата, вытягиваемого из бобин, находящихся в кассетах пресса, после обвязки тюка шпагат обрезается.

Результаты испытаний пресс-подборщика

Опытный образец пресс-подборщика ПТ-800 был изготовлен в ОАО «Управляющая компания холдинга «Бобруйскагромаш» (рисунок 20) и прошел приемочные испытания в ИЦ ГУ «Белорусская МИС» [3].

Результаты, полученные в ходе проведенных испытаний, представлены в таблицах 4, 5.



а)



б)

а) вид спереди; б) вид сзади

Рисунок 20 – Пресс-подборщик ПТ-800 в работе

Таблица 4 – Техническая характеристика пресс-подборщика ПТ-800 (функциональные и эксплуатационно-технологические показатели)

Наименование показателя	Значение
1	2
Тип	полуприцепной
Частота вращения ВОМ, мин^{-1}	1000
Рабочая скорость, км/ч	6–12
Транспортная скорость, км/ч	не более 25
Масса пресс-подборщика (конструктивная), кг	не более 7800
Габаритные размеры пресс-подборщика, мм , не более в рабочем положении: <ul style="list-style-type: none"> • длина • ширина • высота в транспортном положении: <ul style="list-style-type: none"> • длина • ширина • высота 	<p>9100</p> <p>2800</p> <p>3100</p> <p>7900</p> <p>2800</p> <p>2800</p>
Дорожный просвет, мм	не менее 300
Ширина колеи, мм	2130 ± 100
Типоразмер шин	600/50-22,5-12 PR
Ширина захвата подборщика, мм	2100
Число зубьев, <i>шт.</i>	120
Шаг зубьев, мм	61
Типоразмер опорных шин	1,5x6,00-6V64
Габаритные размеры камеры прессовальной, мм : <ul style="list-style-type: none"> • длина • ширина • высота 	<p>2750</p> <p>800</p> <p>700</p>
Ход ползуна (поршня), мм	690 ± 10
Частота движения ползуна (поршня), ход./мин	45
Количество ножей, <i>шт.</i>	10
Количество узловязателей, <i>шт.</i>	4
Количество катушек со шпагатом, <i>шт.</i>	не более 24
Расстояние между нитями шпагата, мм	180
Рекомендуемый шпагат, м/кг	130–150 (синтетический)
Давление в гидросистеме трактора, МПа ,	не менее 16,0
Давление прессования автономной гидросистемы (регулируемая), МПа	5,0–18,0
Производительность за час основного времени, <i>т</i> : <ul style="list-style-type: none"> • на сене • на соломе • на подвяленной траве 	<p>12,5–25,0</p> <p>8,5–17,0</p> <p>11,0–22,0</p>
Чистота подбора, %	97–99
Длина тюка, см	60–300
Ширина тюка, см	80
Высота тюка, см	80

1	2
Плотность прессования, $кг/м^3$: <ul style="list-style-type: none"> • на сене влажностью 20–22 % • на соломе влажностью 16–22 % • на подвяленной траве влажностью 45–50 % 	150–220 110–150 300–600
Невязь тюков	не допускается
Расход обвязочного материала, $кг/т$	не более 1,1
Длина измельчения, $мм$	75–90
Удельный расход топлива за час сменного времени с трактором «Беларус-3022», $кг/т$	не более 1,3
Наработка на отказ, $ч$	не менее 100
Срок службы, $лет$	не менее 9
Эксплуатационно-технологические коэффициенты: <ul style="list-style-type: none"> • использования сменного времени • использования эксплуатационного времени • надежности технологического процесса 	не менее 0,73 не менее 0,72 не менее 0,99
Коэффициент готовности по оперативному времени	не менее 0,98
Ежесменное оперативное время технического обслуживания, $ч$	не более 0,20
Удельная суммарная оперативная трудоемкость технических обслуживаний, $чел.-ч/ч$	не более 0,032
Ресурс до списания, $ч$	1350
Удельная масса, $кг-ч/т$	не более 650
Количество обслуживающего персонала, $чел.$	1 тракторист-машинист

Таблица 5 – Показатели экономической эффективности в сравнении с пресс-подборщиком Big Pack 890 XC фирмы Krone (Германия)

Наименование показателя	Значение	
	по ТЗ	по результатам испытаний
Годовой приведенный экономический эффект, тыс. руб.	99076,5	482013,9
Годовая экономия себестоимости механизированных работ, тыс. руб.	48330,6	235459,5
Степень снижения себестоимости механизированных работ, %	36,7	47,6
Срок окупаемости абсолютных вложений, лет	7,1	4,3
Капитализированная стоимость новой техники, тыс. руб.	424045,3	2064093,4
Степень снижения производственных затрат, %	23,2	49,0

Заключение

1. Как показали испытания, пресс-подборщики тюковые высокого давления для прессования кормов в крупногабаритные тюки имеют ряд технологических преимуществ: большую плотность и компактность тюков в сравнении с рулонами, меньшие потери кормовой массы при подборе и прессовании, обеспечивают заметное повышение темпов уборочных работ благодаря высокой производительности.

2. Особенности разработанного пресс-подборщика:

- использование подпрессовывающей камеры для подпрессовки слоев позволяет равномерно заполнять камеру прессования;
- наличие системы измельчения, состоящей из 10 ножей с гидравлическим регулированием (имеется возможность работы без измельчения);
- применение подборщика с колесами копирования почвы и уменьшенной шириной дорожек обеспечивает подбор короткостебельной растительной массы и соломы от комбайнов типа КЗР-10;
- автоматическая система смазки.

3. Пресс-подборщик тюковый имеет благоприятную перспективу экспорта в страны СНГ, где подобные машины не производятся, а импортируются из стран Западной Европы по мировым ценам.

18.09.2014

Литература

1. Буклагин, Д.С. Тенденции развития кормоуборочной техники за рубежом // Техника и оборудование для села. – 2000. – № 5. – С. 5–7.
2. Шпилько, А.В. Техника для заготовки грубых кормов в крупногабаритных тюках // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2001. – № 12.
3. Протокол № 090 Б ¼–2013 от 17.09.2013. приемочных испытаний пресс-подборщика тюкового ПТ-800 / ИЦ ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2013.

УДК 631.373

**И.М. Лабоцкий,
Н.А. Горбацевич,
С.Н. Конончук,
Л.И. Трофимович**

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

**К РАЗРАБОТКЕ
ПОЛУПРИЦЕПОВ
САМОСВАЛЬНЫХ ТРАКТОРНЫХ
С УНИФИЦИРОВАННЫМИ
ДВУХОСНЫМ И
ТРЕХОСНЫМ ШАССИ
ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ
15 И 20 ТОНН**

Введение

Устойчивое и эффективное функционирование транспорта в сельском хозяйстве является необходимым условием подъема и структурной перестройки экономики аграрного сектора страны. Так, рост объемов производства сельскохозяйственной продукции неизбежно влечет за собой увеличение объема перевозок грузов сельскохозяйственного назначения. Известно, что более 50 % затрат на производство единицы продукции требуется на погрузочные и транспортные работы [1].

В 2014 году необходимо заготовить, а соответственно, и перевезти с поля 0,84 млн *t* сена; 13,3 млн *t* сенажа; 15,5 млн *t* силоса.

В последнюю десятидневку августа и за сентябрь перевозится с поля более 30 млн *t* растительной массы (соломы – 4–6 млн *t*, сахарной и кормовой свеклы – 5 млн *t*, кукурузы – 18–22 млн *t*, картофеля – около 1,2 млн *t*, овощей – около 0,5 млн *t*). Это в 3 раза больше, чем перевозится зерна в августе. При этом, в отличие от зерна, растительная масса – «объемная».

Системой машин для комплексной механизации сельхозпроизводства на 2011–2015 гг. для перевозки сельскохозяйственных грузов предусматривается 22 типа тракторных прицепов и полуприцепов, в том числе 6 типов – специальных [2]. Техническое оснащение хозяйств республики для выполнения этих работ не превышает 60 % от технологической потребности. Особенно недостает специальных транспортных и транспортно-технологических систем; следует отметить техническое несовершенство применяемых систем, низкую грузоподъемность, маневренность и сравнительно высокую затратность ресурсов на выполнение работ. Кроме того, по данным испытаний, при транспортировке, например, проявленной измельченной массы прицепами общего назначения (без переоборудования) теряется до 2 % растительной массы, не полностью используется их грузоподъемность [3]. Особые требования к специальным транспортным средствам для перевозки измельченной травы определяются низкой ее плотностью и небольшими расстояниями перевозок (3–5 км). Ввиду последнего обстоятельства экономически более эффективны тракторные, а не автомобильные транспортные агрегаты. Поэтому все разработанные в соответствии с Системой машин специальные транспортные средства для перевозки кормов агрегируются с тракторами и имеют больший по сравнению с прицепами общего назначения объем кузова. Отметим, что с помощью тракторов перевозится грузов (%): в Норвегии – 95; в Германии – 80; в Венгрии – 77; в Чехии – 55 [4].

Дальнейшее повышение эффективности перевозок возможно за счет уплотнения кормов в кузове с последующей выгрузкой через задний борт, а также применения системы сменных кузовов, устанавливаемых на унифицированные шасси.

Последнее направление получает широкое распространение в мировой практике [5].

Обоснование основных параметров полуприцепов самосвальных тракторных с унифицированными шасси

В сельскохозяйственном производстве республики парк транспортных и специальных тракторных транспортно-технологических систем насчитывает более 43600 единиц, при этом агрегируемых с тракторами – 22500, свыше 60 %. Тракторные транспортные и транспортно-технологические средства по направлениям применения объединены нами в несколько групп:

- полуприцепные системы для приема, транспортировки и внесения твердых органических удобрений;
- полуприцепные системы для приема, транспортировки и внесения основных доз минеральных удобрений;
- полуприцепные системы для приема, транспортировки и внесения подкормочных доз минеральных удобрений;
- полуприцепные системы для приема, транспортировки и внесения полужидких (жидких) органических удобрений;
- полуприцепы специальные со сменными адаптерами для приема, доуплотнения, транспортировки и выгрузки силосной и сенажной массы, зерна, комбикорма, корнеплодов, жома и других сыпучих материалов;
- полуприцепы самосвальные тракторные с надставными дополнительными бортами и без бортов для перевозки силосной и сенажной массы, зерна и других грузов;
- полуприцепы с манипуляторами для погрузки, перевозки и складирования рулонов, тюков и других штучных грузов, а также разбора скирд и доставки кормов на фермы;
- полуприцепы-кормораздатчики для приема, транспортировки и раздачи кормов на фермах и кормовых площадках;
- полуприцепы-кормосмесители для приема, приготовления и раздачи кормосмесей на фермах и кормовых площадках;
- полуприцепы-перегрузчики зерна для накопления и перегрузки зерна от комбайнов;
- полуприцепы-емкости для перевозки жидкого и полужидкого навоза;
- полуприцепы-платформы для перевозки животных.

Среди намечаемых к реализации мер нами предусматриваются работы по оптимизации грузоподъемности и снижению стоимости создаваемых новых транспортных систем.

Грузоподъемность транспортного средства в общем случае определяют следующие факторы: тяговая способность транспортного средства, скорость движения агрегата с грузом, несущая способность почвы сельскохозяйственных, состояние дорог.

При рассмотрении структуры тракторного парка на период до 2015 года очевидно, что численность тракторов класса до 1,4 *т.с.* непрерывно снижается и составляет 24 тыс. штук (47 %); постоянно возрастает численность энергонасыщенных тракторов класса 2 – до 11,1 тыс. штук (30 %); класса 3,0 – до 1,2 тыс. штук, класса 5 и выше – 6,7 тыс. штук (18 %) [4]. С тракторами класса 1,4 агрегируются транспортные системы грузоподъемностью не выше 10 *т.* Наличие таких машин в парке считается достаточным, а их производство налажено на машиностроительных предприятиях республики. Транспортные системы этого ряда

грузоподъемности имеют достаточно высокий технический уровень, пользуются спросом в республике и за ее пределами.

К энергонасыщенным тракторам класса 2 и 3 транспортно-технологические системы должны быть грузоподъемностью от 10 до 15 тонн, а к тракторам класса 5 и выше – не менее 20 тонн. Указанная грузоподъемность транспортных систем согласована в части агрегатирования с заводом-изготовителем тракторов. Применение отдельных транспортно-технологических систем показало их высокую эффективность. Однако хозяйства не в полной мере оснащены системами рассматриваемой грузоподъемности, требуется увеличение поставок и создание новых, недостающих систем.

Рабочие (транспортные) скорости грузоперевозок также определяются возможностями энергетических средств. Анализ конструкций транспортных и транспортно-технологических систем показывает, что все применяемые системы содержат общий узел – несущую платформу с колесным ходом (шасси) и смонтированное на ней технологическое оборудование.

Колесный ход, в зависимости от грузоподъемности системы, может быть одноосным, двухосным, трехосным и четырехосным. Важно отметить, что у некоторых систем стоимость шасси составляет более 50 % их общей стоимости. Нами ставится задача создать унифицированные шасси, на которые будут устанавливаться (монтироваться) быстроъемные технологические системы (оборудование) (рисунок 21). Это позволит круглогодично использовать шасси с набором сезонного технологического оборудования.

Комплектация унифицированных шасси набором сменного технологического оборудования позволяет снизить стоимость систем, а следовательно, повысить эффективность их применения.

Среди рассмотренных транспортных и транспортно-технологических систем наибольшее распространение получили полуприцепы тракторные самосвальные с автоматически открываемыми бортами, преимущественно задними. Эти машины обладают высокой маневренностью, низкими затратами времени на выгрузку груза и обеспечивают его высокую сохранность. Расширить область применения полуприцепов самосвальных предусматривается путем конструктивных изменений.

Полуприцепы будут содержать быстроъемную технологическую оснастку (цельнометаллические кузова с автоматически открывающимися задними бортами и гидрофицированные опоры), устанавливаемую на унифицированные шасси, двухосные или трехосные, в зависимости от грузоподъемности.

На основании проведенных патентных исследований разработаны технические требования, конструкторская документация эксперимен-

тальных образцов полуприцепов самосвальных тракторных грузоподъемностью 15 и 20 тонн с унифицированными двухосным и трехосным шасси.

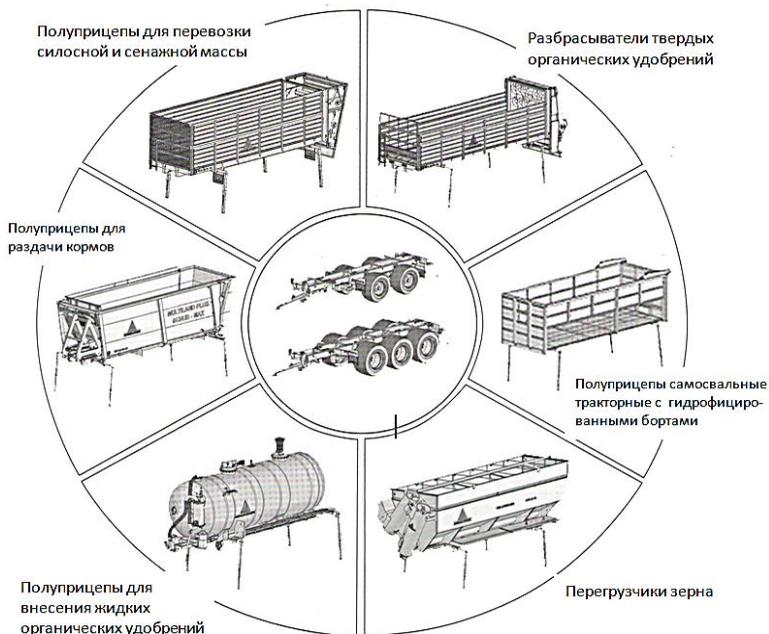


Рисунок 21 – Конструктивные схемы транспортных и транспортно-технологических систем, монтируемых на двухосные и трехосные ходовые платформы (шасси)

Изготовлены экспериментальные образцы (рисунок 22, 23) и проведены заводские испытания. Результаты испытаний приведены в таблице 6.



Рисунок 22 – Полуприцеп тракторный самосвальный ПТ-15С и унифицированное двухосное шасси



Рисунок 23 – Установка цельнометаллического кузова на унифицированных шасси

Таблица 6 – Показатели назначения разрабатываемых полуприцепов

Наименование показателя	ПТ-15С	ПТ-20С
Агрегатирование, класс трактора	3	5
Тип полуприцепного шасси	двухосное	трехосное
Рабочая скорость, км/ч	20	20
Транспортная скорость, км/ч	25	25
Грузоподъемность, т, не менее	15	20
Габаритные размеры:		
• длина, мм, не более	10200	13200
• ширина, мм, не более	2500	2700
• высота, мм, не более	3500	3800
Масса полуприцепа, кг	7250	9300

Заключение

Создание полуприцепов самосвальных на унифицированных шасси является актуальной и эффективной разработкой.

Выполненные сотрудниками РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» НИОКР позволяют создать полуприцепы самосвальные тракторные с унифицированными двухосными и трехосными шасси грузоподъемностью 15 тонн и свыше 20 тонн с надставными бортами, обеспечивающие прием, перевозку и выгрузку силосной и сенажной массы, зерна, комбикормов, корнеплодов, жома и др. Полуприцепы самосвальные тракторные будут агрегатироваться с тракторами класса 3,0...5,0. Рабочая скорость – до 20 км/ч, грузоподъемность – 15 и свыше 20 т, удельный расход топлива за час основного времени – 1,4 кг/га.

18.09.2014

Литература

1. Измайлов, А.Ю. Развитие транспортной инфраструктуры АПК с учетом требований экологии земледелия / А.Ю. Измайлов, А.А. Артюшин, Н.Е. Евтюшенков, М.Н. Ерохин // Техника в сельском хозяйстве. – 2012. – № 1. – С. 19–21.
2. Федоренко, В.Ф. Технологии и технические средства для заготовки кормов: каталог-справочник / В.Ф. Федоренко, Н.Ф. Соловьева. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – С. 184.
3. Бейлис, В.М. Концепция разработки инновационного развития и модернизации комплексной механизации АПК на период до 2025 года / В.М. Бейлис, Н.М. Антышев // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 11. – С. 7–9.
4. Федоренко, В.Ф. Новая техника для агропромышленного комплекса России: каталог / В.Ф. Федоренко, Д.С. Буклагин, М.С. Бунин. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 252 с.
5. Особов, В.И. В России есть машины для заготовки классных кормов / В.И. Особов // Животноводство России. – 2002. – № 2. – С. 34–35.

УДК 636.085–156 (083.74)

И.М. Лабоцкий, Н.А. Горбацевич,

Л.И. Трофимович

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

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ЗАГОТОВКИ КОРМОВ В ПОЛИМЕРНОЙ УПАКОВКЕ

Введение

Для обеспечения продуктивности на уровне от 6000 до 7000 кг энергетическая питательность 1 кг сухого вещества основного корма, согласно стратегии развития кормопроизводства до 2020 года, должна быть не менее 10 МДж. В сухом веществе кормов концентрация обменной энергии должна быть: в сене – 9...9,2 МДж, сенаже – 10...10,9 МДж, силосе – 10,5...10,8 МДж. Кроме того, необходимо выдержать требования по содержанию сырого протеина в сухом веществе: сена – на уровне 13...14 %, сенажа – 15...16 % и силоса – 14...15 %. В 2014 году предусмотрено заготовить 837,2 тысячи тонн сена, 13280 тысяч тонн сенажа и 14505 тысяч тонн силоса.

Для достижения намеченных показателей качества кормов РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию», государственным учреждением «Белорусская машиноиспытательная станция» разработан технический кодекс установившейся практики «Заготовка и хранение кормов в полимерных материалах сельскохозяйственного назначения. Основные положения», который утвержден постановлением Министерства сельского хозяйства и продовольствия и введен в действие с 01.01.2014 года.

Основная часть

Технологии заготовки и хранения кормов с упаковкой в полимерные материалы получили широкое распространение в мире, зарекомендовав себя как экономически эффективные, надежные и обеспечивающие стабильно высокие результаты.

Каждая разновидность технологии имеет свою сферу применения, технические, технологические и эксплуатационные особенности, но в одном они схожи – обеспечивают высокое качество получаемого корма, практически 100 %-ный уровень механизации технологических процессов.

При заготовке сенажа в рулонах с индивидуальной обмоткой рулонов пленкой скошенная в оптимальную фазу вегетации растительная масса подвяливается до 50–55 % влажности, сгребается в валки и прессуется рулонным пресс-подборщиком до плотности не менее 400 кг/м^3 . Заготовленные рулоны в течение не более 2–3 часов с момента прессования обматываются специальной самоклеящейся пленкой. В рулоне после герметизации прекращаются дыхание клеток и нежелательные микробиологические процессы, благодаря чему получаемый корм по своей питательности почти не уступает исходному сырью.

Этот метод наиболее приемлем для кормления молодняка, КРС на малых фермах в условиях подсобных и фермерских хозяйств.

Технология заготовки сенажа в рулонах с упаковкой в полимерный рукав отличается лишь завершающей операцией – вместо индивидуальной обмотки рулоны последовательно заправляются в полимерный рукав диаметром, равным диаметру рулонов. Сохранность корма находится на уровне индивидуально упакованных рулонов.

В условиях республики наиболее перспективен третий способ заготовки сенажа и силоса – закладка измельченной силосной или сенажной массы в крупногабаритный полимерный рукав с помощью пресс-упаковщика. При этом провяленная травяная масса подбирается самоходным комбайном-измельчителем, измельчается и подается в транспортные средства для доставки к месту закладки на хранение. Соответственно, силосная масса убирается методом прямого комбайнирования и также загружается в прицепы-емкости. Доставленная к месту закладки на хранение масса выгружается в приемный бункер пресс-упаковщика, которым и нагнетается в полимерный рукав. Плотность материала в рукаве доводится до 850 кг/м^3 (при закладке силоса из кукурузы).

Все три разновидности технологии заготовки кормов с упаковкой в полимерные 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 – 8–10 %;
- гарантийный срок хранения кормов в полимерной упаковке – не менее двух лет;
- процесс заготовки практически полностью механизирован (трудозатраты – 0,07–0,09 чел.-ч/м);
- высокое качество получаемого корма и его сохранность эквивалентны повышению продуктивности кормовых угодий и получению дополнительной продукции животноводства.

Необходимые для практической реализации данных технологий техника и специальные средства механизации в республике разработаны и освоены в серийном производстве в ОАО «Управляющая компания холдинга «Бобруйскагромаш». Осваивается производство полимерных материалов: рукавов – в ОАО «Борисовский завод пластмассовых изделий», пленки – в ОАО «Могилевский завод искусственного волокна».

Разработанный технический кодекс установившейся практики ТКП 484–2013 (02150) распространяется на сельскохозяйственные технологии, специальные машины, оборудование для заготовки и хранения кормов в полимерных материалах сельскохозяйственного назначения, а именно на:

- заготовку и хранение в полимерной пленке провяленных трав, запрессованных в рулоны;
- заготовку и хранение в полимерных рукавах провяленных трав, запрессованных в рулоны;
- заготовку и хранение в крупногабаритных полимерных рукавах измельченных провяленных трав и силосных культур;
- заготовку и хранение в полимерных рукавах плющеного зерна злаковых и зернобобовых культур.

Технический кодекс содержит следующие основные разделы:

- ♦ требования к исходному сырью для заготовки сенажа и силоса из трав, силоса из кукурузы, а также к сырью для заготовки зерносенажа и плющеного зерна злаковых и зернобобовых культур;
- ♦ технические требования к полимерным материалам сельскохозяйственного назначения, к агрострейч-пленке и полимерным рукавам;
- ♦ технические требования к технологиям и специальным машинам для заготовки и хранения кормов в полимерных материалах, провяленных трав, запрессованных в рулоны, измельченных провяленных трав и силосных культур, а также плющеного зерна злаковых и зернобобовых культур;
- ♦ основные параметры качества кормов, упакованных в полимерные материалы.

Основные параметры качества кормов, заготовленных в полимерные материалы, должны соответствовать [1] (таблица 7).

Таблица 7 – Основные показатели качества кормов, упакованных в полимерные материалы

Вид корма	Массовая доля СВ, %	Содержание в сухом веществе, %				рН
		сырого протеина СП	сырой клетчатки СК	сырой золы СЗ	ОЭ, МДж/кг	
<i>Сенаж</i>						
Многолетние злаковые травы	40–50	13–15	24–30	8–10	9,7–10,5	4,7–5,1
Многолетние бобовые травы	40–50	15–19	22–32	9–12	8,8–9,8	4,7–5,1
Многолетние бобово-злаковые травы	40–50	15–18	23–31	8–11	9,4–10,0	4,7–5,1
<i>Силос из провяленных трав</i>						
Многолетние злаковые травы	30–40	13–16	24–30	8–10	9,7–10,5	4,3–4,4
Многолетние бобовые травы	30–35	16–21	22–32	9–12	8,8–9,8	4,3–4,5
Многолетние бобово-злаковые травы	30–40	15–18	23–31	8–11	9,4–10,0	4,3–4,6
Однолетние бобово-злаковые травы	30–35	15–17	23–25	10–12	9,1–9,8	4,3–4,5
<i>Силос из кукурузы</i>						
Молочно-восковой спелости	24–27	8–9	21–23	6–8	10,0–10,1	3,9–4,1
Восковой спелости	28–35	7–8	20–21	6–8	10,0–10,1	4,1–4,3
<i>Зерносенаж</i>						
Однолетние бобово-злаковые травы	28–32	12–15	26–30	8–10	8,5–9,0	4,3–4,5
Кукуруза восковой – начала полной спелости (корнаж)	33–43	7–8	19–20	6–8	10,3–10,6	4,3–4,5
<i>Плющенное зерно</i>						
Зерновые культуры	65–75	12–14	5–12	3–4	12,5–14	4,7–5
Смесь зерновых и зернобобовых культур	65–75	18–22	5–7	3–4	12,5–14	4,7–5
Кукуруза	60–75	10–11	2,5–3	1,8–2,5	14–15	4,6–4,7

Заключение

При разработке проекта технического кодекса выполнены следующие исследования:

- ♦ проведен анализ правовых решений разрабатываемого технического кодекса с учетом особенностей законодательства Республики Беларусь;
- ♦ обоснованы основные положения технического кодекса;
- ♦ обобщены отзывы, пояснительные записки, составлены сводки отзывов.

ТКП разработан на основе и с учетом требования технического нормирования и стандартизации Республики Беларусь, а также требований в области заготовки кормов и кормления сельскохозяйственных животных, хранения кормов в полимерной упаковке, установленных в технических нормативных правовых актах Республики Беларусь.

18.09.2014

Литература

1. Заготовка и хранение кормов в полимерных материалах сельскохозяйственного назначения. Основные положения: ТКП 484–2013 (02150) – Введ. 01.01.2014. – Минск: Министерство сельского хозяйства и продовольствия, 2014.

УДК 631.373/.374:621.867

**И.М. Лабоцкий, Н.А. Горбацевич,
Л.И. Трофимович**

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

**ПЛАТФОРМА
С МАНИПУЛЯТОРОМ
ДЛЯ ПОДБОРА И ПЕРЕВОЗКИ
КОРМОВ, ЗАПРЕССОВАННЫХ
В ТЮКИ ИЛИ РУЛОНЫ**

Введение

Транспорт – важнейшая составная часть производственной инфраструктуры сельского хозяйства. Его устойчивое и эффективное функционирование является необходимым условием стабилизации, подъема и структурной перестройки экономики аграрного сектора страны.

Потребительские качества выпускаемых транспортных и погрузочных средств, их номенклатура и технический уровень не в полной мере соответствуют требованиям сельского хозяйства. Среди общих требований, предъявляемых к транспортным и погрузочным средствам на данном этапе, можно выделить следующие: получение существенного экономического эффекта у сельских товаропроизводителей при снижении удельной материало- и энергоемкости, повышение надежности, снижение затрат труда, снижение вредного воздействия на почву.

Сложившаяся в сельском хозяйстве экономическая ситуация отрицательно сказывается и на развитии транспортного обслуживания. Из-за низкой платежеспособности хозяйств сокращены закупки транспортно-погрузочных средств. Однако потребность в них настолько значительна, что изменение спроса в лучшую сторону является крайней необходимостью.

Для внутрихозяйственных перевозок грузов в сельском хозяйстве наряду с автотранспортом сохранит свое значение и тракторный транспорт, на долю которого приходится 45 % объема внутрихозяйственных перевозок.

Для механизации погрузочно-разгрузочных работ промышленностью освоен выпуск ряда универсальных и специальных погрузчиков и различных приспособлений к ним.

С целью повышения качества заготавливаемых кормов и снижения потерь на различных стадиях технологического процесса необходимо применение прогрессивных методов уборки и хранения. Максимальную сохранность кормов на сегодняшний день обеспечивают технологические комплексы машин заготовки грубых и консервированных кормов прессованием в крупногабаритные тюки и рулоны.

Наиболее трудоемкими операциями при заготовке кормов прессованием являются погрузочно-разгрузочные работы, а отсутствие средств механизации, их несоответствие выполняемым задачам и высокая стоимость делают погрузочно-разгрузочные циклы наиболее ресурсоемкими, что вынуждает сельскохозяйственных товаропроизводителей отказываться от внедрения современных технологий уборки и заготовки кормов. В свою очередь, применение устаревшего оборудования приводит к крупным потерям как в качестве, так и в объемах заготовок.

Очевидно, что задача разработки и внедрения в производственный процесс транспортировщиков прессованных кормов в тюки или рулоны и улучшения их технико-экономических показателей является в настоящее время актуальной. Поэтому с целью завершения комплексной механизации заготовки прессованных кормов при их транспортировке необходимо создание платформы (полуприцепа) с манипулятором.

Погрузочные гидроманипуляторы должны укомплектовываться сменными рабочими органами: захватом для погрузки рулонов, вилочным захватом для погрузки крупногабаритных прямоугольных тюков, грузовым крюком для штучных и затаренных грузов. Для повышения устойчивости такого агрегата манипулятор оснащен двумя гидравлическими опорными лапами.

Трактор, освобожденный от платформы с манипулятором, используется на других видах сельскохозяйственных работ.

Состояние вопроса, основные характеристики отечественных и зарубежных транспортных средств

Для обеспечения животноводческой отрасли полноценными кормами в республике заготавливается до 20 млн тонн сенажа и силоса, 1,2 млн тонн сена. Получает широкое распространение заготовка сенажа, запрессованного в тюки или рулоны с упаковкой их в пленку или рукава. Кроме того, на технологические нужды используется до 30 % соломы, как правило, в прессованном виде. Специфика процесса заготовки этих кормов заключается в необходимости его проведения в предельно сжатые сроки, которые определяются биологическими особенностями растительной массы, достигающей наилучшей питательной ценности в кратковременной фазе вегетации (бутонизация или колошение), и складывающимися погодными условиями. Затягивание уборки растительной массы ухудшает ее питательную ценность и качество, что в конечном итоге ведет к росту себестоимости продукции животноводства. Из опыта заготовки кормов известно, что одним из узких мест, сдерживающих ее темпы, являются транспортные операции, на которые приходится до 40 % затрат.

Обеспечение транспортировки значительных объемов растительной массы в сжатые сроки заготовки кормов имеет значительные трудности, вызванные ограниченным количеством транспортных средств, их малой вместимостью и грузоподъемностью, особенно при перевозке тюков и рулонов [1]. Использование для транспортировки растительной массы автомобильного транспорта общего назначения (ГАЗ, ЗИЛ, САЗ и др.) не выдерживает критики ввиду того, что его грузоподъемность, даже с надставными бортами, используется на 75...80 %, кроме того, для обеспечения загрузки и выгрузки требуются погрузчики типа ПТС-1 или «Амкодор 332С», что ведет к высоким удельным затратам труда и топлива.

В настоящее время в Республике Беларусь и за ее пределами используют специальное транспортное средство для перевозки крупногабаритных тюков СТС-12 ОАО «Бобруйксельмаш», ПТК-10 ОАО «Вороновская сельхозтехника», а также МАЗ-5336А3-332 сельскохозяйственного назначения с комплектацией стяжными ремнями. Погрузчик-транспортировщик рулонов ТП-10 самостоятельно производит погрузку и укладку рулонов на платформу в два ряда. Грузоподъемность ТП-10 позволяет догрузить ее еще вторым рядом рулонов, так как плотность прессования у отечественных прессов относительно невысокая, однако это требует наличия погрузочного средства на поле. Прицеп-транспортировщик ПТК-10 обладает большей вместимостью платформы, чем ТП-10, но ему требуется погрузочное средство [2]. В период массовой заготовки кормов данных машин не хватает, используются еще и универсальные тракторные прицепы, т. е. на поле обязательно наличие погрузочного средства.

За рубежом во многих странах выпускаются специализированные машины для загрузки, транспортирования, выгрузки и складирования рулонов. Фирма «Riviergo Casalis» (Франция) поставляет двухосные тележки РС-5, которые сами загружают 10 рулонов, транспортируют их к месту хранения и складывают в штабеля. Подобную тележку, но приспособленную только для транспортировки и выгрузки десяти рулонов, изготавливает фирма «Custombyist» (Канада). Фирмой «Laugier» (Канада) поставляются тележки для загрузки и выгрузки рулонов двух типов – до 7 рулонов или 12 тюков. Фирма «Graus» (Англия) выпускает целый ряд машин и приспособлений для транспортировки рулонов, начиная с простейших для транспортировки рулонов на край поля и кончая самогрузающимися тележками для транспортировки рулонов к месту хранения. Конструктивно подобную тележку выпускает фирма «Lerig» (Франция). По своим конструктивным особенностям они отличаются способами загрузки и выгрузки рулонов и вместимостью тележки. Выпускаются тележки с подъемником в виде иглы, на которую рулон или тюк нанизывается и загружается в тележки или на игле транспортируется на край поля (фирма «Graus»). Положительной стороной таких погрузчиков-транспортировщиков является меньшая металлоемкость и простота конструкции. Однако при этом необходима четкая ориентация иглы относительно рулона, определенная плотность рулона, а также возможны повреждения рулонов, что приводит к дополнительным потерям.

В транспортных прицепах-платформах фирмы «Кавеко» (Германия), фирмы «Квернеланд» (Голландия), фирмы «Клаас» (Германия) грузоподъемностью 10...15 т получили распространение транспортные манипуляторы для погрузки штучных грузов, в частности прессованных кормов. Манипулятор, установленный на платформу, не снижает транспортную скорость комбинированного агрегата. Погрузочные манипуляторы укомплектованы сменными рабочими органами.

Таким образом, создание и освоение в производстве современной высокопроизводительной платформы с манипулятором для подбора, перевозки и складирования кормов, запрессованных в крупногабаритные тюки или рулоны, является актуальной научно-технической задачей, решение которой обеспечит повышение эффективности погрузочно-разгрузочных и транспортных работ.

Исходя из принятой в республике системы ведения сельского хозяйства, номенклатуры и количества сельскохозяйственных грузов, наиболее предпочтительными представляются полуприцепные транспортные средства грузоподъемностью 10...16 т [3]. В этом случае поставленная задача имеет реальное техническое решение с использованием унифицированных элементов ходовых систем, гидроприводов, транспортирующих устройств и т. п. Не вызывает проблем выбор агре-

гатируемого энергосредства, в качестве которого можно использовать энергонасыщенные тракторы «Беларус» класса от 3 т.с. до 5 т.с.

Обоснование технико-экономических показателей и конструктивных особенностей разрабатываемой платформы с манипулятором

Многие хозяйства обзавелись комплексами машин для заготовки кормов по технологии упаковки сенажа в пленку. Основное ее преимущество – возможность раннего начала заготовки кормов и позднего ее окончания с использованием отавы. Технология обеспечивает также минимальные потери как энергетической ценности кормов, так и их массы при заготовке и хранении до момента скармливания.

Однако большое количество используемой техники становится недостатком, сдерживающим распространение этой технологии. В частности, выявились значительные потери рабочего времени и финансовых средств, связанные с погрузкой и перевозкой прессованных рулонов от поля до места обмотки и складирования. Рулоны обычно грузят погрузчиком и перевозят в тракторных прицепах. При расстоянии перевозки 3–4 км трактор с погрузчиком эксплуатируются лишь 30 % рабочего времени. Кроме того, при погрузке рулонов, вес которых достигает 800 кг, часто повреждаются борта тракторных прицепов, а также упаковка самих рулонов. При погрузке, перевозке и разгрузке рулоны деформируются, что создает дополнительные сложности в их герметизации (рисунок 24).



Рисунок 24 – Погрузка рулонов сенажа, упакованных в пленку

Чтобы уменьшить количество техники и число механизаторов, занятых в заготовке кормов по этой технологии, а также в транспортировке рулонов сена, соломы и провяленных трав, предлагается использовать платформу с манипулятором (рисунок 25, 26, 27, 28).



Рисунок 25 – Платформа с манипулятором ПМК-10



Рисунок 26 – Транспортировка рулонов сенажа, упакованных в пленку



Рисунок 27 – Транспортировка рулонов соломы



Рисунок 28 – Транспортировка крупногабаритных тюков соломы

Грузоподъемность платформы – 10 тонн, агрегируется с трактором класса 3, рабочая скорость – от 10 до 20 км/ч, производительность (сменная) – 9 т/ч, продолжительность загрузки – от 18 до 25 мин, управление гидроманипулятором осуществляется джойстиком из кабины трактора.

Общая потребность Республики Беларусь в платформах данного типа составляет около 1200 шт., потребность рассчитывается из необходимости иметь данную машину в каждом хозяйстве. При расстоянии перевозки рулонов до 5 км рационально иметь в хозяйстве два транспортных средства.

Годовая экономия ресурсов на полный объем внедрения: топлива – 0,52 тыс. т, трудозатрат – 8,5 тыс. чел.-ч. Предполагаемый экономический эффект на объем внедрения – 0,37 млрд руб. Завод-изготовитель – ОАО «Вороновская сельхозтехника».

Платформа с манипулятором используется в работе следующим образом. Опорные лапы из транспортного положения опускаются на землю до упора. При переездах до следующего рулона или тюка лапы следует приподнимать на высоту 300–400 мм от земли, для сокращения времени на подъем и опускание. Платформа подвижная гидроцилиндром перемещается до переднего упора, а манипулятор, захватив при помощи захвата тюк или рулон, загружает ее. После загрузки платформы подвижной гидроцилиндр перемещает ее в крайнее заднее положение, происходит загрузка освободившейся части платформы. Все действия выполняются пультом управления манипулятором (джойстиком), который находится в кабине трактора. После загрузки платформы груз транспортируется к месту назначения.

Для выполнения работы по разгрузке платформы тракторист со своего рабочего места выполняет вышеизложенные операции в обратной последовательности. Совершив операцию разгрузки платформы, тракторист возвращает платформу подвижную в исходное (первоначальное) положение.

Заключение

В результате проведения НИОКР создана платформа с манипулятором, предназначенная для подбора, перевозки и складирования крупногабаритных прямоугольных тюков или рулонов, которая обеспечивает увеличение производительности по сравнению с платформой транспортировки кормов ПТК-10 в 1,2 раза, а также сокращает количество задействованной техники.

К особенностям перспективной разработки платформы с манипулятором многоцелевого назначения относятся:

- ♦ использование гидравлического манипулятора, позволяющего в радиусе до 7,0 м поднимать и загружать равномерно платформу как в подвижной, так и в неподвижной ее части;

- ♦ наличие сменных захватов позволит загружать не только рулоны, крупногабаритные прямоугольные тюки, но и рулоны, запакованные в сетку или пленку;

- ♦ применение составной конструкции машины с подвижной тележкой, скользящей по платформе, позволит сократить длину машины на 45 % в сравнении с прицепами, используемыми на типовых операциях, при сохранении требуемой грузоподъемности 10 тонн.

Платформа с манипулятором ПМК-10 имеет благоприятную перспективу экспорта в страны СНГ, где подобные машины не производятся, а импортируются из стран Западной Европы по мировым ценам.

18.09.2014

Литература

1. Шило, И.Н. Методические аспекты совершенствования системы машин для сельского хозяйства // Известия академии аграрных наук Республики Беларусь. – 1998. – № 3. – С. 84–88.
2. Шпаар, Д. Производство грубых кормов / Д. Шпаар. – Торжок: ООО «Вариант», 2002.
3. Федоренко, В.Ф. Технологии и технические средства для заготовки кормов: каталог-справочник / В.Ф. Федоренко, Н.Ф. Соловьева. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 184 с.

УДК 636.085.51/54;631.363.2

М.И. Лагушко, А.Ю. Башко

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

Ю.А. Башко

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

К ВОПРОСУ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Введение

Производить в Республике Беларусь качественную продукцию, чтобы не тратить деньги на импортные товары – одна из главных целей белорусской экономики, которой белорусы пытаются достичь не первый год. Сегодня стратегия импортозамещения реализуется на государственном уровне с целью развития экспорта. Возникает вопрос, каким образом определить целесообразность импортозамещения для организации, выпускающей такую продукцию. Сегодня организации, выпускающие импортозамещающую продукцию, для определения возможностей и целесообразности ее производства используют общие методики оценки конкурентоспособности продукции. Предлагается усовершенствованная методика определения возможности и целесообразности производства конкурентоспособной импортозамещающей технической продукции, основанная на анализе и оценке возможностей отечественных предприятий производить конкурентоспособную импортозамещающую техническую продукцию.

Основная часть

Усовершенствованная методика позволяет определить необходимость и возможность производства импортозамещающей продукции (ИМЗП), а также выявить имеющиеся в организации резервы для развития производства рассматриваемой продукции. Схема предлагаемой методики представлена на рисунке 29.

Методика включает следующие процедуры.

1. Определение спроса в Республике Беларусь на импортозамещающую продукцию, предполагаемую к производству. С этой целью предприятию необходимо провести маркетинговые исследования, в результате которых выявляется потребность в импортозамещающей продукции, определяются ее конкретный вид, необходимые объемы производства, а также лидеры в отрасли, на которых целесообразно ориентироваться [1, с. 92].

2. Анализ и оценка возможностей организации производить импортозамещающую продукцию. Для решения данной задачи выполняется анализ технико-экономического состояния (ТЭС) организации, в про-

цессе которого анализируются технологическая оснащенность, технико-экономические показатели работы предприятия, а также оцениваются соответствие основной деятельности предполагаемому производству (выявляются необходимые технические и технологические преобразования для производства импортозамещающей продукции) и финансовое состояние организации. Проводится факторный анализ производственных мощностей, выявляются резервы организации производства импортозамещающей продукции [2, с. 137].

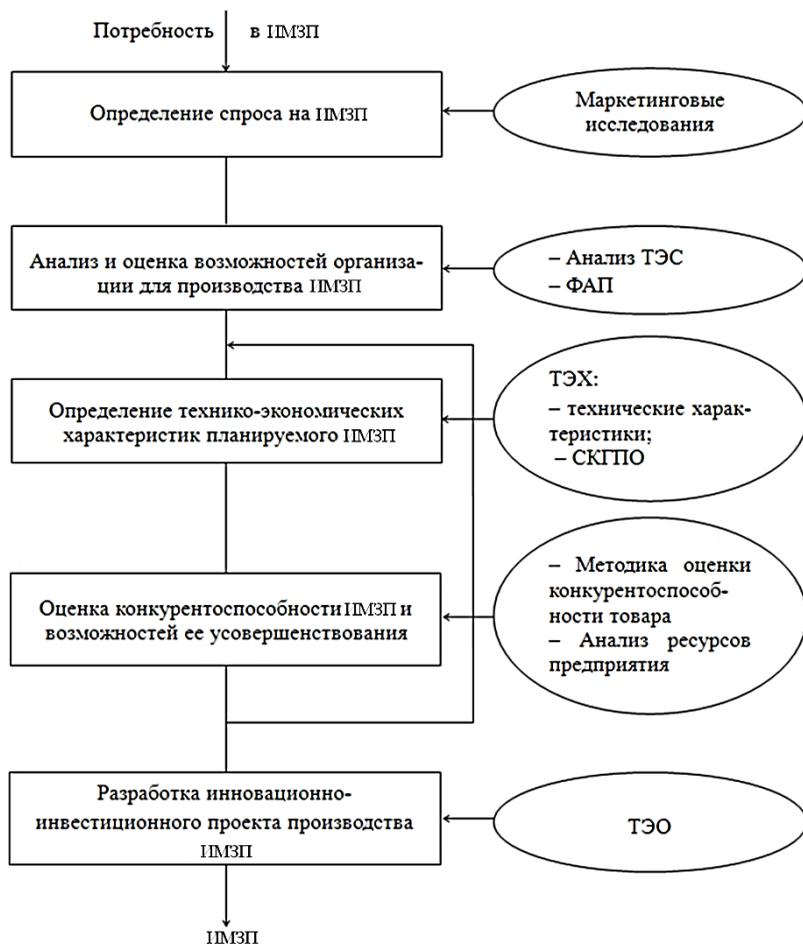


Рисунок 29 – Усовершенствованная методика определения возможности и целесообразности производства импортозамещающей технической продукции

Если возможности и резервы, позволяющие организовать производство, выявлены, то переходим к следующему этапу, если же не выявлены, то дальнейшая оценка бессмысленна, и от производства следует отказаться.

3. Определение технико-экономических и других характеристик планируемой к выпуску продукции, определяющих ее конкурентоспособность. На данном этапе следует проанализировать технические характеристики, срок и качество гарантийного и послегарантийного обслуживания (СКГПО).

4. Оценка конкурентоспособности предполагаемой к производству импортозамещающей продукции и, при необходимости, возможности осуществления ее усовершенствования. Оценка конкурентоспособности разрабатываемой продукции проводится с помощью известных методик оценки конкурентоспособности товаров. При этом в качестве товара-эталоны выбираются образцы наиболее конкурентоспособной продукции. Проводится также анализ ресурсов предприятия с целью выявления возможности провести усовершенствование предполагаемой к производству импортозамещающей продукции. Если параметры разработанной (или усовершенствованной) продукции соответствуют требованиям конкурентоспособности, то переходим к следующему этапу методики, если нет – отказ от производства.

5. Разработка инновационно-инвестиционного проекта. Данный этап является заключительным и позволяет принять окончательное решение о производстве или отказе от производства продукции, замещающей импортные аналоги. При этом осуществляются технико-экономическое обоснование (ТЭО) проекта, оценка его экономической эффективности.

Оценка возможности производства конкурентоспособной импортозамещающей продукции проводилась на примере производства насосного оборудования, осуществляемого ОАО «Завод Промбурвод» – наиболее крупным в Беларуси производителем насосного оборудования и другой продукции для водного и жилищно-коммунального сектора.

По итогам исследований [3, с. 303] было выявлено, что насосное оборудование, производимое в Республике Беларусь, является конкурентоспособным как на белорусском рынке, так и на рынках ближнего и дальнего зарубежья, однако уступает основным европейским производителям по качеству и некоторым техническим характеристикам (таблица 8). Но при этом соотношение «цена – качество» отечественной продукции является оптимальным. Цена насосов белорусского производства в среднем в 3–6 раз ниже цен насосов западноевропейских производителей. Повышение конкурентоспособности белорусской продукции возможно на основе внедрения в производство современных технологий, что может достигаться кооперацией с зарубежными производителями.

Таблица 8 – Основные характеристики насосов

Торговая марка (страна-производитель)	Диаметр, дюймов	Мощность, кВт	Напор, м	Производительность, м ³ /ч
ОАО «Завод Промбурвод» (Беларусь)	5	3,0	80	6,5
«Ливнынасос» (Россия)	5	3,0	80	6,5
«Grundfos» (Дания)	5	7,5	90	65
«Wilo» (Германия)	5	5,5	130	16
«SAER» (Италия)	5	1,1	119–67	0,8–3,2

Анализ рынков сбыта насосного оборудования показывает, что продукция отечественного производства не пользуется таким спросом, как импортная. Это обусловлено не столько превосходством зарубежного насосного оборудования над белорусским по техническим характеристикам, сколько благоприятным имиджем западноевропейских фирм, что является результатом их активной рекламной деятельности.

Таким образом, для создания конкурентоспособного импортозамещающего насосного оборудования необходимо в первую очередь повышать его надежность и качество, снижать себестоимость, а также проводить мероприятия рекламного характера по созданию благоприятного имиджа у потребителя.

Выводы

Подводя итог, можно сделать выводы, что усовершенствованная методика определения возможности и целесообразности производства импортозамещающей технической продукции:

- позволяет определить целесообразность организации производства импортозамещающей продукции;
- дает оценку технико-экономическим возможностям предприятия, ставящего перед собой задачу производства конкурентоспособной импортозамещающей продукции;
- основана на конкурентоспособности импортозамещающей продукции по технико-экономическим показателям и качеству в сравнении с основными зарубежными аналогами.

14.08.2014

Литература

1. Дурович, А.П. Основы маркетинга: учебное пособие / А.П. Дурович. – Москва: Новое знание, 2006. – 512 с.
2. Савицкая, Г.В. Анализ производственно-хозяйственной деятельности сельскохозяйственных предприятий: учебник / Г.В. Савицкая. – 3-е изд., доп. и перераб. – М.: ИНФРА-М, 2011. – 368 с.
3. 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.

УДК 636.085.51/54;631.363.2

Ю.А. Башко

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

А.Ю. Башко

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

К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛУПРИЦЕПНОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И РАЗДАЧИ КОРМОВ НА ФЕРМАХ КРС С СИСТЕМОЙ САМОЗАГРУЗКИ АПРС-12

Введение

Животноводство является основной товарной отраслью сельского хозяйства республики. «Так, на долю животноводческой продукции приходится более 75 % выручки сельскохозяйственных организаций и почти 66 % (в 2013 году почти 4 млрд долларов США) аграрного экспорта. При этом в структуре стоимости продукции животноводства доля кормов составляет более 57 %» [1].

В среднем по республике расход кормов на производство 1 ц молока составляет около 1,4–1,5 ц к. е. против 0,8–1 ц к. е. в Европе.

Сокращение расхода, повышение эффективности и рационального использования кормов является главным резервом снижения себестоимости молочного сырья.

«По оценке Минсельхозпрода, если бы в 2013 году мы расходовали корма с их нормативной отдачей, то смогли бы произвести свыше 2 млн т молока, или дополнительно получить свыше 6 трлн белорусских рублей. При экспорте продуктов из этого молока мы бы могли выручить еще 1,5 млрд долларов США» [1].

В молочном скотоводстве республики традиционно используются многокомпонентные рационы кормления на основе кормов собственного производства. При этом в настоящее время на фермах с высокой молочной продуктивностью коров утвердилась технология приготовления и раздачи кормов животным в виде сбалансированных, полнорационных, однородных по составу кормосмесей [2].

Различие физико-механических свойств кормов рациона, условий их хранения требует применения большого разнообразия конструктивно-технологических схем машин для приготовления и раздачи рациона животным, а также устройств загрузки в них кормов.

В связи с этим вопрос эффективности применения агрегата для приготовления и раздачи кормов на фермах КРС с системой самозагрузки с учетом основных эксплуатационно-технологических характеристик машины является актуальным.

Основная часть

Преимущество технологии кормления КРС высококачественными, полнорационными, однородными кормосмесями без деструктуризации

кормов-компонентов рациона состоит в увеличении поедаемости животными кормов рациона на 10–12 %, что ведет к повышению привесов и надоев на 10–15 %.

В республике выпускается более десяти моделей полуприцепных машин с объемом бункера от 8 до 17 м³. Производимые смесители-раздатчики обеспечивают законченный технологический цикл приготовления кормов рациона в виде сбалансированных кормосмесей за счет выполнения операций измельчения, смешивания, транспортировки и раздачи.

При этом технологический процесс загрузки кормов рациона в смесители-раздатчики является одним из важнейших факторов, определяющих получение качественной и однородной кормосмеси.

Практика приготовления и раздачи кормов на фермах и комплексах КРС показывает, что основная масса производителей молочного сырья республики осуществляет загрузку кормов рациона в смесители-раздатчики дополнительными погрузочными устройствами, производящими порционную без взвешивания или со взвешиванием порции либо поточную подачу компонентов.

С целью снижения удельных затрат на выполнение технологического процесса приготовления и раздачи кормов за счет совмещения операций производители смесительно-раздаточных агрегатов расширяют функционально-технологические возможности машин; некоторые модели кроме измельчения, перемешивания, транспортировки и раздачи осуществляют самозагрузку кормами.

В республике производится более пяти моделей таких машин на базе полуприцепных смесителей-раздатчиков кормов с горизонтальными шнековыми рабочими органами и различными устройствами самозагрузки (фрезбарабанными, грейферными, лотково-фрезбарабанными). Им присущи недостатки горизонтально-шнековых смесителей: низкая надежность выполнения технологического процесса (при попадании камней и других инородных примесей происходит заклинивание), высокая степень деструктуризации кормов (за счет перетиравания, спрессовывания, сдавливания шнековыми рабочими органами).

Компенсируют эти недостатки агрегаты на базе измельчителей-смесителей-раздатчиков с вертикальными рабочими органами и устройствами самозагрузки. Машины работают с кормами, спрессованными в рулоны и тюки любых размеров и плотности, практически не нарушая структуры кормов в процессе измельчения и смешивания. При этом необходимо отметить, что попадание в корма инородных включений не приводит к нарушению технологического процесса и поломке машин.

В настоящее время на фермах республики эксплуатируются импортные полуприцепные самозагружающиеся смесители-раздатчики с вертикальными рабочими органами и загрузочными устройствами в ви-

де верхнего и нижнего U-образных ковшовых захватов с режущими частями длиной до 4,9 м на кромках. При этом на кромке верхнего ковша загрузочного устройства могут использоваться как подвижные, так и неподвижные ножи. Загрузочные устройства данного типа за один рабочий ход забирают не менее 4,3 м³ силоса.

Эти машины способны загружать практически все виды кормов с дискретностью, равной объему загрузочного устройства. При этом порционная загрузка без взвешивания порций кормов не позволяет добиться однородности кормосмеси и сохранить постоянство состава рациона.

Кроме того, необходимо отметить, что импортные машины равноценны по стоимости серийно выпускаемому в республике измельчителю-смесителю-раздатчику кормов с вертикальными рабочими органами ИСРВ-12 в совокупности с погрузчиком «Амкорд 332С4».

С учетом этого РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан адаптированный к условиям производства ОАО «Управляющая компания холдинга «Бобруйскагромаш» и животноводческой отрасли республики агрегат для приготовления и раздачи кормов на фермах КРС с системой самозагрузки АПРС-12 (рисунок 30).



а)



б)

а) вид спереди; б) вид на устройство самозагрузки

Рисунок 30 – Агрегат для приготовления и раздачи кормов на фермах КРС с системой самозагрузки АПРС-12

Машина изготовлена на основе серийно выпускаемого измельчителя-смесителя-раздатчика кормов ИСРВ-12 с вертикальными рабочими органами посредством дооснащения его устройством самозагрузки, состоящим из загрузочного лотка и фрезбарабанного устройства отделения кормов. Конструкция устройства позволяет загружать все виды кормов рациона в количествах, строго соответствующих рецептуре кормосмеси. Его конструктивной особенностью является установка загрузочного лотка на весовое устройство, что позволило производить точное взвешивание каждой порции кормов-компонентов, подаваемых в бункер-смеситель машины, и получить однородную по составу кормосмесь.

Приемочные испытания агрегата для приготовления и раздачи кормов на фермах КРС с системой самозагрузки АПРС-12 [3], которые проводились в СПК «Жуховичи» Кореличского района, показали, что машина обеспечивает загрузку устройством самозагрузки стебельчатых кормов с различной степенью содержания влаги: силоса, сенажа, сена, соломы и других кормов рациона, быстрое разрыхление, доизмельчение и перемешивание кормовых компонентов, не изменяя их структуры.

Функциональные показатели работы агрегата определялись на самозагрузке, приготовлении и раздаче кормосмеси из силоса, сенажа, соломы, комбикорма в соответствии с принятым в хозяйстве рационом кормления. В результате лабораторно-фермерских испытаний по определению функциональных показателей установлено, что качество измельчения грубых кормов соответствует зоотехническим требованиям: количество частиц размером до 50 мм в измельченном ворохе составляет 95,1 %. Средневзвешенный размер частиц составил 25,8 мм.

Результаты испытаний показали, что машина позволяет получать высококачественные, однородные кормосмеси без деструктуризации кормов-компонентов рациона и дозированно выдавать их КРС.

Неравномерность смешивания кормов-компонентов составила 1,4 %, а неравномерность раздачи кормосмеси по длине кормовой линии – 9,9 %.

При этом необходимо отметить, что при загрузке кормов-компонентов универсальным погрузчиком «Амкорд 332С4» неравномерность смешивания их измельчителем-смесителем-раздатчиком с вертикальными рабочими органами ИСПВ-2 составила 15,4–18,6 %, а неравномерность раздачи кормосмеси по длине кормовой линии – 4,5–18,4 % [3].

Производительность устройства самозагрузки за час основного времени составила 19,4 т [3].

Испытания подтвердили, что показатели энергопотребления машины сопоставимы с показателями горизонтальных смесителей-раздатчиков кормов отечественного производства, имеющими лотково-фрезбарабанное устройство самозагрузки. Так, при работе с агрегатом АПРС-12 двигатель трактора «Беларус-1221В.2» загружен на 28,0–47,1 %, а потребляемая мощность при этом составляет 34,0–56,0 кВт. Удельный расход топлива в зависимости от режима работы – 0,1–0,77 кг/т [3].

При проведении эксплуатационно-технологической оценки производительность агрегата для приготовления и раздачи кормов на фермах КРС с системой самозагрузки за час основного времени (с учетом затрат времени на самозагрузку всех видов кормов рациона, смешивание после загрузки последнего компонента в бункер и раздачу кормосмеси на кормовой стол) составила 11,8 тонны при удельных энергозатратах 0,31–2,89 кВт·ч/т, в зависимости от режима работы машины [3].

Сменная производительность за счет затрат времени на переезды с грузом к месту раздачи и обратно и на ежемесячное техобслуживание снизилась до 7,91 *т/ч*. Вследствие чего коэффициент использования сменного времени составил 0,67 [3].

Учитывая, что подавляющее большинство молочно-товарных ферм республики для осуществления процесса приготовления и раздачи кормов использует комплекс машин в составе трактора «Беларус», вертикального измельчителя-смесителя-раздатчика кормов и универсального погрузчика «Амкодор», вопрос экономической эффективности применения агрегата АПРС-2 рассмотрим в сравнении с аналогичным комплексом машин, серийно выпускаемых предприятиями Республики Беларусь.

Для этого произведем в соответствии с методикой [4] расчет показателей экономической эффективности применения агрегата на основании исходных данных (таблица 9), нормативно-справочных и рекламных материалов.

Таблица 9 – Исходные данные

Наименование показателей	«Беларус-1221В.2»+ АПРС-12	«Беларус-82.1»+ ИСРВ-12+ «Амкодор 332С4»
Производительность, <i>т/ч</i> :		
сменное время	7,91	9,60
эксплуатационное время	7,79	9,40
Удельный расход топлива, <i>кг/т</i>	1,7	2,0
Балансовая цена (без НДС), тыс. <i>руб.</i> :		
агрегата	263517,	192563,3
трактора	296780,0	159763,0
погрузчика	–	648313,2
Годовая зональная фактическая загрузка, <i>ч</i>		
по агрегату	1051	1051
по трактору	1300	1300
по погрузчику	–	800

Годовая нормативная наработка машин принималась согласно действующим нормативным документам [5].

Балансовая цена агрегата (без НДС) принята исходя из фактических затрат на изготовление опытного образца АПРС-12, а балансовые цены (без НДС) машин базового комплекса – по данным предприятий-изготовителей.

В результате расчета получен годовой приведенный экономический эффект в размере 163725,0 тыс. *руб.* Годовая экономия себестоимости работ составила 122740,0 тыс. *руб.* Срок окупаемости абсолютных капитальных вложений равен 3,39 года.

Расчет показывает, что за счет максимального снижения балансовой цены агрегата в сравнении с базовым вариантом машин возможно получение наибольшего годового приведенного эффекта от его применения.

Расчет экономической эффективности применения агрегата АПРС-12 в сравнении с базовым комплексом машин подтвержден результатами приемочных испытаний [3]. Практика применения агрегата с системой самозагрузки кормов-компонентов в условиях сельскохозяйственного производства показывает, что использование машин с функцией самозагрузки в пределах одной фермы экономически эффективно.

Выводы

Одними из важнейших условий эффективности молочной отрасли являются устойчивая кормовая база и качество приготовления и раздачи кормов.

Принимая во внимание то, что технология приготовления и раздачи кормов животным в виде сбалансированных, полнорационных, однородных кормосмесей – основная тенденция в кормлении молочного стада, повышение качественных показателей и эффективности работы оборудования – главная задача механизации процесса приготовления кормов.

Применение агрегата для приготовления и раздачи кормов на фермах КРС с системой самозагрузки в технологии полнорационных кормосмесей позволило снизить неравномерность смешивания кормов-компонентов до 1,4 % и получать высококачественные, однородные кормосмеси при удельных показателях, сопоставимых с показателями аналогов.

Литература

1. Александр Лукашенко совершил рабочую поездку в Минскую область. 27 мая 2014 года // Официальный Интернет-портал Президента Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Минск, 2014. – Режим доступа: http://president.gov.by/ru/news_ru/view/aleksandr-lukashenko-sovershil-rabochuju-poezdku-v-minskuju-oblast-8875. – Дата доступа: 09.07.2014.
2. Китиков, В.О. Белорусские «миксеры» для кормовой кухни / В.О. Китиков, Ю.А. Башко, О.Б. Жандаренко // Белорусское сельское хозяйство. – 2013. – № 1. – С. 86–88.
3. Протокол приемочных испытаний агрегата для приготовления и раздачи кормов на фермах КРС с системой самозагрузки АПРС-12 № 040 Б ¼–2014. – ИЦ ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2014.
4. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы экономической оценки. Порядок определения показателей ТКП 151–2008 (02150). Технический кодекс установившейся практики: ОСТ 10.2.18–2001. – Минск: Минсельхозпрод, 2001. – 14 с.
5. Техника сельскохозяйственная. Показатели надежности: СТБП 1616–2009. – Минск: Госстандарт, 2009. – 21 с.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ
КОНСТРУКЦИЙ БЕСКОНТАКТНЫХ
СТРУЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
ДЛЯ ПНЕВМОТРАНСПОРТНЫХ
УСТРОЙСТВ****Введение**

Пневматический транспорт – один из видов промышленного транспорта, предназначенный для транспортировки грузов (сыпучих, штучных, пластично-вязких) на определенное расстояние под действием сжатого или разреженного воздуха [1]. Пневматические транспортные устройства широко распространены на предприятиях пищевой промышленности [2, 3], зерноперерабатывающих и мукомольных предприятиях [4], в угольной промышленности, строительстве. Были разработаны и внедрены в технологический процесс разного рода пневмозагрузчики и пневмоподъемники, насосы различных модификаций, вакуумные устройства, компрессоры.

Анализ работ в области создания пневмотранспортных устройств показал [1, 5–7], что их эксплуатационная надежность зависит от конструкции захватных устройств. Последние должны обеспечивать надежный захват, удержание и транспортировку объектов манипулирования, недопустимость повреждения или разрушения объектов, стабильность базирования, возможность манипулирования объектами в широком диапазоне размеров, формы и массы. В последние годы получили широкое распространение бесконтактные струйные устройства, способные к бесконтактному манипулированию объектами с различными физическими и механическими свойствами, структурой поверхностного слоя, температурой, материалом.

С учетом вышесказанного требуют дальнейшего исследования метода инженерного расчета бесконтактных струйных устройств, оптимизация их конструктивных параметров, способы повышения подъемной силы предложенных устройств с целью расширения области их применения.

Объекты и методы исследований

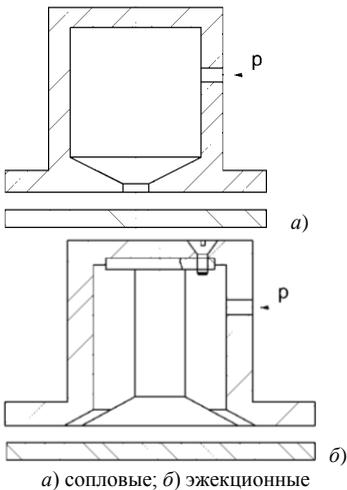
Объектом исследования являются газодинамические процессы, возникающие в воздушном промежутке между активной поверхностью струйных элементов и объектами манипулирования.

При проведении исследований были использованы методы математического моделирования, интегрального и дифференциального исчисления, основанные на классических уравнениях механики жидкостей и газов (уравнении неразрывности потока, законах сохранения энергии и количества движения потока воздуха).

Результаты исследований

В процессе захвата и транспортировки непрочных, легкоповреждаемых объектов или объектов с покрытием в качестве рабочих органов наиболее эффективным является применение бесконтактных струйных устройств. В процессе работы они обеспечивают захват, удержание и транспортировку объекта манипулирования без контакта с его плоской или цилиндрической поверхностью, а также демпфируют удар объекта в момент его захвата. Кроме того, бесконтактные струйные устройства характеризуются большой универсальностью, простотой конструкции, малыми габаритными размерами и массой, возможностью бесконтактного захвата и транспортирования объектов, независимо от их материала, механических характеристик, структуры поверхностного шара и температуры.

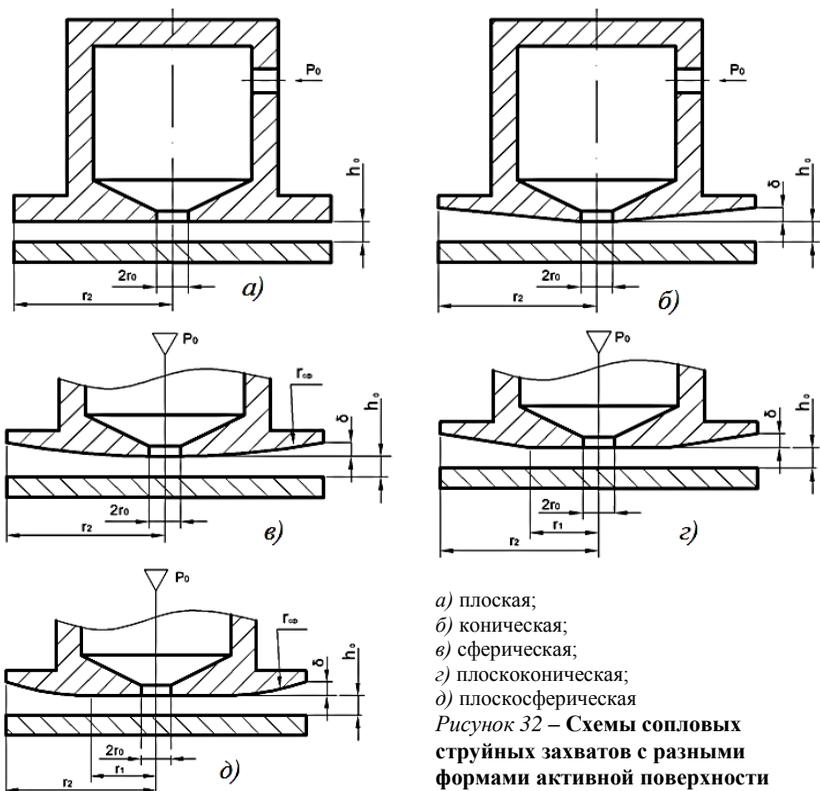
В основе принципиальных схем и конструкций бесконтактных струйных устройств находится аэродинамический эффект притяжения, возникающий при взаимодействии вытекающего из сопла потока воздуха с плоской или цилиндрической поверхностью объекта. Рассмотрим два типа бесконтактных струйных захватных устройств: сопловые и эжекционные (рисунок 31).



а) сопловые; б) эжекционные
Рисунок 31 – Бесконтактные струйные захватные устройства

Основным требованием к конструкции рассматриваемых устройств, имеющим существенное влияние на их силовые характеристики, является наличие гладкой активной (взаимодействующей с объектом) поверхности. Она не должна иметь выступов или углублений, которые препятствуют расширению потока, и обязана обеспечивать плавное расширение потока с целью его безотрывного режима движения. При этом активная поверхность соплового захвата может быть плоской, конической, сферической или состоять из комбинации этих элементарных поверхностей (рисунок 32).

В бесконтактных струйных устройствах вытекающий из цилиндрического сопла воздух направлен перпендикулярно плоскости объекта. Характерными геометрическими параметрами являются радиус сопла r_0 , радиус захвата r_2 , расстояние между краем сопла и объектом h_0 . P_0 – абсолютное давление питания захвата.



- а) плоская;
- б) коническая;
- в) сферическая;
- з) плоскоконическая;
- д) плоскосферическая

Рисунок 32 – Схемы сопловых струйных захватов с разными формами активной поверхности

Принцип действия бесконтактных струйных устройств заключается в возникновении силы притяжения вследствие создания зон разрежения между взаимодействующими поверхностями устройства и объекта. Характер течения, глубина и ширина зоны разрежения, а соответственно, и значение результирующего силового воздействия потока воздуха на поверхность объекта манипулирования существенно зависят от расстояния h_0 между струйным устройством и объектом. Также силовые, динамические и расходные характеристики во многом зависят от конструкции сопел, которые формируют воздушный поток, направления истечения воздуха, а также от энергии потока газа.

С целью качественного и количественного сравнения результатов исследований силовых характеристик для всех бесконтактных струйных устройств с различными формами активной поверхности диаметр сопла был принят равным 6 мм, а расстояние от торца сопла до объекта – 0,2 мм. Результаты исследований представлены в виде графиков зависи-

мости подъемной силы F от отношений радиусов r_1/r_0 при давлении питания захвата $p_{0н} = 400 \text{ кПа}$ (рисунок 33).

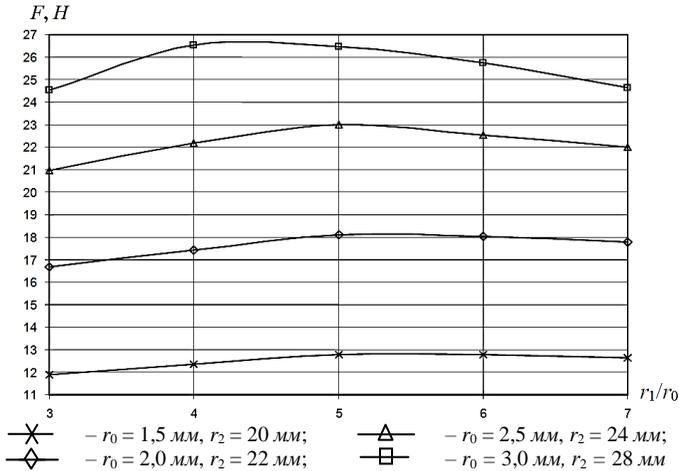


Рисунок 33 – Зависимость силы притяжения F объектов от отношения радиусов r_1/r_0 для захватов с плоскосферической активной поверхностью

Результаты исследований влияния радиуса сопла r_0 на силовые характеристики струйных захватов с плоскосферической активной поверхностью представлены на рисунке 34.

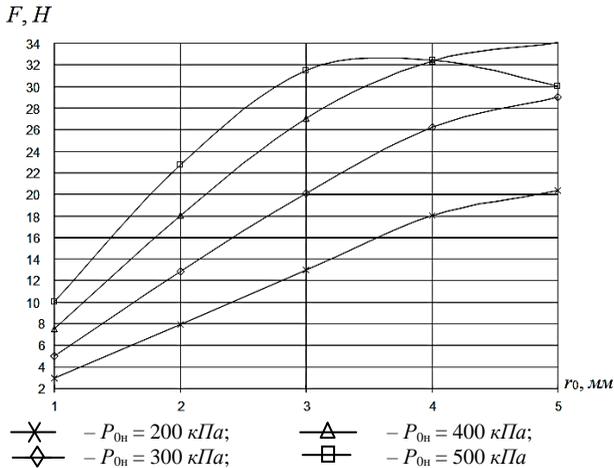


Рисунок 34 – Зависимость силы притяжения F объектов от радиуса сопла r_0

Бесконтактные струйные устройства эжекционного типа (рисунок 35) характеризуются наличием в плоскости торца кольцевой щели, благодаря которой они значительно превышают силовые характеристики струйных устройств с цилиндрическим отверстием-соплом. Это обусловлено явлением эжекции, когда на поверхности объекта манипулирования создается зона постоянного разрежения, что приводит к появлению аэродинамического эффекта прижатия объекта к торцу захватного устройства.

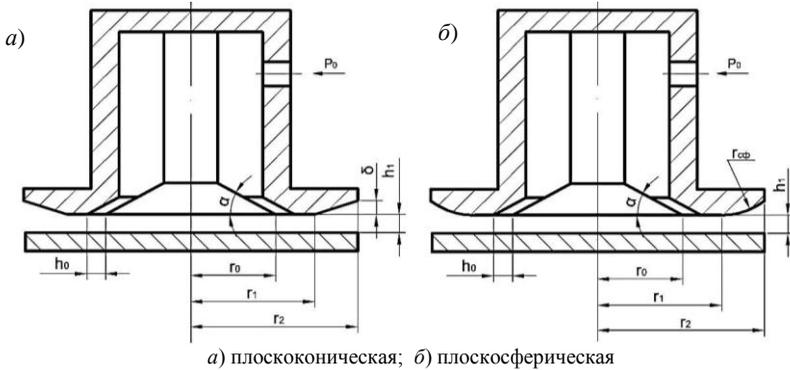
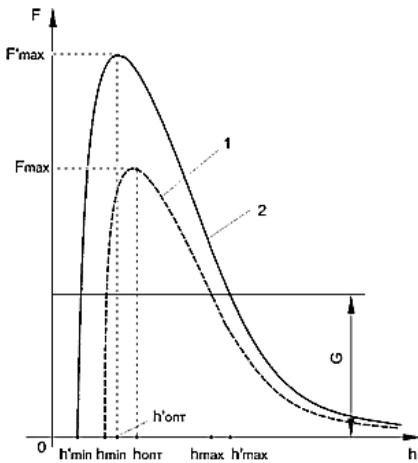


Рисунок 35 – Схемы эжекционных струйных захватных устройств с разными формами активной поверхности



1 – эжекционное устройство с плоским торцом;
2 – эжекционное устройство с плоскоконической активной поверхностью

Рисунок 36 – Зависимость результирующей силы F от величины радиального промежутка h_1

Характерными геометрическими параметрами являются радиус конической вставки r_0 , радиус захвата r_2 , угол наклона сопла $\alpha < 20^\circ$, высота конического сопла h_0 , расстояние между краем сопла и объектом h_1 .

На рисунке 36 представлены графики зависимости результирующей силы F , которой струйное устройство действует на объект, от величины радиального промежутка h_1 .

Захват объекта весом G начинается с расстояния h_{max} при условии $F(h_{max}) \geq G$. Захваченный объект движется в направлении торца захватного

го устройства под действием возрастающей подъемной силы, которая достигает максимума F_{max} при определенном значении $h_{omn} = (0,25...0,35)$ мм, $h'_{omn} = (0,2...0,25)$ мм. Далее движение объекта замедляется, сначала за счет уменьшения величины силы притяжения, а позже за счет отталкивающего действия воздушной подушки. Упругая воздушная подушка амортизирует динамическое действие объекта, а затем начинает его отталкивать. Следующее увеличение расстояния между взаимодействующими поверхностями захватного устройства и объекта приводит к увеличению силы притяжения, и объект в определенный момент времени снова начнет двигаться в направлении захвата. Таким образом, объект совершает гармонические затухающие колебания. Через несколько периодов колебания исчезнут, а равновесное положение объекта будет удовлетворять условию $F(h_{min}) = G$.

Заключение

Анализ результатов исследований показал, что эффективными являются бесконтактные струйные захватные устройства с цилиндрическим соплом и комбинированными плоскоконической и плоскосферической активными поверхностями. Соотношения геометрических параметров следующие: $h_0 = 0,2$ мм; $\delta = 0,2$ мм; $r_0 < 4$ мм; $r_1/r_0 = (4,5...5,5)$; $r_2/r_0 = (8,5...10,5)$. Силовые характеристики струйных захватов с комбинированными плоскоконической и плоскосферической активными поверхностями выше захватов с плоским торцом на 40...60 %.

Теоретические и экспериментальные исследования эжекционных захватов показали, что оптимизация формы их активной поверхности обеспечит повышение силовых характеристик на 20...30 %. В результате исследований можно предложить конкретные пределы соотношений размеров струйных устройств: эффективность их обеспечивается тогда, когда высота конического сопла $h_0 = (0,08...0,12)$ мм, а значение радиального промежутка $h_1 = (1,9...2,2) h_0$.

05.06.2014

Литература

1. Пневматические устройства и системы в машиностроении: справочник / Е.В. Герц [и др.]; под общ. ред. Е.В. Герца. – М.: Машиностроение, 1981. – 408 с.
2. Зарницына, Э.Г. Вентиляционные установки и пневмотранспорт / Э.Г. Зарницына, О.Н. Терехова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2011. – 228 с.
3. Бурсиан, В.Р. Пневматический транспорт на предприятиях пищевой промышленности / В.Р. Бурсиан. – М.: Пищепромиздат, 1964. – 276 с.
4. Дзядзио, А.М. Пневматический транспорт на зерноперерабатывающих предприятиях / А.М. Дзядзио. – М.: Колос, 1967. – 237 с.
5. Александров, М.П. Подъемно-транспортные машины / М.П. Александров. – М.: Высшая школа, 1985. – 520 с.

6. Вайнсон, А.А. Подъемно-транспортные машины / А.А. Вайнсон. – М.: Машиностроение, 1989. – 536 с.
7. Вакуумная техника: справочник / Е.С. Фролов [и др.]; под общ. ред. Е.С. Фролова, В.Е. Минайчева. – М.: Машиностроение, 1992. – 480 с.: ил.

УДК 637.11

Ю.А. Линник

(Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет, г. Днепропетровск, Украина);

С.И. Павленко

(Отдел биоэкологических систем в животноводстве Национального научного центра «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства», г. Запорожье, Украина)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МОЛОЧНО- ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ В ДОИЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ С ВЕРХНИМ МОЛОКОПРОВОДОМ

Проблема

В процессе перемещения молочно-воздушной смеси по молочному шлангу доильного аппарата наблюдается флуктуация вакуумметрического давления. В зависимости от типа молочной системы, конструктивно-технологических параметров доильного аппарата и режимов его работы режим течения молочно-воздушной смеси можно скорректировать, в результате достигнув уменьшения флуктуации вакуумметрического давления.

Анализ последних исследований и публикаций

Анализ теоретических исследований [1–7] показал, что движение молочно-воздушной смеси как двухфазной среды по молочному шлангу доильного аппарата не изучено в полной мере. В указанных исследованиях нет математических моделей, описывающих динамику изменения вакуумметрического давления в процессе перемещения молочно-воздушной смеси для различных молочных систем доильных установок. Молочные системы современных доильных установок можно разделить на два типа: с верхним и нижним молокопроводом [8]. Понятно, что режимы течения молочно-воздушной смеси в каждой из указанных систем отличаются, поэтому и возникает необходимость их изучения.

Исследовалось движение молочно-воздушной смеси по молочному шлангу доильного аппарата, определялась флуктуация вакуумметрического давления для молочной системы с верхним молокопроводом. Исследование движения молочно-воздушной смеси проводилось методом численного моделирования с использованием программного пакета Star CCM+.

Согласно зоотехническим требованиям и работам ученых [1], частота пульсаций n может составлять от 40 до 80 мин^{-1} , а фаза $A + B$ – от 0,4 до 0,8.

Результаты исследований

В результате численного моделирования процесса перемещения молочно-воздушной смеси в доильном аппарате при верхнем молокопроводе получено распределение относительного содержания жидкости $1-\alpha$ по длине молочного шланга (рисунок 37). На рисунке 37 введены следующие обозначения: Q – объемная скорость течения, $\text{м}^3/\text{с}$; P – вакуумметрическое давление, Па ; L, G – соответственно жидкая и газообразная фазы смеси; M – смесь; $A-A, B-B$ – обозначение поперечного разреза. Поперечные разрезы молочного шланга в характерных точках представлены на рисунке 37 в виде выносных окружностей.

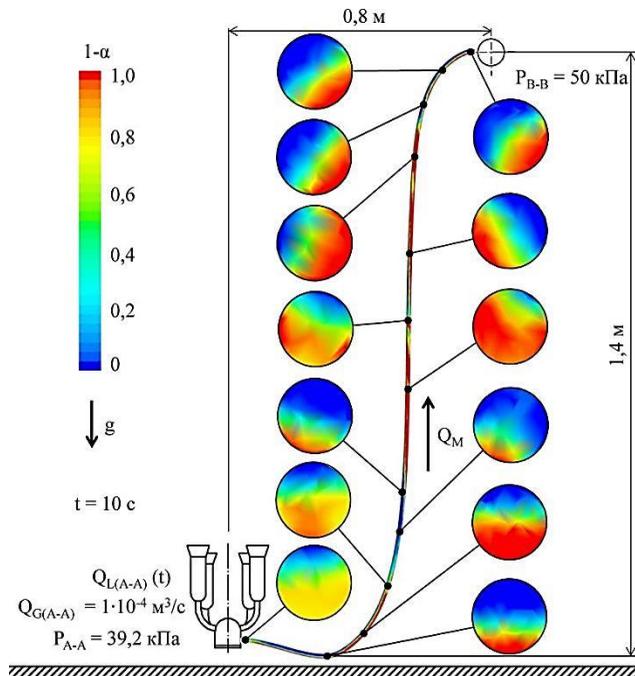


Рисунок 37 – Распределение относительного содержания жидкости $1-\alpha$ по длине молочного шланга доильного аппарата с верхним молокопроводом при частоте пульсаций $n = 60 \text{ мин}^{-1}$ и фазе $A + B = 0,6$

Из рисунка 37 видно, что течение молочно-воздушной смеси на вертикальном участке молочного шланга является прерывистым [9].

Из-за возникновения прерывистого течения молочно-воздушной смеси на входе в молочный шланг наблюдается флуктуация вакуумметрического давления (рисунок 38), которая отрицательно влияет на технологический процесс машинного доения. В дальнейшем заменим обозначение среднего вакуумметрического давления на входе молочного шланга P_{A-A} (рисунок 37) на $P_{сер.}$ (рисунок 38).

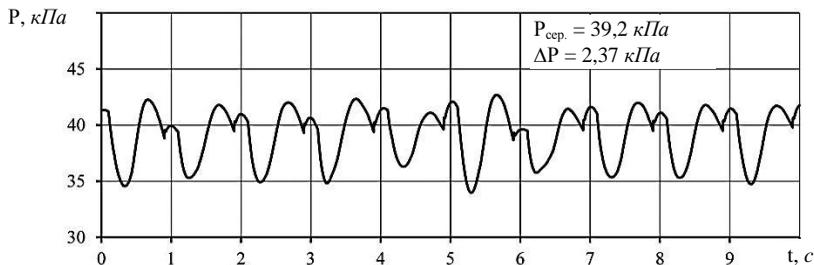


Рисунок 38 – Флуктуация вакуумметрического давления на входе молочного шланга при частоте пульсаций $n = 60 \text{ мин}^{-1}$ и фазе $A + B = 0,6$ (при верхнем молокопроводе)

С использованием программного пакета Mathematica методом наименьших квадратов была проведена корреляция полученных данных и получена математическая модель взаимосвязи флуктуации (средне-квадратического отклонения) вакуумметрического давления ΔP от частоты пульсаций n и величины фазы $A + B$:

$$\Delta P = 12,2515 + 2,30723n - 0,352582(A + B) + 0,00271785(A + B)^2. \quad (1)$$

Графическая интерпретация полученной математической модели представлена на рисунке 39.

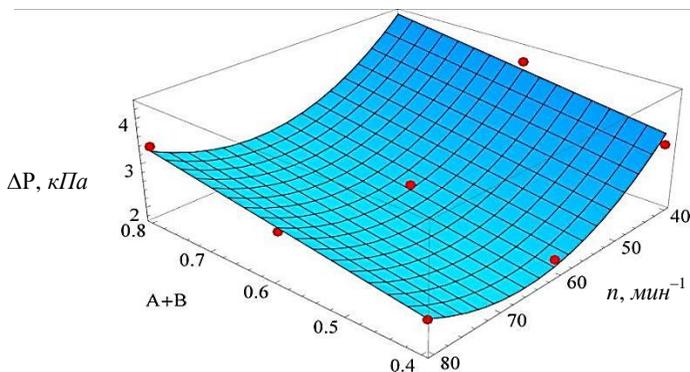


Рисунок 39 – Зависимость изменения среднеквадратического отклонения вакуумметрического давления от величины фазы $A + B$ и частоты пульсаций n (при верхнем молокопроводе)

Как видно из рисунка 39 и зависимости (1), среднеквадратическое отклонение вакуумметрического давления линейно зависит от величины фазы $A + B$ и квадратично – от частоты пульсаций. В результате поиска минимального значения флуктуации вакуумметрического давления установлено, что при частоте пульсаций $n = 64,8 \text{ мин}^{-1}$ и величине фазы $A + B = 0,4$ его среднеквадратическое отклонение составляет $\Delta P = 1,74 \text{ кПа}$, что удовлетворяет технологическим требованиям [8].

Выводы

1. В результате численного моделирования процесса перемещения молочно-воздушной смеси в доильной установке с верхним молокопроводом было установлено, что флуктуация вакуумметрического давления зависит от частоты пульсаций n и величины фазы $A + B$ согласно полученной математической модели.

2. В результате поиска минимального значения флуктуации вакуумметрического давления верхней молочной системы установлено, что при частоте пульсаций $n = 64,8 \text{ мин}^{-1}$ и величине фазы $A + B = 0,4$ его среднеквадратическое отклонение составляет $\Delta P = 1,74 \text{ кПа}$, что удовлетворяет технологическим требованиям.

11.08.2014

Литература

1. Фененко, А.І. Механізація доїння корів. Теорія і практика: монографія / А.І. Фененко. – К.: [б. і.], 2008. – 198 с.
2. Ткач, В.В. Модель движения молока по безнапорному незаполненному молокопроводу / В.В. Ткач // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 2010. – Вип. 84. – С. 59–62.
3. Ткач, В.В. Доїльна установка з роздільним режимом транспортування молока і повітря / В.В. Ткач // Сучасні проблеми вдосконалення технічних систем і технологій у тваринництві: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків, 2010. – Вип. 95. – С. 178–183.
4. Москаленко, С.П. Исследование режимов транспортирования молока по трубопроводам на молочно-товарных фермах и комплексах: автореф. дис. ... канд. техн. наук / С.П. Москаленко. – К., 1974. – 26 с.
5. Кирсанов, В.В. Оптимизация гидравлических параметров молокопроводов доильных установок / В.В. Кирсанов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2001. – № 8 – С. 14–16.
6. Stephen B. Spencer. Milking System Design for Large Herds / Stephen B. Spencer // Western Large Herd Dairy Management Conference, Las Vegas Nevada. – 1993. – P. 10–15.
7. Birchal, V.S. Modeling and simulation of milk emulsion drying in spray dryers / V.S. Birchal, M.L. Passos // Brazilian Journal of Chemical Engineering, Brazil. – 2005. – Vol. 22, No. 02. – P. 293–302.
8. Milking machine installations – Construction and performance: ISO 5707. – Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. – 52 p.
9. James P. Brill. Two phase flow in pipes / James P. Brill, H. Dale Beggs. – 6th edition. – 1991. – 640 p.

УДК 631.363.21

Н.А. Воробьев, С.А. Дрозд

(УО «БГАТУ»,

г. Минск, Республика Беларусь);

А.И. Пунько, М.В. Иванов

(РУП «НПЦ НАН Беларуси по

механизации сельского хозяйства»,

г. Минск, Республика Беларусь)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВУХСТАДИЙНОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ФУРАЖНОГО ЗЕРНА

Введение

Обеспечение сельскохозяйственных животных полноценными кормами, соответствующими зоотехническим требованиям, является важнейшим фактором высокоэффективного производства животноводческой продукции.

На приготовление комбикормов приходится до 30 % затрат в животноводстве, при этом наиболее энергоемким процессом является измельчение зернофуража.

Существует много способов измельчения зерна, снижение энергопотребления в которых позволит снизить себестоимость продукции в целом. Одним из таких способов является двухстадийное измельчение зерна, его изучение позволит эффективно внедрять данный способ в производство и получать положительный экономический эффект.

Основная часть

В ходе анализа энерго- и ресурсоемкости оборудования для измельчения зернофуража нами был сделан вывод о том, что в данный момент наиболее энергетически эффективным оборудованием являются вальцовые плющилки [1]. Однако они не всегда способны обеспечить требуемый гранулометрический состав измельченного продукта и необходимую степень измельчения. Молотковые дробилки способны обеспечить необходимую степень измельчения, при этом помол обладает неоднородностью гранулометрического состава, а процесс измельчения – высокой энергоемкостью.

Оптимальный вариант можно найти в симбиозе двух машин, которые совместят два этапа измельчения зерна, что позволит не только сократить энергоемкость процесса, но при этом повысить качество и однородность измельченного зерна.

На первой стадии двухстадийного измельчения осуществляется предварительное воздействие на зерно, что способствует нарушению целостности зерна и образованию в нем микротрещин, тем самым снижается его прочность – цель полностью разрушить зерно в данном случае не ставится. Это позволяет применять режимы измельчения, способ-

ствующие максимальному увеличению производительности и минимизации энергозатрат.

На второй стадии «ослабшее» зерно измельчается до надлежащего качества, соответствующего зоотехническим требованиям. Энергопотребление измельчения «ослабленного» зерна существенно ниже, чем измельчения целого зерна, при одинаковом модуле помола при этом предварительное воздействие на зерно на первой стадии измельчения способствует образованию в продукте фракции, соответствующей зоотехническим требованиям [1].

Изучением процесса двухстадийного измельчения зерна занимался ряд исследователей: В.А. Афанасьев, Н.С. Дорофеев, В.А. Одегов, А.А. Сундеев, В.А. Елисеев, И.Б. Шагдыров [2–7] и другие ученые.

Анализ исследований в области двухстадийного измельчения зерна показал, что они подтверждают эффективность двухстадийного измельчения при использовании схем: плющение – дробление (молотковая дробилка); плющение – плющение (вальцовая плющилка). Однако при этом нет данных об измельчении по схемам: плющение – дробление (вальцовая дробилка); дробление (вальцовая дробилка) – дробление (вальцовая дробилка); дробление (вальцовая дробилка) – дробление (молотковая дробилка). Нет сравнения эффективности приведенных схем, а также аналитических и экспериментальных зависимостей, позволяющих сравнить эффективность указанных схем.

Приведенные в статье исследования базируются на схеме двухстадийного измельчения зерна, которая включает в себя сочетание пары измельчающих валцов с горизонтально расположенным молотковым ротором.

Данное сочетание рабочих органов ранее не исследовалось. Предположительно, оно способствует снижению энергопотребления, повышению производительности измельчителя и улучшению качества готового продукта. Для подтверждения эффективности данного метода измельчения были проведены экспериментальные исследования по двухстадийному измельчению зерна ячменя влажностью 11,4 %.

В качестве параметров оценки показателей процесса были выбраны:

Y_1 – производительность Q , m^3/h ;

Y_2 – мощность, затрачиваемая на осуществление процесса N , kWt ;

Y_3 – модуль помола M , mm ;

Y_4 – энергоемкость \mathcal{E} , $kWt \cdot h/m$.

На значение указанных параметров влияют многие факторы. Для первой ступени измельчения (вальцами) основными факторами являются: диаметр валцов, длина валцов, окружная скорость валцов, зазор между вальцами, коэффициент трения зерна, скорость подачи зерна, тип рабочей поверхности, шаг рифлей, геометрические характеристики рифлей, передаточное отношение валцов, влажность зерна. Для второй

ступени измельчения (молотковым ротором) – диаметр ротора, длина ротора, окружная скорость ротора, количество молотков в роторе, диаметр отверстий в решетке [8].

Наиболее эффективна оптимизация факторов, оказывающих максимальное влияние на параметры оценки показателей процесса и изменение которых не несет существенных преобразований в конструкции установки и незначительно удорожает экспериментальное исследование.

С учетом изложенного многофакторная зависимость имеет следующий вид [9]:

$$(Y_1, Y_2, Y_3, Y_4) = f(X_1, X_2, X_3),$$

где X_1 – зазор между вальцами b , мм;

X_2 – передаточное отношение валцов i ;

X_3 – диаметр отверстий в решетке d , мм.

Для имитации сочетания вальцового и молоткового рабочего органа исследование по изучению влияния выбранных параметров на производительность, качество плющения, потребляемую мощность и энергоёмкость процесса плющения производили на экспериментальной установке, включающей вальцовый измельчитель ИПЗ-3 (рисунок 40) и молотковую дробилку ИК-1 (рисунок 41). Данное решение позволяет в полной мере смоделировать процесс двухстадийного измельчения зерна, не прибегая к затратам на создание двухстадийной лабораторной установки [9].



Рисунок 40 – Общий вид вальцового измельчителя-плющилки зерна ИПЗ-3



Рисунок 41 – Общий вид молотковой дробилки ИК-1

Для описания процесса в стандартной зоне используем центральный полный факторный эксперимент (ЦПФЭ) типа 2^3 . Перед началом эксперимента исследуемые факторы были кодированы согласно зависимости:

$$x_i = \frac{X_i^{B,H} - X_{01}}{\varepsilon},$$

где x_i – кодированное значение фактора;

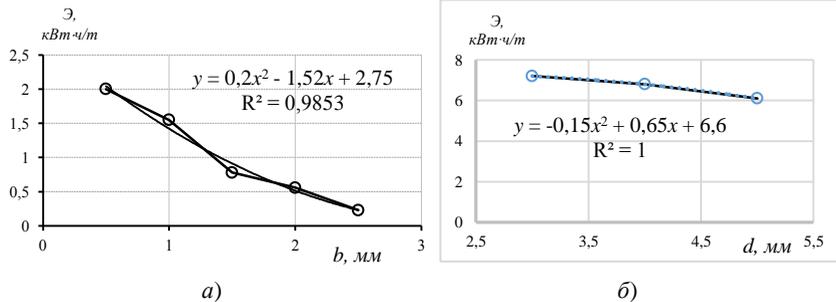
$X_i^{B,H}$ – натуральное значение факторов соответственно на верхнем и нижнем уровнях;
 ε – натуральное значение интервала варьирования,
 $\varepsilon = (X_i^B - X_i^H)/2$ [10].

Значения факторов в кодированном и натуральном виде сведены в таблицу 10.

Таблица 10 – Значение факторов в кодированном и натуральном виде

Факторы	Обозначение	Интервал варьирования	Уровни факторов		
			-1	0	+1
Зазор между вальцами, мм	x_1	0,5	1	1,5	2
Передаточное отношение вальцов	x_2	0,25	0,5	0,75	1
Диаметр отверстий в решетке	x_3	1	3	4	5

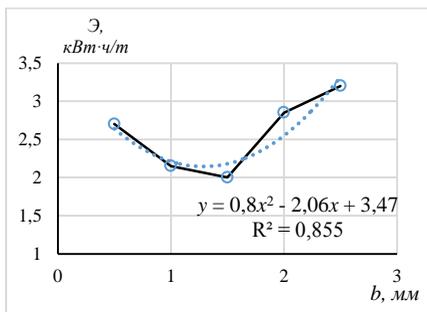
Наиболее значимым фактором для первой ступени измельчения является межвальцовый зазор, для второй – диаметр отверстий в решетке. На рисунке 42 представлены зависимости энергоёмкости для одностадийного измельчения. Диаграмма на рисунке 42а отображает зависимость энергоёмкости от величины межвальцового зазора для одностадийного измельчения вальцовым измельчителем. Диаграмма, представленная на рисунке 42б, отображает зависимость энергоёмкости от диаметра отверстий в решетке.



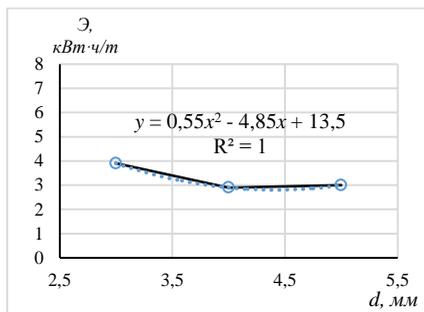
а) зависимость энергоёмкости от величины межвальцового зазора при измельчении вальцовой дробилкой; б) зависимость энергоёмкости от диаметра отверстий в решетке молотовой дробилки

Рисунок 42 – Зависимость энергоёмкости для одностадийного измельчения

На рисунке 43 представлены зависимости, показывающие воздействие на суммарную энергоёмкость двух стадий измельчения в двухстадийном измельчении: от межвальцового зазора – рисунок 43а и диаметра отверстий в решетке – рисунок 43б.



а)



б)

а) зависимость энергоёмкости от величины межвальцового зазора при $d = 5$, $i = 1,5:1$;

б) зависимость энергоёмкости от диаметра отверстий в решетке при $b = 2$, $i = 1:1$

Рисунок 43 – Зависимость энергоёмкости для двухстадийного измельчения

При сравнении влияния величины межвальцового зазора и диаметра отверстий в решетке при одностадийном (рисунок 42) и двухстадийном (рисунок 43) измельчении на энергоёмкость видно, что характер зависимостей различен.

При одностадийном вальцовом измельчении четко видно, что при увеличении межвальцового зазора происходит снижение энергоёмкости, это довольно известный факт, как и снижение энергоёмкости при увеличении диаметра отверстий в решетке при одностадийном измельчении молотковой дробилкой.

В двухстадийном измельчении прослеживается характер снижения энергоёмкости до оптимума, а затем ее повышение. Эта особенность объясняется тем, что в двухстадийном измельчении суммируется энергоёмкость обеих стадий, при этом обеспечивается минимальное потребление энергии в одной стадии измельчения и происходит перегрузка во второй стадии, что ведет к чрезмерному потреблению энергии.

Анализируя зависимости, представленные на рисунке 43, можно видеть, что оптимальный параметр межвальцового зазора для первой стадии составил $1,5$ мм, а оптимальный диаметр отверстия в решетке для второй стадии – 4 мм.

В соответствии с данными эксперимента получено адекватное уравнение регрессии первого порядка, описывающее зависимость энергоёмкости двухстадийного измельчения от величины межвальцового зазора, передаточного отношения вальцового измельчителя (первая степень измельчения) и диаметра отверстий в решетке молотковой дробилки (вторая степень измельчения):

$$y_1 = 2,818 + 0,363X_1 - 0,052X_2 - 0,381X_3 - 0,145X_{12}.$$

На основании полученного уравнения построены графические зависимости, поверхность отклика которых описывает зависимость энер-

гоемкости процесса измельчения от величины межвальцового зазора и передаточного отношения между вальцами (рисунок 44а), от диаметра отверстий в решетке и передаточного отношения между вальцами (рисунок 44б), от величины межвальцового зазора и диаметра отверстий в решетке (рисунок 44в)

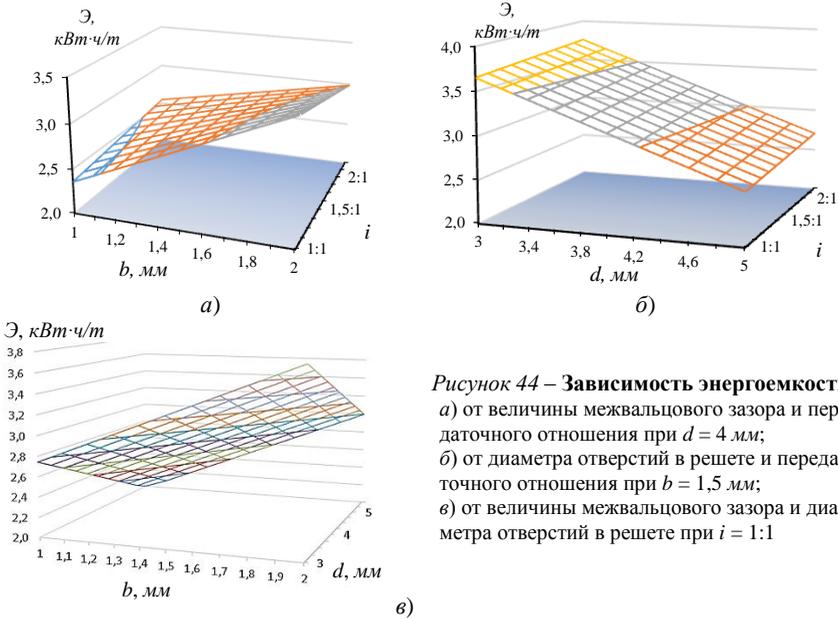


Рисунок 44 – Зависимость энергоемкости:
 а) от величины межвальцового зазора и передаточного отношения при $d = 4 \text{ мм}$;
 б) от диаметра отверстий в решетке и передаточного отношения при $b = 1,5 \text{ мм}$;
 в) от величины межвальцового зазора и диаметра отверстий в решетке при $i = 1:1$

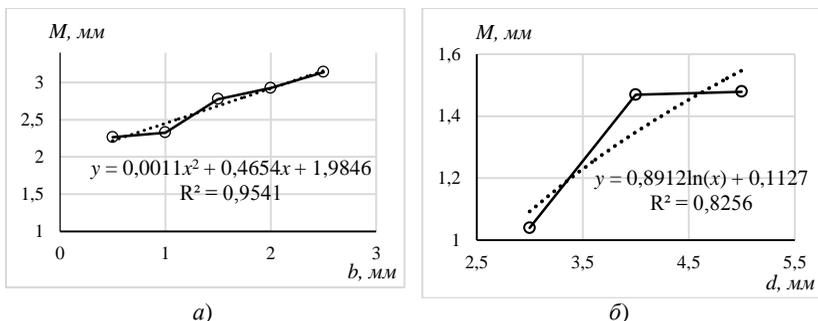
Проанализировав графические зависимости, представленные на рисунке 44, можно судить о том, что при увеличении межвальцового зазора первой ступени измельчения наблюдается значительный рост энергоемкости процесса измельчения, данная особенность объясняется увеличением загруженности второй ступени измельчения при увеличении межвальцового зазора первой стадии.

Из вышеприведенного анализа энергоемкости двухстадийного измельчения можно сделать вывод о том, что при двухстадийном измельчении основным потребителем энергии является вторая ступень измельчения. Поэтому одна из важных задач – выявить параметры работы первой ступени, которые могут максимально снизить энергоемкость процесса в целом.

Для более полной оценки двухстадийного измельчения проанализирован модуль помола.

На рисунке 45 представлены зависимости модуля помола для одностадийного измельчения: на рисунке 45а – от величины межвальцового

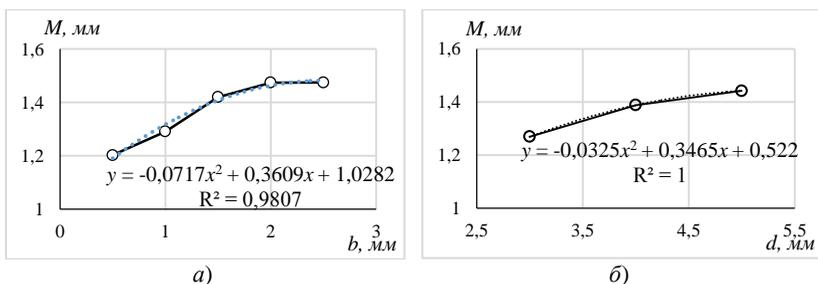
зазора для одностадийного измельчения вальцовой дробилкой; на рисунке 45б – от диаметра отверстий в решетке.



а) зависимость модуля помола от величины межвальцового зазора при измельчении вальцовой дробилкой; б) зависимость модуля помола от диаметра отверстий в решетке молотовой дробилки

Рисунок 45 – Зависимость модуля помола для одностадийного измельчения

Проанализировав зависимости модуля помола от межвальцового зазора и диаметра отверстий в решетке при одностадийном (рисунок 45) и двухстадийном измельчении (рисунок 46), можно сделать вывод о том, что при двухстадийном измельчении характер кривых схож с одностадийным, при этом видно существенное уменьшение модуля помола по сравнению с одностадийным измельчением вальцовой дробилкой.



а) зависимость модуля помола от величины межвальцового зазора;
б) зависимость модуля помола от диаметра отверстий в решетке

Рисунок 46 – Зависимость модуля помола для двухстадийного измельчения

В соответствии с данными, полученными в результате эксперимента, рассчитано адекватное уравнение регрессии первого порядка, определяющее зависимость модуля помола от величины межвальцового зазора, передаточного отношения вальцового измельчителя (первая ступень измельчения) и диаметра отверстий в решетке молотковой дробилки (вторая ступень измельчения):

$$y_2 = 1,311 + 0,082X_1 + 0,048X_2 + 0,083X_3.$$

На основании полученного уравнения построены графические зависимости, поверхность отклика которых описывает зависимость модуля помола от величины межвальцового зазора и передаточного отношения между вальцами (рисунок 47а), от диаметра отверстий в решетке и передаточного отношения между вальцами (рисунок 47б), от межвальцового зазора и диаметра отверстий в решетке (рисунок 47в)

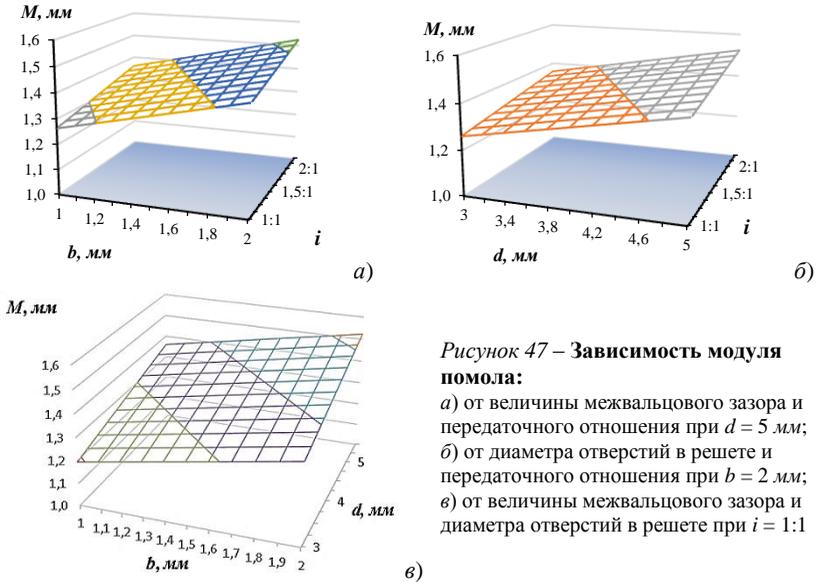


Рисунок 47 – Зависимость модуля помола:

- а) от величины межвальцового зазора и передаточного отношения при $d = 5$ мм;
- б) от диаметра отверстий в решетке и передаточного отношения при $b = 2$ мм;
- в) от величины межвальцового зазора и диаметра отверстий в решетке при $i = 1:1$

В ходе анализа графических зависимостей выявлено, что двухстадийное измельчение зерна дает средний модуль помола 1,2...1,5 мм, что оптимально подходит для свиней беконного откорма. При одностадийном вальцовом измельчении практически невозможно получить данный показатель, а при измельчении на молотковой дробилке для этого потребуются минимум в два раза больше энергозатрат.

В процессе исследования также было выявлено, что производительность второй ступени измельчения (молотковой дробилкой) при двухстадийном измельчении увеличивается в 1,5 раза по сравнению с одностадийным. В целом оценить производительность двухстадийного измельчения достаточно сложно, так как производительность первой и второй ступеней измельчения в лабораторной установке существенно отличается.

Для сравнительного анализа эффективности двухстадийного измельчения на рисунке 48 представлена зависимость энергоёмкости от модуля помола для вальцового, молоткового и двухстадийного измельчения.

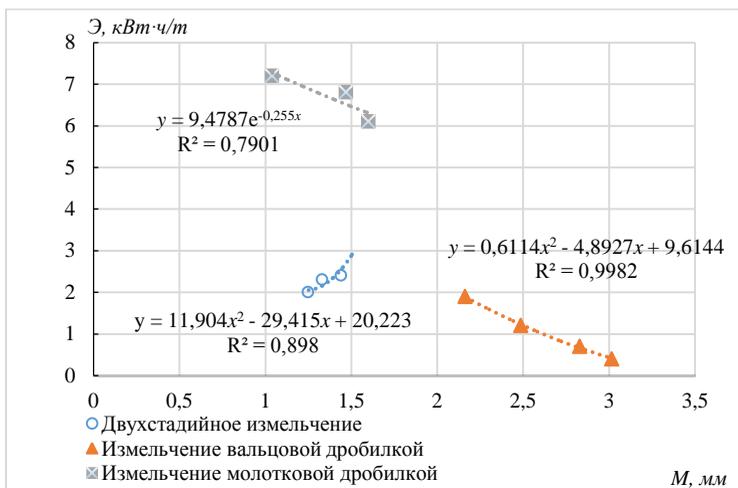


Рисунок 48 – Зависимость энергоемкости Э от модуля помола М

По данной зависимости можно сделать вывод, что при двухстадийном измельчении энергоемкость процесса в 1,7–2,2 раза ниже по сравнению с одностадийным при модуле помола 1,3–1,5 мм.

Заключение

По результатам проведенных опытов получены адекватные уравнения регрессии, описывающие изменение модуля помола и энергоемкости двухстадийного измельчения зерна в зависимости от величины межвальцового зазора, передаточного отношения валцов и диаметра отверстий в решетке молотковой дробилки.

Анализ полученных уравнений показал, что в исследуемом диапазоне факторов двухстадийное измельчение зерна дает средний модуль помола 1,2–1,5 мм и производительность молотковой дробилки второй стадии увеличивается в 1,5 раза по сравнению с одностадийной; при этом энергоемкость процесса примерно в 2 раза ниже энергоемкости измельчения зерна молотковой дробилкой.

01.09.2014

Литература

1. Дашков, В.Н. Совершенствование технических средств для измельчения фуражного зерна / В.Н. Дашков, Н.А. Воробьев, С.А. Дрозд // Агропанорама. – 2013. – № 5. – С. 23–28.
2. Афанасьев, В.А. Эффективность двухстадийного измельчения сырья при производстве комбикормов для животноводческих комплексов / А.В. Афанасьев, Л.А. Плаксина // Повышение эффективности технологических процессов производства комбикормов: сб. науч. тр. – М.: ЦНИИТЭИХлебопродуктов, 1990. – Вып. 34. – С. 43–49.

3. Дорофеев, Н.С. Исследование процесса двухстадийного измельчения зерна: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.20.01 / Н.С. Дорофеев; Воронежский с.-х. институт. – Воронеж, 1967.
4. Одегов, В.А. Обоснование параметров и режимов работы плющилки влажного зерна: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / В.А. Одегов; Зон. Науч.-исслед. ин-т с/х Сев-Восточ. им Н.В. Рудницкого. – Киров, 2005. – 187 с.
5. Сундеев, А.А. Процесс измельчения фуражного зерна и его развитие / А.А. Сундеев // Механизация подготовки кормов в животноводстве: сб. науч. тр. – Воронеж: Изд-во ВСХИ, 1984. – С. 5–19.
6. Елисеев, В.А. Двухстадийные вальцовые мельницы / В.А. Елисеев, Н.С. Дорофеев // Сельскохозяйственное производство Северного Кавказа ЦЧО. – 1966. – № 1. – С. 76.
7. Шагдыров, И.Б. Технология и параметры многоступенчатых измельчителей фуражного зерна с внутренней сепарацией: дис. ... д.-ра техн. наук: 05.20.01 / И.Б. Шагдыров; ФГБОУ ВПО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова». – Новосибирск, 2013.
8. Воробьев, Н.А. Площение фуражного зерна вальцами с рифлено-ступенчатой рабочей поверхностью: дис. ...канд. техн. наук: 05.20.01 / Н.А. Воробьев // БГАТУ. – Минск, 2009.
9. Дашков, В.Н. Методика обоснования параметров двухстадийного измельчителя зерна / В.Н. Дашков, Н.А. Воробьев, С.А. Дрозд // Вестник БГСХА. – 2014. – № 2. – С. 190–193.
10. Леонов, А.Н. Основы научных исследований и моделирования: учебно-методический комплекс / А.Н. Леонов, М.М. Дечко, В.Б. Ловкис. – Минск: БГАТУ, 2010. – 276 с.

УДК 631.363.21

А.В. Вашула

*(ГУ «Белорусская МИС», п. Привольный,
Минская обл., Республика Беларусь);*

Н.А. Воробьев, А.В. Захаров,

В.Н. Савинных, С.А. Дрозд

(УО «БГАТУ»,

г. Минск, Республика Беларусь)

**МЕТОДИКА КАЛИБРОВКИ
ТЕНЗОДАТЧИКА ПРИ
ИССЛЕДОВАНИИ ВЛИЯНИЯ
МЕЖВАЛЬЦОВОГО ЗАЗОРА
НА РАСПОРНОЕ УСИЛИЕ
МЕЖДУ ВАЛЬЦАМИ
ПЛЮЩИЛКИ**

Введение

Измерение сил, возникающих при работе сельскохозяйственных механизмов и машин, является необходимым условием совершенствования их конструкции. Немаловажным показателем при площении зерна является распорное усилие, воздействующее на вальцы плющилки. Исследование распорного усилия производится при помощи тензодатчиков, с предварительной калибровкой. При этом важно знать неопределенность измерения – численную величину измеряемого параметра и характеристику разброса значений измеряемой величины.

Методика калибровки тензометрического датчика

Цель работы – определение распорного усилия между вальцами в зависимости от межвальцового зазора.

Содержание работы. Методика определяет требования к методам и средствам калибровки тензометрического силового датчика, к оформлению результатов калибровки, регламентирует порядок оценки неопределенности измерения распорного усилия тензометрическим силовым датчиком.

Операции и средства калибровки. При проведении калибровки тензометрического силового датчика выполняются операции и применяются средства калибровки, указанные в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень необходимых операций и применяемые средства при калибровке тензометрического силового датчика

Операции	Средства калибровки и их основные метрологические характеристики
1. Внешний осмотр, составление и подготовка рабочей схемы к измерению. 2. Опробование (проверка функционирования схемы). 3. Определение метрологических характеристик. 4. Определение погрешности показаний тензодатчика на сжатие.	1. Стенд СГ-5 для градуировки и проверки тензодатчиков. 2. Динамометр образцовый сжатия ДОСМ-5, ГОСТ 9500–84, 5–50 кН, 3-й разряд. 3. Тензодатчик на сжатие, балансировочная клеммная коробка, измеритель цифровой.

Опробование (проверка функционирования). При опробовании калибруемый тензодатчик сжатия 1, согласно рисунку 49, устанавливается на динамометре образцовом сжатия 2. Затем устанавливается ноль на индикаторе 5 образцового динамометра 2. Вращением штурвала 3 стенда 4 добиваемся изменения показаний образцового динамометра 2.

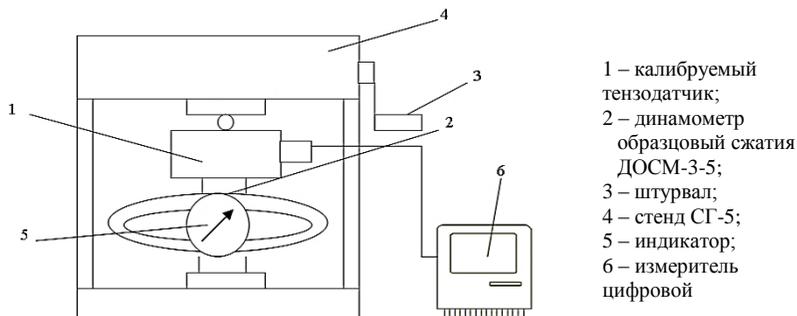


Рисунок 49 – Схема калибровки тензометрического силового датчика сжатия

Цифровой измеритель 6 позволяет измерить сигнал и фиксировать текущее значение нагрузки на дисплее и запоминать ее в энергонезависимой памяти прибора.

При опробовании проверяем диапазон нагрузок. При этом штурвал 3 должен вращаться плавно, без заеданий, не должно наблюдаться перекосов в схеме сжатия.

Определение метрологических характеристик. Определение погрешности показаний тензометрического силового датчика и расширенной неопределенности выполняется путем сравнения показаний калибруемого тензодатчика с показаниями образцового динамометра ДОСМ-3-5.

На стенде задается усилие, фиксируемое образцовым динамометром, соответственно, фиксируется цифровой выходной сигнал с тензометрического силового датчика. Результаты измерений каждой ступени нагружения фиксируются и заносятся в таблицу 12.

Таблица 12 – Результаты тарировки тензометрического силового датчика

Нагрузка, G_j , кН	Результаты измерений, P_i , кН	Среднее значение усилия, P_i , кН	Дисперсия усилий, $S^2(P_i)$	Стандартное отклонение, $S(P_i)$, кН	Стандартная неопределенность, $u_c(P_i)$, кН
0	0	–	–	–	–
10	9,94; 9,96; 9,93; 9,95; 10,04; 10,06; 10,03; 10,07	9,9975	0,003364	0,058	0,021
20	19,92; 19,95; 19,93; 19,98; 20,04; 20,05; 20,07; 20,06	19,9975	0,003993	0,063	0,022
30	29,96; 29,95; 29,95; 29,92; 30,03; 30,04; 30,05; 30,08	29,9975	0,003478	0,059	0,021
40	39,92; 39,94; 39,90; 39,98; 40,06; 40,06; 40,05; 40,07	39,9975	0,004993	0,071	0,025
50	49,90; 49,96; 49,94; 49,92; 50,06; 50,08; 50,02; 50,08	49,995	0,005457	0,074	0,026

На основании полученных данных измерений произведен расчет среднего арифметического значения измерения калибруемого силового тензодатчика в принятом интервале нагрузок, определены экспериментальная дисперсия измерений, а также экспериментальное стандартное отклонение и стандартная неопределенность для интервала нагрузок 10, 20, 30, 40, и 50 кН.

Проведенная проверка дисперсий на однородность по критерию Кохрена показала, что дисперсии являются однородными [1]:

$$g = \frac{0,005457}{(0,003364 + 0,003993 + 0,003478 + 0,004993)} = 0,3447 < 0,4564 = g_{0,95},$$

и в дальнейших расчетах может быть использована средневзвешенная дисперсия $S_2 = 0,004257$ ($f = 35$). Соответственно, получим стандартное отклонение $S(P) = 65 \text{ Н}$ и стандартную неопределенность $u_c(P_i) = 23 \text{ Н}$ для принятого интервала нагрузок по типу неопределенности А.

Оценка погрешности эталонного динамометра проводилась от значения входной величины, равной 0,3 % от измеренного значения нагрузки. Погрешность оператора определена от значения входной величины, равной 0,2 цены деления шкалы 0,5 кН. Стандартная неопределенность по типу неопределенности В при прямоугольном виде распределения найдена по формуле:

$$u(\Delta P_i) = \Delta P_i / \sqrt{3}.$$

Суммарная стандартная неопределенность определялась по формуле:

$$u_c(\Delta P_i) = \sqrt{u^2(\bar{P}_i) + u^2(P_s) + u^2(\Delta P_0)}.$$

Результаты вычислений стандартной неопределенности и суммарной стандартной неопределенности представлены в таблице 13, там же приведены процентные вклады неопределенности и расширенная неопределенность измерений при $k = 2$, $p = 0,95$ % в принятом интервале нагрузок, которая рассчитывалась по формуле:

$$U(\Delta F) = k \cdot u_c(\Delta P).$$

Таблица 13 – Бюджет неопределенности

Входная величина, X_i	Значение, $P_i, \text{Н}$	Тип неопределенности	Распределение вероятностей	Стандартная неопределенность, Н	Коэффициент чувствительности	Вклад неопределенности, %
1	2	3	4	5	6	7
а) в точке шкалы эталонного динамометра 10 000 Н						
Среднее значение по калибруемому динамометру, $P_i, \text{Н}$	9997,5	А	Нормальное	21	1	11,0
Погрешность эталона, $\Delta P_s, \text{Н}$	30	В	Прямоугольное	17	1	7,3
Погрешность оператора, $\Delta P_o, \text{Н}$	100	В	Прямоугольное	58	1	81,7
Суммарная неопределенность, $u_c(\Delta P) = 68 \text{ Н}$						
Расширенная неопределенность $U = k u_c(\Delta P) = 2 \times 68 = 136 \text{ Н}$						

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5	6	7
б) в точке шкалы эталонного динамометра 20 000 Н						
Среднее значение по калибруемому динамометру, $P_i, Н$	19997,5	А	Нормальное	22	1	9,7
Погрешность эталона, $\Delta P_э, Н$	60	В	Прямоугольное	35	1	23,9
Погрешность оператора, $\Delta P_о, Н$	100	В	Прямоугольное	58	1	66,4
Суммарная неопределенность, $u_c(\Delta P) = 71 Н$						
Расширенная неопределенность $U = k u_c(\Delta P) = 2 \times 71 = 142 Н$						
в) в точке шкалы эталонного динамометра 30 000 Н						
Среднее значение по калибруемому динамометру, $P_i, Н$	29997,5	А	Нормальное	21	1	6,8
Погрешность эталона, $\Delta P_э, Н$	90	В	Прямоугольное	52	1	41,6
Погрешность оператора, $\Delta P_о, Н$	100	В	Прямоугольное	58	1	52,6
Суммарная неопределенность, $u_c(\Delta P) = 80 Н$						
Расширенная неопределенность $U = k u_c(\Delta P) = 2 \times 80 = 160 Н$						
в) в точке шкалы эталонного динамометра 40 000 Н						
Среднее значение по калибруемому динамометру, $P_i, Н$	39997,5	А	Нормальное	25	1	7,1
Погрешность эталона, $\Delta P_э, Н$	120	В	Прямоугольное	69	1	54,8
Погрешность оператора, $\Delta P_о, Н$	100	В	Прямоугольное	58	1	38,1
Суммарная неопределенность, $u_c(\Delta P) = 94 Н$						
Расширенная неопределенность $U = k u_c(\Delta P) = 2 \times 94 = 188 Н$						
в) в точке шкалы эталонного динамометра 50 000 Н						
Среднее значение по калибруемому динамометру, $P_i, Н$	49997,5	А	Нормальное	26	1	5,9
Погрешность эталона, $\Delta P_э, Н$	150	В	Прямоугольное	86	1	65,1
Погрешность оператора, $\Delta P_о, Н$	100	В	Прямоугольное	58	1	30,0
Суммарная неопределенность, $u_c(\Delta P) = 109 Н$						
Расширенная неопределенность $U = k u_c(\Delta P) = 2 \times 109 = 218 Н$						

Полный результат измерений состоит из оценки измеряемой величины и расширенной неопределенности и представляется в форме с указанием единиц измерения.

Результаты исследования распорного усилия между вальцами плющилки

Исследование влияния зазора и влажности на распорное усилие между вальцами проводилось при обработке зерна озимой ржи на плющилке ПВЗ-10. Оценивали влияние влажности зерна и межвальцового зазора на процесс плющения по величине распорного усилия P , кН, и качеству плющения – средняя толщина хлопьев должна находиться в пределах 1,1–1,8 мм.

При определении распорного усилия обеспечивался такой режим подачи зернового материала, при котором межвальцовый зазор постоянно заполнен зерном по всей длине вальца.

На рисунке 50 представлена зависимость распорного усилия от влажности зерна при разных значениях межвальцового зазора, которая показывает, что с увеличением влажности зерна распорное усилие снижается, и тем больше, чем меньше зазор между вальцами.

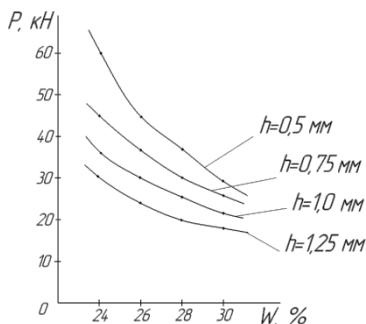


Рисунок 50 – Зависимость распорного усилия от влажности зерна

Так, при зазоре между вальцами 1,25 мм распорное усилие при увеличении влажности с 24 до 30 % снижается с 30,1 до 17,5 кН, т. е. в 1,72 раза, а при зазоре 0,5 мм распорное усилие снижается с 60 до 29,1 кН, т. е. в 2,06 раза.

При этом рост влажности зерна свыше 30 % и уменьшение зазора более 1,25 мм приводят к тому, что в измельченном зерне попадают нерасплющенные зерна (целое зерно), а также наблюдается восстановление плющеного зерна

(в результате релаксации напряжений, вызванных сжатием под воздействием распорного усилия) до исходных размеров.

Учитывая, что толщина плющеного зерна должна находиться в интервале от 1,1 до 1,8 мм [2], рекомендуется устанавливать межвальцовый зазор, не превышающий 0,8 мм, при котором обеспечивается толщина плющеного зерна, не превышающая 1,8 мм, при влажности зерна от 22 до 30 %.

Заключение

Разработаны методика и стенд калибровки тензометрического силового датчика сжатия. В принятом интервале нагрузок определена стандартная неопределенность по типу неопределенности А и В. Определена суммарная неопределенность, вклады неопределенностей, рассчитана расширенная неопределенность. Проведены замеры распорного

усилия при межвальцовом зазоре от 0,5 до 1,25 мм в диапазоне влажности зерна от 22 до 30 %. Наблюдается общая тенденция снижения распорного усилия с увеличением зазора между вальцами и повышением влажности зерна.

01.09.2014

Литература

1. Леонов, А.Н. Основы научных исследований и моделирования: учебно-методический комплекс / А.Н. Леонов, М.М. Дечко, В.Б. Ловкис – Минск: БГАТУ, 2010. – 276 с.
2. Гусаков, В.Г. Организационно-технологические нормативы производства продукции животноводства и заготовки кормов: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т экономики НАН Беларуси, Центр аграр. экономики; разраб. В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 283 с.

УДК 636.085:7:631.363.21

**В.И. Коновалов, И.Б. Шагдыров,
М.Б. Балданов**

*(ФГБОУ ВПО «Бурятская
государственная сельскохозяйственная
академия им. В.Р. Филиппова»,
г. Улан-Удэ, Республика Бурятия);*

А.И. Пунько

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

**АНАЛИЗ ПРОЦЕССА
ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ
ФУРАЖНОГО ЗЕРНА
В ОДНОВАЛЬЦОВО-
ДЕКОВОМ
ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕ**

Введение

Несовершенство рабочих органов одновальцово-декового измельчителя приводит к неоднородности гранулометрического состава готового продукта [1]. Если недоизмельченные частицы после просева можно вернуть на повторное измельчение, то с переизмельченными этого сделать нельзя. Они являются мерой несовершенства процесса, приводящего к излишним энергозатратам, плохо усваиваются организмом животного.

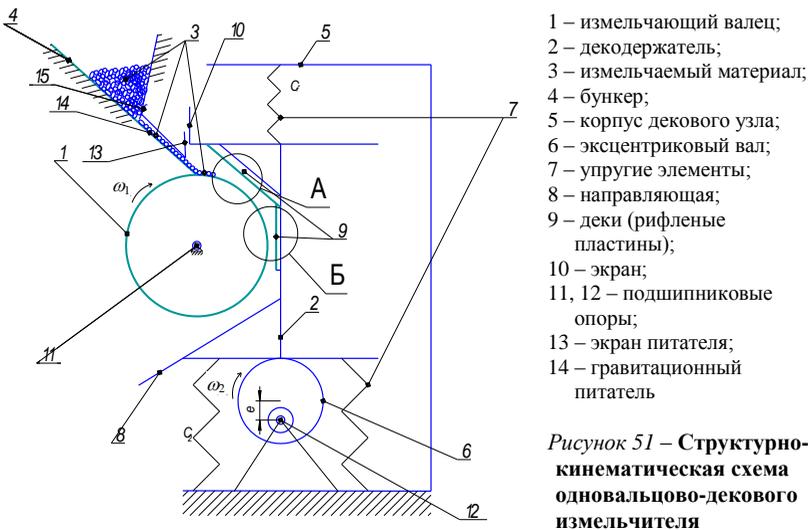
Поэтому как оценочные показатели эффективности технологического процесса измельчения зерна на одновальцово-дековом измельчителе и качества измельченного материала были взяты удельная энергоемкость при дроблении частиц \mathcal{E} ($\text{Вт}\cdot\text{ч}/\text{кг}$) и модуль помола M (мм) [2].

При исследовании конструкции измельчающей машины применялись аналитические, графоаналитические и экспериментальные методы с целью обоснования технологического процесса измельчения зерна, предложенной математической модели и параметров одновальцово-декового измельчителя [3].

Результаты исследований и их анализ

Техническим решением снижения материало- и энергоемкости является использование в качестве рабочих органов вращающегося рифленого вальца уменьшенного диаметра и деки особой формы, совершающей возвратно-поступательное движение относительно центра вращения вальца. Дека совершает возвратно-поступательное движение относительно центра вращения вальца и приводится в движение эксцентриковым вибровозбудителем. Подача измельчаемого материала осуществляется в зазор между вальцом и декой (рисунок 51) [4, 5].

Измельчающая часть измельчителя вальцедекового типа (рисунок 51) состоит из вращающегося вальца, установленного на подшипниковых опорах, корпуса декового узла, декодержателя, расположенного на упругих опорах в корпусе и приводимого в возвратно-поступательное движение в вертикальной плоскости при помощи эксцентрикового вала, установленного также на подшипниковых опорах. На декодержателе размещены деки в виде рифленых пластин и экран, предотвращающий выбрасывание неизмельченного материала.



Питающая часть измельчителя состоит из бункера, экрана, гравитационного питателя, представляющего собой наклонную плоскость или желоб и заслонку для регулирования величины потока поступающего материала. Измельченный продукт по направляющей выводится из измельчителя.

Теоретические исследования процесса движения и измельчения зерна в одновальцево-дековом измельчителе построены на основе урав-

нения энергетического баланса механической системы. При разработке теоретических предпосылок была выдвинута научная гипотеза об изменении кинетической энергии одновальцово-декового измельчителя, рассматриваемого как изолированная механическая система, за счет работы сил разрушения измельчаемого материала.

На основе структурно-кинематической схемы (см. рисунок 51) разработана физическая модель технологического процесса разрушения зерна в одновальцово-дековом измельчителе (рисунок 52).

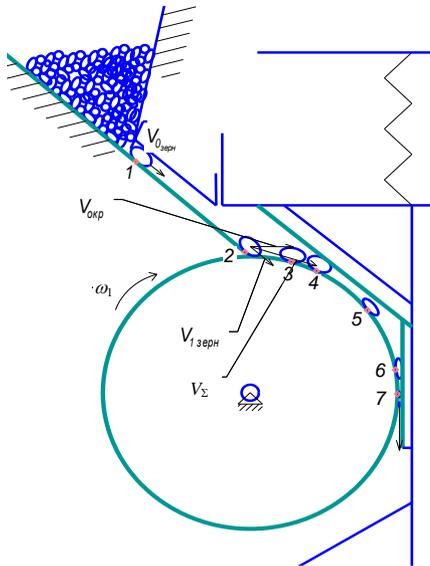


Рисунок 52 – Основные переходные точки движения измельчаемого продукта в измельчителе

Измельчение материала 3 происходит в зонах А и Б (рисунок 51).

Для детального изучения измельчения материала на данном типе измельчителя необходимо разделить технологический процесс измельчения, начиная от поступления в бункер неизмельченного материала и заканчивая выходом готового измельченного продукта, на стадии или участки с соответствующими переходными точками (рисунок 52).

Движение материала начинается в т. 1. В т. 2 частица приобретает максимальную скорость $V_{1зерн}$ в конце желоба и захватывается вращающимся с окружной скоростью $V_{окр}$ вальцом; т. 3 – движение зерновки стабилизируется, суммарная скорость зерновки V_{Σ} становится равной окружной скорости вальца $V_{окр}$; т. 4 – происходит захват зерновки в первую зону измельчения; т. 5 – выход предизмельченного продукта из первой зоны; т. 6 – захват предизмельченного материала второй зоной измельчения; т. 7 – выход продукта из второй зоны измельчения.

Для определения связи между конструктивно-режимными параметрами измельчителя и показателями качества измельченного продукта, выраженной в модуле помола M , с учетом работы, затрачиваемой на образование новой поверхности и разрушение частицы $A_{разр}$, было применено уравнение об изменении кинетической энергии механической системы (1):

$$\sum T_1 - \sum T_0 = \sum A_k^e + \sum A_k^i + A_{разр}. \quad (1)$$

Для определения работы разрушения частицы было применено уравнение П.А. Ребиндера, выраженное В.И. Акуновым в следующем виде:

$$A = K + \frac{\sigma_p^2 V_0 Z}{2E} + K_p \Delta S \alpha, \quad (2)$$

где K – энергия, расходуемая на деформацию и износ рабочих органов измельчителя;

Z – число циклов деформации частиц измельчаемого материала;

$\sigma_p^2 / 2E$ – затраты энергии на упругую деформацию измельчаемого материала;

V_0 – первоначальный объем тела;

K_p – энергия на образование 1 $см^2$ новой поверхности.

Определив и подставив все слагаемые в выражение (1), получим уравнение связи технологических критериев оценки качества измельченного продукта с конструктивными и кинематическими параметрами измельчителя для первой (3) и второй (4) зон измельчения [6]:

$$\begin{aligned} & \frac{m\omega_1^2}{2} \left[\frac{1}{12} (d_{cp}^2 + \Delta_{i\min}^2) + \left(R + \frac{\Delta_{i\min}}{2} \right)^2 - \frac{1}{2} \left(1,5 \frac{d_{cp}^2}{4} + (d_{cp} + R)^2 \right) \right] - \\ & - \frac{m}{4} (V_{0\partial}^2 + V_{\partial sp}^2 + 2V_{0\partial} V_{\partial sp} \sin(\gamma - \beta)) = \\ & = \frac{\sigma_p^2 V_0 Z}{2E} + K_p \left(\frac{6}{\rho_2 M_1} - \frac{6}{\rho_1 D_3} \right) \left(\frac{D_3}{M_1} \right)^n + (F_{\text{ynp}\partial} + Ce \sin(\omega_2 t)) + e \sin(\omega_2 t) + \\ & + \frac{f \left(F_{\text{ynp}} \cos \gamma - \frac{F_{\text{ynp}} \sin(\gamma - \beta)}{f \cos \beta - \sin \beta} \right)}{\cos \beta - f \sin \beta} \left(2\pi R \frac{\beta}{360} - \frac{f(F_{\text{ynp}} \sin(\gamma - \beta))}{f \cos \beta - \sin \beta} \right) \left(\left(R + \frac{e \sin(\omega_2 t)}{\cos \gamma} \right) \sin \beta \right). \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\omega_1^2}{2} \left[\frac{1}{12} \left(\frac{M_2 V_{\partial sp}}{\sqrt{V_{\partial sp}^2 + V_{\partial}^2 - 2V_{\partial sp} V_{\partial}}} \right)^4 + \frac{mV_{\partial sp}}{(i_2) \sqrt{V_{\partial sp}^2 + V_{\partial}^2 - 2V_{\partial sp} V_{\partial}}} \left(\frac{M_2 V_{\partial sp}}{2\sqrt{V_{\partial sp}^2 + V_{\partial}^2 - 2V_{\partial sp} V_{\partial}}} + R \right)^2 \right] - \\ & - \frac{\omega_1^2}{2} \left[\frac{1}{12} \left(\frac{M_1 V_{\partial sp}}{\sqrt{V_{\partial sp}^2 + V_{\partial}^2 + 2V_{\partial sp} V_{\partial} \cos \xi_{\max}}} \right)^4 + \frac{mV_{\partial sp}}{(i_2) \sqrt{V_{\partial sp}^2 + V_{\partial}^2 + 2V_{\partial sp} V_{\partial} \cos \xi_{\max}}} \left(\frac{M_1 V_{\partial sp}}{2\sqrt{V_{\partial sp}^2 + V_{\partial}^2 + 2V_{\partial sp} V_{\partial} \cos \xi_{\max}}} + R \right)^2 \right] + \\ & + \frac{mV_{\partial}^2}{2(i_2) \sqrt{V_{\partial sp}^2 + V_{\partial}^2 - 2V_{\partial sp} V_{\partial}}} - \frac{mV_{\partial}^2}{2(i_2) \sqrt{V_{\partial sp}^2 + V_{\partial}^2 + 2V_{\partial sp} V_{\partial} \cos \xi_{\max}}} - (F_{\text{ynp}\partial} + Ce \sin(\omega_2 t)) e \sin(\omega_2 t) + \\ & + \frac{fF_{\text{ynp}} \left(2\pi R \frac{\xi}{360} \right)}{(\sin \xi - f \cos \xi)(f \sin \xi - \cos \xi)} + \frac{fF_{\text{ynp}} e \sin(\omega_2 t)}{\sin \xi - f \cos \xi} + \frac{\sigma_p^2 \pi M_1^2 Z}{12E} + K_p \left(\frac{6}{\rho_2 M_2} - \frac{6}{\rho_1 M_1} \right) \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^n. \end{aligned} \quad (4)$$

Экспериментальные исследования по определению оптимальных параметров одновальцово-декового измельчителя проводились по мето-

ду сканирования. Адекватность разработанной математической модели производилась при помощи F -критерия Фишера.

По результатам экспериментальных исследований были построены поверхности отклика модуля помола (рисунок 53) в зависимости от конструктивных (Δ) и кинематических (ω_1, ω_2) параметров измельчителя.

Для описания процесса измельчения зерна в одновальцово-дековом измельчителе была разработана математическая модель, отражающая закономерность связи технологических критериев оценки качества измельченного материала с конструктивно-режимными параметрами измельчителя.

Выводы

Оптимальные размеры зазоров между вальцом и декой в первой и второй зонах измельчения равны: $\Delta_1 = 1 \text{ мм}$, $\Delta_2 = 0,8 \text{ мм}$ – для модуля помола $M = 0,3–0,8 \text{ мм}$; $\Delta_2 = 1 \text{ мм}$ – для модуля помола $M = 0,8–2,3 \text{ мм}$, при амплитуде колебаний деки $A = 3 \text{ мм}$.

Теоретически и экспериментально установлено, что при увеличении частот вращения энергоёмкость процесса измельчения увеличивается, так же как и производительность. Оптимальными с точки зрения энергоёмкости процесса измельчения и производительности измельчителя являются величины угловых скоростей вальца и эксцентрикового вибровозбудителя $\omega_1 = 18,3 \text{ рад./с}$, $\omega_2 = 57,5 \text{ рад./с}$.

18.08.2014

Литература

1. Пунько, А.И. Анализ конструкций вальцовых измельчителей зернофуража / А.И. Пунько, Д.И. Романчук, В.Н. Савиных, А.Н. Гуд // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2011. – Вып. 45. – С. 172–178.
2. Комбикорма. Методы определения крупности размолы и содержания неразмолотых семян культурных и дикорастущих растений: ГОСТ 13496.8–72. – Введ. 01.01.1973. – М.: Изд-во стандартов, 1972. – 10 с.

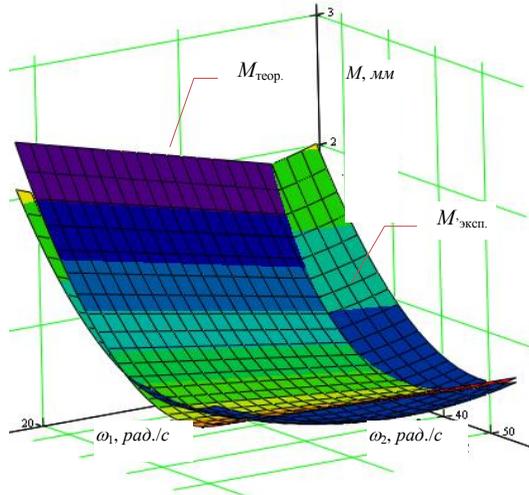


Рисунок 53 – Теоретический и экспериментальный графики изменения модуля помола в зависимости от режимов работы измельчителя

3. Коновалов, В.И. Возможности совершенствования конструкции и повышения эффективности измельчения зерна / В.И. Коновалов, Н.А. Урханов, Ч.С. Данилов, М.Б. Балданов // *Технология и средства механизации в АПК.* – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2010. – Вып. 5. – С. 12–18.
4. Коновалов, В.И. Обоснование параметров вальцедекового измельчителя зерна / В.И. Коновалов, Н.А. Урханов // *Вестник ВСГУТУ.* – Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ. – 2012. – № 4 (36). – С. 64–67.
5. Измельчитель сыпучих материалов: пат. РФ 2343001 С1, МПК В02С4/06 / Н.А. Урханов, А.С. Бужгеев, Б.В. Урханов, М.Н. Хомяков; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Восточно-Сибирский государственный технологический университет», Н.А. Урханов – № 2007114435/03; заявл. 16.04.2007, опубл. 10.07.2009. // *Изобретения. Полезные модели / Официальный бюллетень ФГУ ФИПС.* – 2009. – Бюл. № 1.
6. Коновалов, В.И. Обоснование технологического процесса измельчения и параметров одновальцово-декового измельчителя зерна: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / В.И. Коновалов. – Улан-Удэ, 2013. – 192 с.

УДК 636.085:7:631.363.21

**И.Б. Шагдыров, В.И. Коновалов,
Б.И. Шагдыров**

(ФГБОУ ВПО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова», г. Улан-Удэ, Республика Бурятия);

А.И. Пунько

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

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНО- РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРОЦЕСС ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ФУРАЖНОГО ЗЕРНА В МНОГОСТУПЕНЧАТОМ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕ

Введение

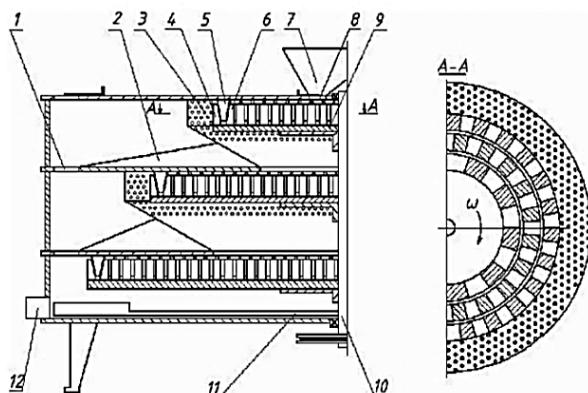
Основным направлением развития отраслей животноводства в ближайшие годы является внедрение энерго- и ресурсосберегающих технологий на основе достижения современной науки и передового опыта.

В сельскохозяйственном производстве основными машинами для измельчения зернового материала являются молотковые дробилки. К их недостаткам можно отнести: а) высокие удельные затраты энергии на измельчение – 10...15 кВт·ч/т; б) значительную удельную металлоемкость конструкций – от 300 до 650 кг/т и выше; в) неравномерный фракционный состав измельченного продукта с большим содержанием пылевидной фракции – до 30 % при тонком измельчении и до 20 % недоизмельченной фракции при грубом измельчении, а содержание целых зерен в готовой дерти – более 1 %.

Поэтому исключительно большую актуальность приобретают вопросы обобщения имеющихся исследовательских и конструкторских работ по созданию энерго- и ресурсосберегающих технологий в кормоприготовлении. Одним из перспективных направлений является применение конструкции рабочих органов измельчителей, в которой реализован способ «скалывание-срез» со своевременным выводом измельченного продукта из рабочей зоны.

Основная часть

Исследования проводились с использованием многоступенчатого измельчителя фуражного зерна, схема которого представлена на рисунке 54.



- 1 – разгрузочные окна; 2 – скатная доска; 3 – решетный сепаратор; 4, 6 – рабочие органы ротора; 5 – измельчающие элементы статора; 7 – бункер; 8 – загрузочные окна; 9 – ротор-диск; 10 – вертикальный вал; 11 – крыльчатка; 12 – отводные патрубки

Рисунок 54 – Схема конструкции многоступенчатого измельчителя фуражного зерна

По результатам проведенных исследований с применением методов планирования экспериментов и после статистической обработки результатов была получена математическая модель процесса измельчения, описывающая удельную энергоёмкость процесса с учетом степени измельчения зерна полиномом второй степени [1]:

$$\begin{aligned} \mathcal{E} = & 2,711 + 0,091X_1 - 0,089X_2 - 0,909X_3 + 0,309X_4 - \\ & - 0,173X_1X_2 + 0,277X_1X_3 - 0,051X_1X_4 - 0,079X_2X_4 - \\ & - 0,154X_3X_4 + 0,884X_1^2 + 0,399X_2^2 + 0,949X_3^2 + 0,354X_4^2. \end{aligned} \quad (1)$$

Для изучения и анализа влияния факторов на параметр оптимизации была разработана таблица 14.

Таблица 14 – Факторы, интервалы и уровни варьирования

Уровень и интервал варьирования факторов	Факторы			
	Частота вращения ротора $\omega_p, \text{с}^{-1} (X_1)$	Подача зерна в измельчитель $Q, \text{т/ч} (X_2)$	Диаметр отверстий решет $d, \text{мм} (X_3)$	Высота рабочих органов $h, \text{мм} (X_4)$
+1	314	3,5	4,0	19,0
0	261	2,5	2,5	14,0
-1	209	1,5	1,0	9,0
интервал	53	1,0	1,5	5,0

Анализ математической модели проводился методом поиска экстремума в n -мерном пространстве, в частности методом обработки поверхностей отклика в двумерном пространстве, при большом числе переменных [2].

Результаты исследований и их анализ

Двумерные сечения для анализа влияния факторов X_1 и X_2 на показатель удельной энергоёмкости построены при стабилизации факторов X_3 и X_4 на нулевых уровнях. Поставив в уравнение (1) значение факторов $X_3 = 0$ и $X_4 = 0$, получим:

$$Y = 2,711 + 0,091X_1 - 0,089X_2 - 0,173X_1X_2 + 0,884X_1^2 + 0,399X_2^2. \quad (2)$$

Для анализа уравнения (2) проводим каноническое преобразование модели к виду:

$$Y - 2,705 = -0,384X_1^2 - 0,899X_2^2. \quad (3)$$

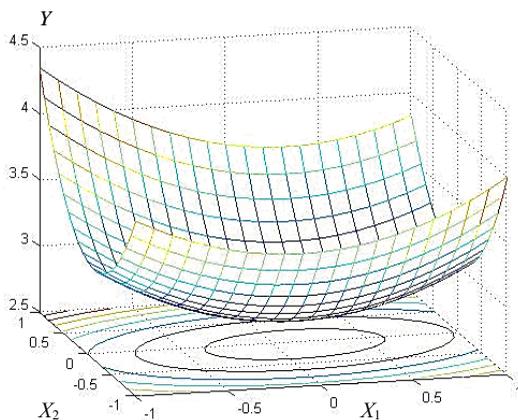


Рисунок 55 – Зависимость удельной энергоёмкости процесса измельчения от Q и ω_p при $d = 2,5 \text{ мм}$; $h = 14 \text{ мм}$

Так как коэффициенты регрессии канонической формы имеют одинаковые знаки, то для уравнения (3) кривые поверхности отклика будут относиться к типу минимум.

Из рисунка 55 видно, что представленная система контурных кривых, равных удельной энергоёмкости процесса измельчения, имеет вид эллипсов. Причем большая ось эллипса располагается по фактору X_1 (частота вращения ротора). Это объясняет-

ся большим, чем фактор X_2 (подача зерна в измельчитель), влиянием данного фактора на показатель удельной энергоёмкости.

Анализ двумерных сечений показывает, что практически верно выбрана область эксперимента, с изменением факторов X_1 и X_2 показатель удельной энергоёмкости процесса измельчения имеет минимум, находящийся в исследуемой области.

Так как подача зерна в измельчитель (X_2) и частота вращения ротора (X_1) значительно влияют на эффективность процесса измельчения фуражного зерна в многоступенчатом измельчителе, то имеет большое значение оптимизация этих параметров. Из рисунка 55 видно, что оптимальная зона достигается при следующих пределах изменения факторов: подача зерна в измельчитель – 2,4...2,6 m^3/m и частота вращения ротора – 248...268 c^{-1} при минимальной удельной энергоёмкости процесса измельчения 2,705 $кВт\cdotч/m$.

Анализ двумерных сечений X_3 – X_4 (рисунок 56) показывает, что с увеличением фактора X_4 (высота рабочих органов) показатель удельной энергоёмкости процесса измельчения равномерно возрастает. А с увеличением фактора X_3 (диаметр отверстий решет) удельная энергоёмкость снижается и имеет минимальное значение $\Theta = 2,48$ $кВт\cdotч/m.ед.ст.изм.$ при $d = 3,75$ $мм$. Дальнейшее увеличение фактора X_3 приводит к несоответствию качества получаемого измельченного зернового продукта зоотехническим требованиям.

Характер контурных кривых аналогичен двумерным сечениям X_1 и X_2 , показывает преобладание влияния фактора X_3 над фактором X_4 .

Анализ двумерных сечений X_1 – X_3 (рисунок 57) показывает, что при факторе X_2 (подача зерна в измельчитель) и факторе X_4 (высота рабочих органов), закрепленных на нулевом уровне, дает оптимальное значение:

- для фактора X_1 (частота вращения ротора) $\omega = 273$ c^{-1} ;
- для фактора X_3 (диаметр отверстий решет) $d = 2,4$ $мм$ при минимальной удельной энергоёмкости процесса измельчения $\Theta = 2,78$ $кВт\cdotч/m$.

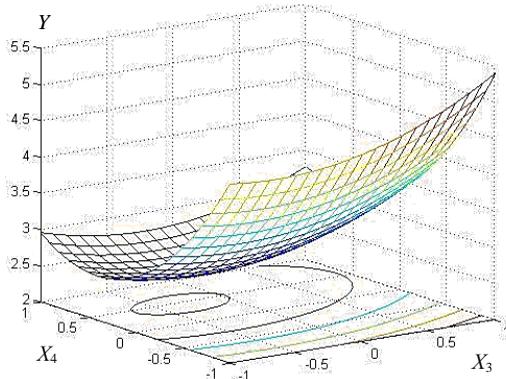


Рисунок 56 – Зависимость удельной энергоёмкости процесса измельчения от d и h при частоте вращения $\omega_p = 261$ c^{-1} и подаче $Q = 2,5$ m^3/m

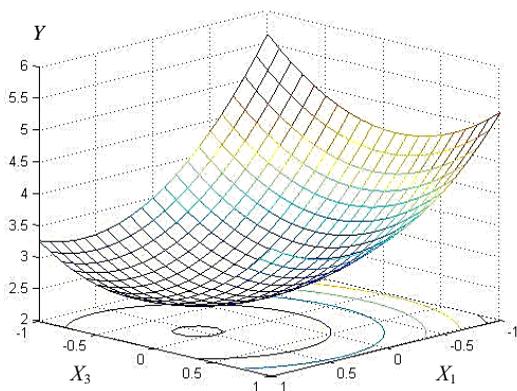


Рисунок 57 – Зависимость удельной энергоёмкости измельчения от ω_p и d при $Q = 2,5 \text{ м/ч}$; $h = 14 \text{ мм}$

С увеличением фактора X_1 с 273 до 314 с^{-1} также замечается возрастание удельной энергоёмкости процесса измельчения. Это объясняется тем, что с увеличением фактора X_1 затрудняется поступление зерна в зону измельчения многоступенчатого измельчителя.

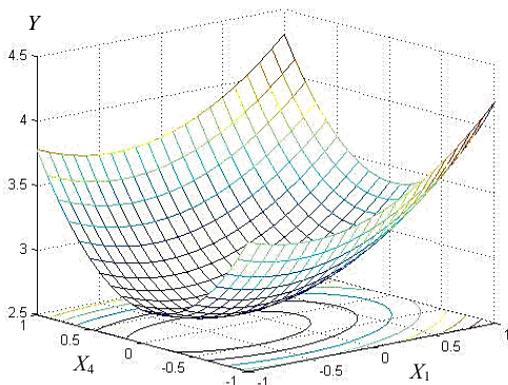


Рисунок 58 – Зависимость удельной энергоёмкости процесса измельчения от ω_p и h при $Q = 2,5 \text{ м/ч}$; $d = 2,5 \text{ мм}$

$3,7 \text{ кВт}\cdot\text{ч/т}$ происходит при увеличении фактора X_4 . Это объясняется тем, что увеличивается площадь контакта рабочих граней ребер измельчающих элементов с зерном.

Анализ двумерных сечений X_2 – X_3 (рисунок 59) показывает, что при стабилизации фактора X_1 (частота вращения ротора) и фактора X_4 (высота рабочих органов) на нулевых уровнях значение фактора X_2 (подача зерна в измельчитель) оптимальное, при этом производительность со-

Дальнейшее увеличение фактора X_3 с 2,4 до 4,0 мм ведет к возрастанию удельной энергоёмкости процесса измельчения с 3,48 до 5,53 $\text{кВт}\cdot\text{ч/т}$. Это объясняется тем, что с увеличением фактора X_3 уменьшается степень измельчения, которая является обратно пропорциональной величиной удельной энергоёмкости процесса измельчения.

Анализ двумерных сечений X_1 – X_4 (рисунок 58) показывает, что при стабилизации фактора X_2 и фактора X_3 на нулевых уровнях фактор X_1 (частота вращения ротора) $\omega = 258 \text{ с}^{-1}$, а для фактора X_4 (высота рабочих органов) $h = 11,8 \text{ мм}$ при минимальной энергоёмкости процесса измельчения $\mathcal{E} = 2,68 \text{ кВт}\cdot\text{ч/т}$. Увеличение параметра оптимизации с 2,68 до

ставит $Q = 2,7 \text{ м/ч}$, для фактора X_3 (диаметр отверстий решет) при $d = 3,7 \text{ мм}$ минимальная энергоёмкость процесса измельчения составит $\mathcal{E} = 2,48 \text{ кВт}\cdot\text{ч/т}$.

Увеличение фактора X_3 с 1,0 до 3,75 мм ведет к снижению параметра оптимизации с 4,1 до 2,48 кВт·ч/т. Дальнейшее увеличение фактора X_3 нежелательно, так как качество получаемого измельченного продукта не соответствует предъявляемым зоотехническим требованиям. Фактор X_2 (подача зерна в измельчитель) меньше влияет на параметр оптимизации, чем фактор X_3 (диаметр отверстий решет), так как большая ось эллипса лежит по действию фактора X_3 .

Анализ двумерных сечений X_2 – X_4 (рисунок 60) показывает, что при факторах X_1 и X_3 , закрепленных на нулевых уровнях, оптимальные значения факторов при минимальной энергоёмкости процесса измельчения $\mathcal{E} = 2,68 \text{ кВт}\cdot\text{ч/т}$ составят:

- X_2 (подача зерна в измельчитель) $Q = 2,65 \text{ м/ч}$;
- X_4 (высота рабочих органов) $h = 11,7 \text{ мм}$.

Фактор X_2 (подача зерна в измельчитель) оказывает такое же влияние на параметр оптимизации, как и фактор X_4 (высота рабочих органов), поскольку контурные кривые имеют форму окружности, что показывает равномерное влияние каждого фактора на параметр оптимизации.

С увеличением подачи зерна в измельчитель и высоты

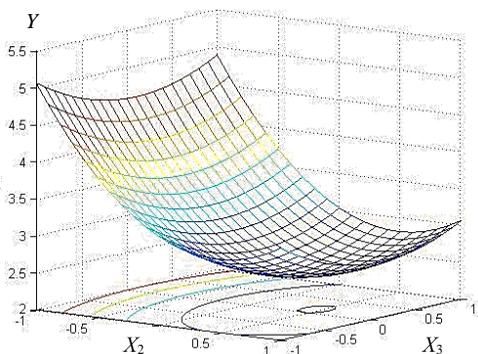


Рисунок 59 – Зависимость удельной энергоёмкости процесса измельчения от Q и d при $\omega_p = 261 \text{ с}^{-1}$; $h = 14 \text{ мм}$

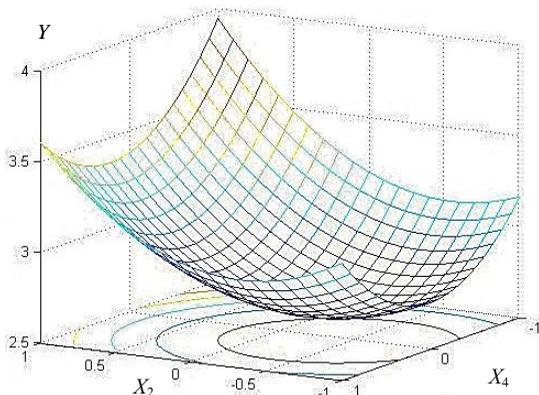


Рисунок 60 – Зависимость удельной энергоёмкости процесса измельчения от Q и h при $\omega_p = 261 \text{ с}^{-1}$; $d = 2,5 \text{ мм}$

рабочих органов повышается значение энергоемкости из-за увеличения поступления зерна в зону измельчения и площади контакта зерна с измельчающими элементами рабочих органов.

Заключение

Анализ двумерных сечений X_1-X_2 (см. рисунок 55), X_3-X_4 (см. рисунок 56), X_1-X_3 (см. рисунок 57), X_1-X_4 (см. рисунок 58), X_2-X_3 (см. рисунок 59) и X_2-X_4 (см. рисунок 60) показывает, что характер контурных кривых всех сечений имеет форму эллипсоида; центры эксперимента находятся в исследуемой зоне, что позволяет установить рациональные параметры для различных сочетаний факторов; вытянутость эллипсоида показывает преобладание одного фактора над другим по степени влияния его на показатель удельной энергоемкости процесса измельчения фуражного зерна в многоступенчатом измельчителе.

Рассмотрев и проанализировав все вышеописанные двумерные сечения в совокупности друг с другом, нами были зафиксированы пределы рациональных значений всех четырех факторов:

X_1 – частота вращения ротора $\omega_p = 248,25 \dots 267,63 \text{ с}^{-1}$;

X_2 – подача зерна в измельчитель $Q = 2,4 \dots 2,8 \text{ м}^3/\text{ч}$;

X_3 – диаметр отверстий решет $d = 2,5 \dots 3,5 \text{ мм}$;

X_4 – высота рабочих органов $h = 11,5 \dots 12 \text{ мм}$.

В этих пределах изменения факторов обеспечивается получение измельченного фуражного зерна, отвечающего зоотехническим требованиям для различных видов, групп, возраста животных и птиц, при минимальной удельной энергоемкости процесса измельчения $\mathcal{E} = 2,44 \dots 2,72 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{т}$.

18.08.2014

Литература

1. Шагдыров, И.Б. Механико-технологические основы создания многостадийных измельчителей фуражного зерна / И.Б. Шагдыров, М.Б. Балданов; Бурятская гос. сельскохозяйств. акад. – Улан-Удэ: БГСХА, 2010. – 234 с.: ил. – ISBN 978-5-8200-0189-5.
2. Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Роцин. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.

ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПОТОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА НА ЖИВОТНОВОДЧЕСКОЙ ФЕРМЕ

Введение

Увеличение производства молока сопровождается укреплением производственной базы с применением более совершенного оборудования. Поэтому важное значение имеют правильный подбор и компоновка оборудования молочных поточных линий, а также четко организованные эксплуатация и техническое обслуживание всех машин и аппаратов. Неритмичная и ненадежная работа оборудования молочных поточных технологических линий отрицательно сказывается на качестве получаемого молока.

С учетом этих требований на фермах молочного направления необходима новая форма организации производства, обусловленная комплексным подходом к решению совокупности технологических, организационных, технических и экономических проблем.

Все машины и установки на ферме должны быть объединены в поточные технологические линии (ПТЛ), увязанные между собой по производительности, долговечности и другим показателям, управляемые по заданной программе, обеспечивающей соответствие того или иного процесса зоотехническим требованиям.

Основная часть

При машинном способе получения и первичной обработки молока все последовательные операции объединяют в неразрывный технологический поток, то есть создаются поточные производственные механизированные и автоматизированные линии.

Поточно-технологические линии должны:

- осуществлять технологический процесс с наименьшими затратами труда, энергии, средств и времени;
- отвечать зоотехническим требованиям по качеству работы и быть максимально надежными;
- обслуживать все поголовье животных на ферме;
- обеспечивать эффективное выполнение технологического процесса.

Производственный цикл на молочной ферме начинается доением коров и заканчивается отгрузкой готовой продукции. В начале и конце цикла применяются электрифицированные машины, требующие технологического соединения в общую систему, представляющую собой как бы «соединительный мостик» между первичным сырьем и готовым продуктом обработки [1].

При поточном производстве все процессы выполняются различными системами машин, причем могут применяться несколько (группа) однотипных машин. Число их в группе зависит от соотношения производительности машин различных типов. Количество групповых компонентов машин (звеньев поточных линий) зависит от зоотехнических требований, установленных для конкретного вида процессов, и определяется предварительно разработанной схемой технологического процесса.

Построение технологического процесса начинают с определения состава и последовательности операций, которые включаются в ту или иную линию, изображаемую в виде схемы. В технической литературе различают схемы: технологические (операционные), конструктивно-технологические и структурные (информационные).

Технологические (или операционные) схемы представляют собой краткое описание порядка и последовательности выполнения отдельных операций ПТЛ без указания типа и марки машины, осуществляющей ту или иную операцию. Такая схема представляет собой перечень операций, соединенных одна с другой стрелками, указывающими направление технологического (материального) потока (рисунок 61).

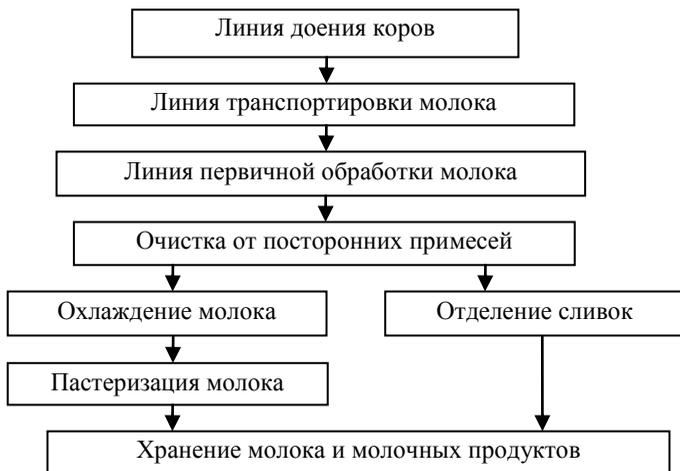


Рисунок 61 – Технологическая схема процесса производства и первичной обработки молока на молочной ферме

Технологическая схема производства и первичной обработки молока включает основные ПТЛ, характерные для молочной фермы. Состав и последовательность операций выбирают с учетом зоотехнических требований к качеству конечных продуктов, новейших достижений науки и техники.

Конструктивно-технологические схемы отражают конкретный состав машин, включенных в ПТЛ, и представляются в проектной технической документации, отображающей типы машин и технологические процессы.

Структурные схемы ПТЛ отражают внутреннюю структуру производственных потоков, соподчиненность отдельных элементов, участков или секций, показывают направления движения материальных потоков, управляющих воздействий и команд, наличие и месторасположение регулирующих или запасных емкостей и резервирующих средств (рисунок 62). От правильности выбора структуры ПТЛ зависит прежде всего надежность работы всей линии и ее технико-экономические показатели.

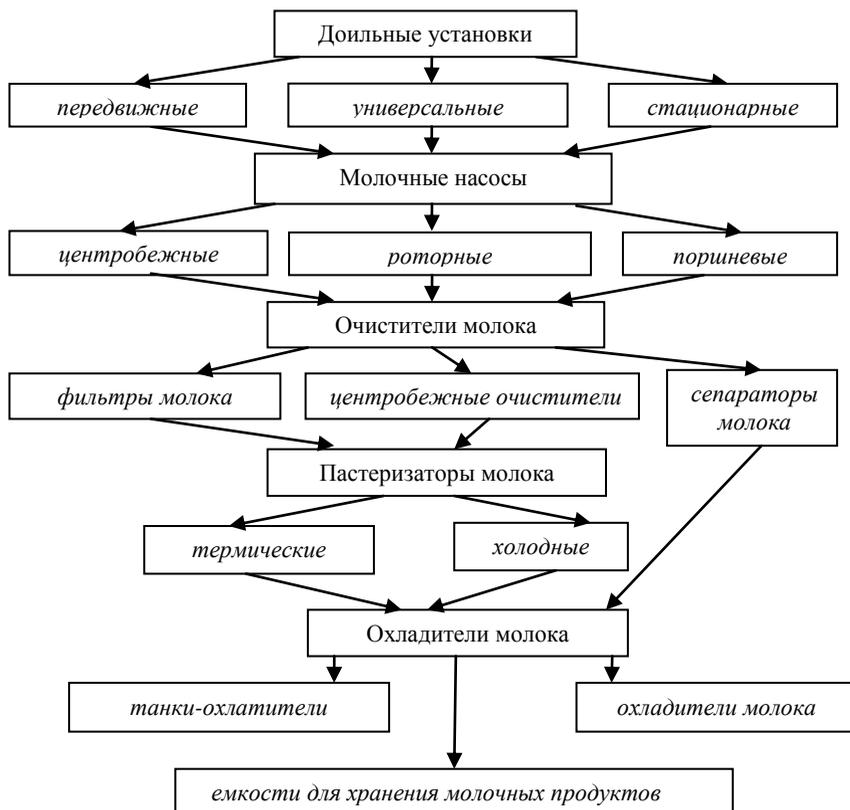


Рисунок 62 – Структурная схема поточной линии доения коров и первичной обработки молока

По структуре потока линии могут быть однопоточными, многопоточными и смешанными [2, 3].

Однопоточные линии обрабатывают обычно один вид сырья, и машины в них соединены последовательно друг за другом.

Многopotочные линии могут быть со сходящимися, расходящимися и параллельными потоками.

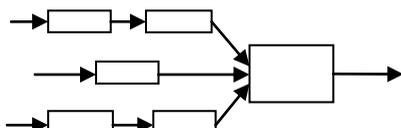


Рисунок 63 – Сходящиеся потоки

Сходящиеся потоки (рисунок 63) позволяют вырабатывать один вид изделия из нескольких видов сырья (например, готовить многокомпонентные кормовые смеси).

Расходящиеся потоки (рисунок 64), наоборот, из одного вида сырья позволяют изготавливать разные виды изделий.

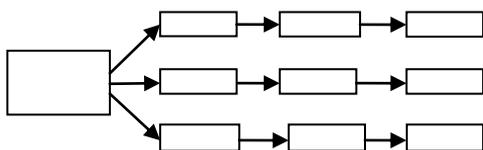


Рисунок 64 – Расходящиеся потоки

Параллельные потоки применяют в тех случаях, когда в линию включены машины, имеющие производительность, значительно меньшую, чем производительность всей линии.

Наряду со структурой потока, для характеристики поточной линии большое значение имеет вид связи между машинами или участками линии. По виду связи между машинами различают ПТЛ:

1) с жесткой связью (рисунок 65), в которых обрабатываемый объект от одной машины непосредственно передается на другую (например, загрузочный шнек подает зерно в дробилку).



Рисунок 65 – ПТЛ с жесткой связью между машинами

В таких линиях все машины должны работать с ритмом, равным или кратным ритму базовой

машины линии;

2) с гибкой связью (рисунок 66), в которых между каждыми двумя машинами установлена промежуточная емкость (компенсатор), бункер-накопитель с транспортером-перегрузателем.

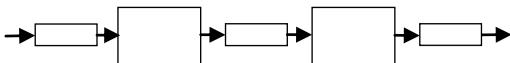


Рисунок 66 – ПТЛ с гибкой связью между машинами

В этих линиях работа каждой машины не зависит строго от ритма работы линии;

3) с полугибкой связью (рисунок 67), в которых на одних участках машины соединены жестко, а сами участки соединены между собой гибкими связями в виде бункеров-накопителей с транспортерами-перегрузателями.

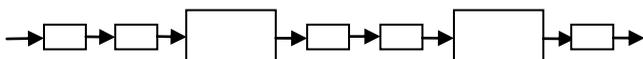


Рисунок 67 – ПТЛ с полугибкой связью между машинами

При поточной механизации продукт, полученный в результате работы предыдущей машины, является исходным материалом для последующей. В этом случае операции на всех рабочих местах выполняются в промежутки времени, равные или кратные ритму потока при непрерывном движении обрабатываемого продукта.

Ритмом R , или шагом потока поточной линии, называется интервал времени, через который поточная технологическая линия или отдельная машина выпускает единицу готовой продукции.

Тактом T_T , или темпом потока, называется величина, обратная ритму. Такт характеризует интенсивность работы ПТЛ, показывая, сколько единиц готовой продукции линия выпускает за установленную единицу времени.

При непрерывном потоке величина такта и ритма едина для всех операций процесса, при прерывном такт и ритм различны для отдельных звеньев, поэтому для каждого звена процесса необходимо произвести самостоятельный их расчет. Размер такта и ритма, установленный для звена, тождествен для всех операций, входящих в него.

При оценке работы машин и технологического оборудования производительность рассматривается в качестве основного технико-экономического показателя, позволяющего судить об эффективности использования технических средств в данном технологическом процессе.

Производительностью машины (или технологического оборудования) называется объем работы (или количество продукции установленного качества в определенных единицах измерения), выполненный в единицу времени. В зависимости от принятой единицы времени производительность машин и оборудования может быть секундной, часовой, сменной, дневной, суточной и др.

Производительность технологических машин в процессе эксплуатации не остается постоянной величиной: она зависит от организации производства, качества исходного сырья, освоения техники, условий ее эксплуатации и ряда других факторов. В связи с этим в расчетах различают следующие виды производительности:

1. Теоретическая производительность Q_T представляет собой расчетное (или плановое) количество продукции, получаемой за единицу времени.

Для машин, обеспечивающих технологические процессы, не связанные с непосредственными воздействиями на животных, теоретическую производительность определяют с помощью конструктивных па-

раметров и установленного кинематического режима, поэтому ее иногда называют расчетной (или номинальной).

Для машин, непосредственно контактирующих с животными, теоретическая производительность часто не поддается строгому аналитическому расчету. В этих случаях за основу принимают производственную программу и плановую продуктивность животных, установленные с учетом ранее достигнутых производственных показателей (надоя молока).

2. Технологическая производительность $Q_{\text{техн}}$ обусловлена количеством продукции, получаемой за единицу времени, т. е. за час чистой работы машины. При этом не учитываются затраты времени на остановки и холостой ход.

Технологическая производительность за час чистой работы является действительной, а не расчетной, так как ее определяют экспериментально по результатам государственных испытаний на МИС и обычно указывают в технических характеристиках машин.

3. Цикловая производительность $Q_{\text{ц}}$ машины характеризуется количеством продукции, полученной за единицу времени цикла.

4. Техническую производительность $Q_{\text{тех}}$ находят с учетом затрат времени на остановки, обусловленные необходимостью проведения технического обслуживания и подготовительно-заключительных операций при исправном, работоспособном состоянии машины.

5. Операционную производительность $Q_{\text{оп}}$ определяют с учетом всех потерь времени на подготовительно-заключительные операции, техническое обслуживание и простои по организационно-техническим и другим причинам. Ее часто называют фактической $Q_{\text{ф}}$ или эксплуатационной $Q_{\text{э}}$.

Производительность поточной линии можно представить в виде, также удовлетворяющем условию потока:

$$Q = \sum_1^{n_i} q_i \eta_i \leq \sum_{j=1}^{n_{i+1}} q_{(i+1)j} \eta_{(i+1)j},$$

где n_i – количество машин в поточной линии, шт.;

q_i – производительность i -ой машины технологической линии;

η_i – коэффициент использования i -ой машины технологической линии;

i, j – соответственно порядковые номера звена и машин в нем.

В приведенном виде для расчета каждого звена потока получаем:

$$Q = n_m q \eta,$$

где n_m – число однотипных машин в звене потока, шт.;

q – производительность одной машины данного типа;

η – коэффициент использования рабочего времени машины. Он учитывает простои машин по технологическим и организационным причинам и не учитывает степень их использования в самом потоке.

Ритм поточной линии определяем из отношения:

$$R = 1/Q.$$

Зная производительность поточной линии и машин звена потока, определяем потребность в них:

$$n_m = \frac{Q}{q\eta}.$$

Для вновь проектируемых поточных линий укрупненных специализированных хозяйств производительность машин находим из уравнения:

$$q = \frac{Q}{n_m\eta}.$$

Так как производительность машин в звеньях потока не всегда удастся уравнять, то следует придерживаться ее кратности производительности основного базового звена.

Наиболее выгодное использование производительности машин в звене потока получаем в том случае, когда коэффициент потока равен 1 [4, 5].

$$K_{\Pi} = \frac{Q}{n_i q_i \eta_i} \approx 1.$$

Однако фактическая (или действительная) производительность, полученная в результате опыта, может быть не только эксплуатационной, но и технической, и технологической. Поэтому в дальнейшем будем называть операционной ту производительность, которая наблюдается в условиях эксплуатации оборудования, т. е. с учетом всех потерь времени. Принимая это во внимание, условие непрерывности поточной линии можно записать так:

$$\frac{Q_i}{\sum_1^{n_i} q_i \eta_i} \geq \frac{Q_{i+1}}{\sum_{j=1}^{n_{i+1}} q_{(i+1)j} \eta_{(i+1)j}}, \quad (i = 1, 2, 3), \quad (1)$$

где Q_i – объем получаемой продукции (молока), кг.

Из формулы (1) видно, что время пребывания продукта, тормозящего процесс внутри машины каждого последующего звена, должно быть меньше или равно времени работы машины предыдущего звена потока.

Объем получаемой продукции (молока) определяется из выражения:

$$Q_i = \sum_{i=1}^{n_m} Q n_{ж} P,$$

где Q – разовое количество молока, получаемое от животных, кг;

$n_{ж}$ – количество животных, шт.;

P – коэффициенты суточной кратности потока (двукратное доение и т. д.).

Число звеньев однотипных машин потока

$$K = \frac{Q_i}{\sum_{i=1}^{n_i} q_i \eta_i T_3},$$

или в приведенном виде получаем:

$$K = \frac{Q_3}{n_M q \eta T_3},$$

где Q_3 – заданная производительность машин;

T_3 – время, установленное зоотехническими требованиями, ч.

Несмотря на значительные преимущества непрерывного потока, в ряде случаев экономически необходимо устанавливать накопительно-регулирующие емкости, сглаживающие разницу в работе последовательных элементов линии.

Вместимость промежуточной регулирующей емкости Φ_{\max} поточной линии с разрывным режимом должна быть равной:

$$V_{\text{разр}} \geq \Phi_{\max} = (M_{\text{п}} + M_{\text{р}}) / \rho, \quad (2)$$

где $V_{\text{разр}}$ – объем накопительно-регулирующей емкости;

$M_{\text{п}}$ – значение максимального избытка массы материала на стороне подачи (подача больше расхода потребителем), кг;

$M_{\text{р}}$ – значение максимального недостатка материала на стороне расхода (расход превышает подачу), кг;

ρ – плотность продукта, кг/м³.

Равенство (2) основано на предпосылке, что к концу периода полные потоки подачи и расхода становятся равными один другому, т. е.

$$\Phi_{\text{п}}(t_{\text{ц}}) = \Phi_{\text{р}}(t_{\text{ц}}).$$

Если мгновенные значения потоков не равны, то это неравенство балансируется регулирующей емкостью V_0 . При строго равномерном и непрерывном режиме $\Phi_{\text{п}}(t) = \Phi_{\text{р}}(t) = \Phi(t) = \text{const}$ и вместимость регулирующей емкости равна нулю, т. е. она для работы линии не требуется. Фактические значения регулирующих емкостей колеблются в пределах средних значений потоков.

На величину вместимости и тип емкостей влияют технологические и экономические факторы, среди которых одни определены главным образом структурными особенностями поточных линий и организационными мотивами, другие же – специфическими особенностями отрасли животноводства, в которой технологические процессы имеют циклы разной длительности и обусловлены физиологией животных.

При различных структурных схемах производительность поточных линий зависит от числа машин в линии и участков, на которые она разделена, от числа технологических емкостей и их вместимости. Если вместимость бункеров достаточна для компенсации простоев соседних

участков, то потребную производительность $Q_{пл}$ можно определить по формуле:

$$Q_{пл} = G_{сут} / (K_d t_o),$$

где $G_{сут}$ – масса обрабатываемого корма, t ;

K_d – кратность обслуживания животных в сутки;

t_o – продолжительность непрерывной работы линии за одно обслуживание, ч.

Число машин на каждом участке зависит от их типа и характера операций, выполняемых машиной.

Число участков $n_{уч}$ в линии можно определить по формуле:

$$n_{уч} = Q_{оп.л} \sum t_{п.л} / (1 - \eta_{ис}),$$

где $Q_{оп.л}$ – операционная производительность линии;

$\sum t_{п.л}$ – суммарные простои всей линии;

$\eta_{ис}$ – коэффициент технического использования линии.

При разделении линии на участки ритм работы для всех участков выбирают одинаковым. Однако фактическая производительность участков может быть различной, так как она зависит не только от выбранного ритма, но и от потерь времени на простои. Поэтому желательно, чтобы производительность каждого предыдущего участка в линии была немного выше, чем последующего.

Для оценки эффективности поточных технологических линий производства и первичной обработки молока на животноводческой ферме предлагается использовать в качестве измерителя полную энергоёмкость. Этот показатель позволяет оценить каждый элемент системы и отдельные технологические процессы.

Полная энергоёмкость является комплексным показателем, состоящим из эксплуатационных и инвестиционных затрат. Эти затраты включают в себя расход топлива, электро- и тепловой энергии, затраты на машины, оборудование, транспортные средства, здания и сооружения. Они позволяют учитывать затраты живого труда на каждом участке технологического процесса. Для расчета энергии, затрачиваемой системой, используются энергетические эквиваленты. Они представляют собой суммарные затраты энергии, израсходованной непосредственно на производство.

На основании изложенного можно предложить формулу для определения энергоёмкости поточных технологических линий производства и первичной обработки молока на животноводческой ферме:

$$E_{исм} = E_{есм} + E_{исм} + E_{зсм}, \quad (3)$$

где $E_{есм}$ – затраты энергии при выполнении производственного процесса за год, $МДж$;

$E_{исм}$ – затраты энергии на основные средства, $МДж$;

$E_{зсм}$ – энергозатраты живого труда, $МДж$.

Затраты энергии при выполнении производственного процесса определяются по формуле:

$$E_{есм} = \sum_{i=1}^{n_3} P_i T \alpha_3,$$

где P_i – установленная мощность i -ой машины технологической линии, кВт;

T – продолжительность работы машины, ч;

α_3 – энергетический эквивалент машин, МДж/кВт;

n_3 – количество энергоприемников технологической линии, шт.

Затраты на основные средства представляют собой сумму затрат на средства механизации $E'_{исм}$ и здания $E''_{исм}$:

$$E_{исм} = E'_{исм} + E''_{исм}.$$

Затраты на средства механизации определяются по формуле:

$$E'_{исм} = \sum_{i=1}^{n_m} \frac{\alpha_M M_M}{T_{об}},$$

где M_M – масса машин и оборудования, кг;

$T_{об}$ – нормативный срок службы, лет;

α_M – энергетический эквивалент машин и оборудования, МДж/кг;

n_m – количество машин в технологической линии, шт.

Затраты на здания и сооружения определяются по формуле:

$$E''_{исм} = \frac{\alpha_{зд} F_{зд}}{T_{зд}},$$

где $F_{зд}$ – площадь зданий и сооружений, м²;

$T_{зд}$ – нормативный срок службы зданий, лет;

$\alpha_{зд}$ – энергетический эквивалент зданий и сооружений, МДж/кг.

Энергозатраты живого труда при производстве кормосмеси определяются по формуле:

$$E_{зсм} = N_a^{см} \alpha_{ж},$$

где $N_a^{см}$ – количество обслуживающего персонала, чел.;

$\alpha_{ж}$ – энергетический эквивалент живого труда, МДж/кВт.

Подставив в формулу (3) соответствующие значения, определим энергоемкость оборудования технологических линий производства и первичной обработки молока на животноводческой ферме:

$$E_{исм} = \sum_{i=1}^{n_3} P_i T \alpha_3 + \sum_{i=1}^{n_m} \frac{\alpha_M M_M}{T_{об}} + \frac{\alpha_{зд} F_{зд}}{T_{зд}} + N_a^{см} \alpha_{ж}. \quad (4)$$

По формуле (4) можно определить затраты энергии каждой технологической линии стационарного комплекта машин и оборудования. Такой подход позволяет сравнить различные варианты технологических линий на стадии проектирования и выделить оптимальный.

Определив энергоемкость каждого участка, можно рассчитать совокупные затраты энергии на выполнение технологического процесса. Полученные значения энергоемкости производственных участков позволяют рассчитать коэффициент энергоемкости:

$$K_3 = E_t^n / E_t^c,$$

где E_t^n – энергоемкость предлагаемого технологического процесса, МДж;

E_t^c – энергоемкость сравниваемого технологического процесса, МДж.

Полученное значение дает возможность определить коэффициент интенсификации:

$$U_e = (1 - K_3) \cdot 100 \text{ \%}.$$

В соответствии с предложенной методикой можно определить необходимые коэффициенты для каждого производственного участка или технологической линии. Чем выше полученные значения, тем эффективнее предлагаемая поточная технологическая линия производства и первичной обработки молока на животноводческой ферме [6].

Заключение

Выбор поточно-технологических линий преследуют цель обобщить отдельные родственные операции и определить экономически целесообразную систему машин и тип оборудования. Порядок разработки следующий.

1. Выбирают наиболее целесообразную общую схему технологического процесса обработки конкретного вида продукта. Для этого определяют способы его подготовки, подбирают рациональный перечень последовательных и вспомогательных рабочих операций и строят схему. Затем составляют общую технологическую схему обработки продуктов.

2. На основании суточного задания $Q_{3,c}$ и принятого перечня последовательных операций подбирают конкретные машины, отдавая предпочтение универсальным, высокопроизводительным, обеспечивающим минимальные затраты труда и заданный такт (ритм) потока.

09.09.2014

Литература

1. Передня, В.И. Малозатратные технологические процессы – основа получения конкурентоспособной продукции: к 80-летию со дня рождения и к 55-летию творческой деятельности / В.И. Передня. – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2013. – 132 с.
2. Передня, В.И. Механизация приготовления кормосмесей для крупного рогатого скота / В.И. Передня. – Минск: Ураджай, 1990. – 150 с.
3. Колос, В.А. Оценочные показатели для энергетического анализа технологий и средств механизации сельскохозяйственного производства / В.А. Колос //

- Энергосбережение в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. 2-й междунар. науч.-техн. конф., Москва, 3–5 окт. 2000 г. – М.: ВИЭСХ, 2000. – Ч. 1. – С. 101–109.
4. Короткевич, А.В. Новые технологии и оборудование для приготовления кормов / А.В. Короткевич, И.С. Нагорский, В.С. Рыжов. – Минск: Ураджай, 1993. – С. 90–92.
 5. Егорченко, М.И. Кормоцехи животноводческих ферм / М.И. Егорченко, Н.Г. Шамоу. – М.: Колос, 1983. – 172 с.
 6. Perednia, V.I. Математическая модель управления системой раздачи кормов животным / V.I. Perednia, A.V. Kitun // Problemy intensyfikacji produkcji zwierzeczej z uwzględnieniem ochrony srodowiska i przepisow UE: PИХ Miedzynarodowa Konferencja Naukowa, Warszawa, 23–25 wrzesnia 2006 r. / Instytut Budownictwa, Mechanizacji Rolnictwa; red. E. Bieñ [i dr.], Warszawa. – 2006. – P. 411–417.

УДК 637.116

Н.Г. Бакач, Э.П. Сорокин
*(РУП «НПЦ НАН Беларусі по
механізацыі сельскаго хазяіства»,
г. Мінск, Рэспубліка Беларусь)*

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДОИЛЬНОГО АППАРАТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОЯ

Введение

Анализ динамики среднегодового удоя молока от коровы показывает, что с 2000 года он увеличился на 200–300 л. Повышение продуктивности коров диктует необходимость решения производителями молока новых задач управления процессами машинного доения.

Для поддержания животного в комфортном состоянии, повышения его продуктивности необходимо соответствие действий доильного аппарата особенностям физиологии животного. В частности, скорость доения (выведения молока из цистерны вымени) должна быть равной скорости поступления молока из альвеол в цистерну.

Если отсасывающая способность доильного аппарата выше скорости поступления молока из альвеол в цистерну вымени, то молоко из цистерны быстро удаляется. При установленной критической скорости молокоотдачи доение прекращается, и в альвеолах остается невыдоенное молоко. При этом снижаются надой и жирность молока, происходит самозапуск коровы и появляется риск заболевания маститом.

Если отсасывающая способность доильного аппарата ниже скорости поступления молока из альвеол в цистерну вымени, то повышается избыточное давление в цистерне, создающее препятствие для выхода молока из альвеол в цистерну вымени. Это приводит к стрессу и выработке адреналина, который нейтрализует окситоцин и прекращает вывод молока. Результат тот же, что и в первом случае [1].

Основная часть

Существующие доильные аппараты используются в неизменном виде не менее 80 лет, и они не в полной мере отвечают требованиям молочно-товарного производства. В обычном аппарате не может изменяться режим в процессе одного доения (щадящий – в начале и конце и быстрый – в середине доения) в зависимости от молокоотдачи.

К параметрам, определяющим качество доения, относятся отсасывающая способность доильного аппарата и функция молокоотдачи.

Отсасывающая способность доильного аппарата зависит от его параметров. Она определяется через его параметр отсасывающей способности [2]:

$$E = \mu K, \text{ (м/с)}, \quad (1)$$

где μ – безразмерный коэффициент, учитывающий потери энергии подводимого вакуума на эвакуацию молока из доильного аппарата и его работу. В соответствии с [3], потери энергии μ подводимого вакуума при поднятии столба молока в доильном аппарате составляют:

- при нижнем расположении молокопровода – 0 $\kappaПа$;
- при верхнем расположении молокопровода – 5,6 $\kappaПа$, или 11 %;

K – величина, зависящая только от параметров доильного аппарата, служащая его энергетической характеристикой отсасывающей способности. В физическом смысле – это средняя скорость истечения молока через выводной канал соска:

$$K = \tau \sqrt{2P/\rho}, \text{ (м/с)}, \quad (2)$$

где τ – длительность такта сосания (отношение периода сосания к периоду пульсации);

ρ – плотность молока, $\kappa\text{г/м}^3$, $\rho = 1027 \kappa\text{г/м}^3$;

P – перепад давления под соском, $\kappa\text{г/(м}\cdot\text{с}^2)$.

С другой стороны, энергетическая характеристика отсасывающей способности вымени определяется по формуле [2]:

$$E_1 = \frac{Q \cdot 10^{-3}}{60 \cdot n \cdot F \cdot (3 + 0,2 \cdot Q)}, \text{ (м/с)}, \quad (3)$$

где Q – удой, л;

F – сечение выводного канала соска, м^2 . По данным Л.П. Карташова [4], в период лактации диаметр выводного канала соска колеблется от 2,5 до 4,5 мм. В среднем он равен 2,77 мм, а площадь сечения $F = 6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$;

n – количество сосков, $n = 4$;

$(3 + 0,2 Q)$ – оптимальное время доения (выведения молока из вымени), $\text{м}^3/\text{с}$ [2].

В формуле (3) значение

$$Q_{cp} = \frac{Q \cdot 10^{-3}}{60 \cdot (3 + 0,2 \cdot Q)}$$

представляет собой среднюю интенсивность молоковыведения, $л^3/с$.

Задаваясь значениями удоя ($Q_{л}$), можно по формуле (3) определить соответствующие им значения энергетической характеристики отсасывающей способности вымени, а затем по формуле (2) рассчитать для них значения показателей энергетической характеристики отсасывающей способности и необходимые параметры доильного аппарата.

В таблице 15 приведены значения энергетической характеристики отсасывающей способности доильного аппарата в зависимости от вакуума, допускаемого к применению в доильных аппаратах, и длительности такта сосания, в таблице 16 – значения энергетической характеристики отсасывающей способности вымени в зависимости от величины удоя и средней интенсивности молоковыведения.

Таблица 15 – Значения энергетической характеристики отсасывающей способности доильного аппарата μK в зависимости от величины вакуума под соском и относительной длительности такта сосания

Относительная длительность такта сосания, τ	Значения вакуума под соском, $кz/м^2$ ($кПа$)	
	4284 (42 $кПа$)	4896 (48 $кПа$)
0,4	1,15	1,24
0,5	1,44	1,55
0,6	1,74	1,85
0,7	2,02	2,16
0,8	2,31	2,47
0,9	2,60	2,78
1,0	2,89	3,09

Таблица 16 – Значения энергетической характеристики отсасывающей способности вымени и соответствующей ей скорости доения

Параметр	Разовый удой от коровы, $л$				
	10	15	20	25	30
Энергетическая характеристика отсасывающей способности вымени, $м/с$	1,39	1,74	1,98	2,17	2,31
Интенсивность молоковыведения, $л/мин$	2,0	2,52	2,86	3,12	3,3

Необходимая отсасывающая способность доильного аппарата, исходя из удоя коровы, находится следующим образом. По таблице 16 определяется энергетическая характеристика отсасывающей способности вымени, по таблице 15 находится такое же значение энергетической характеристики отсасывающей способности доильного аппарата и при

установленном вакууме 42 или 48 *кПа* – относительная длительность такта сосания.

Например, при удое 15 л энергетическая характеристика отсасывающей способности вымени равна 1,74 *м/с* (таблица 16). Этому значению должна соответствовать энергетическая характеристика доильного аппарата *мК*, которая при рабочем вакууме 42 *кПа* и нижнем расположении молокопровода соответствует относительной длительности такта сосания, равной 0,6 (таблица 15). При рабочем вакууме 48 *кПа* и верхнем расположении молокопровода энергетическую характеристику доильного аппарата необходимо увеличить на величину потерь вакуума на подъеме молока в молокопровод ($\mu = 0,11$) и по этому значению определить относительную длительность такта сосания. Например, значению 1,74 *м/с*, найденному по таблице 16, соответствует ближайшее значение отсасывающей способности доильного аппарата при рабочем вакууме 48 *кПа* 1,85 *м/с*. К этому значению необходимо добавить 11 % потерь. В конечном итоге определим, что в данном случае необходим доильный аппарат с относительной длительностью такта сосания, равной 0,7.

Заключение

1. Таким образом, по формулам (1) и (3) можно определить отсасывающие способности доильного аппарата и вымени, произвести их сравнение и привести в соответствие при разработке нового доильного аппарата.

2. Из данного примера и таблиц 15 и 16 видно, что при удое 15 л значения отсасывающей способности вымени и доильного аппарата равнозначны при относительной длительности такта сосания, равной 0,6–0,7. При более высоком удое значению отсасывающей способности вымени будет соответствовать аппарат с относительной длительностью такта сосания, близкой к непрерывному отсосу, что недопустимо.

3. Для выдаивания животных с повышенной продуктивностью отсасывающая способность существующего доильного аппарата недостаточна и требуется разработка нового аппарата с повышенной переменной отсасывающей способностью, зависящей от уровня молокоотдачи.

10.07.2014

Литература

1. Китиков, В.О. Стратегическое направление развития машинного доения коров / В.О. Китиков, А.Н. Леонов // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2013. – № 4. – С. 91–105.
2. Доровских, В.И. Совершенствование управления процессом доения животных / В.И. Доровских, О.А. Аتكешов // Техника в сельском хозяйстве. – 2012. – № 6. – С. 20–21.

3. Бенке, И. Производство молока при беспривязном содержании коров / И. Бенке, Дж. Чиффо, Ш. Ковач; пер. с венг. Ш. Эрдеса. – М.: ВО «Агропромиздат», 1990. – 144 с.
4. Карташов, Л.П. Машинное доение коров / Л.П. Карташов. – М.: Колос, 1972. – 301 с.

УДК 637.116:004.8

Э.П. Сорокин

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

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ДОИЛЬНЫХ АППАРАТОВ С УПРАВЛЯЕМЫМ РЕЖИМОМ РАБОТЫ

Введение

С увеличением удоев существующие доильные аппараты уже не в полной мере соответствуют требованиям нормального молоковыведения, скорости молоковыведения в зависимости от уровня молокоотдачи. Все больше уделяется внимания проблеме отключения доения не отдельного аппарата в целом, а отдельных сосков вымени, а также автоматизации процесса доения. В целом можно сформулировать три основных задачи в стратегии доения, соответствующих условиям комфортности животного, выполнение которых приведет к повышению качества молока и снижению трудоемкости:

- изменение режима работы доильного аппарата в зависимости от величины молокоотдачи;
- раздельное доение вымени по соскам;
- усовершенствование устройств управления доением (увеличение опций и более качественное их исполнение).

Основная часть

Современные доильные аппараты со скоростью доения 1,5–2,5 л/мин не могут полноценно и в ограниченное время выдоить корову с разовым удоем 12–15 л в течение 2–3 мин. Вот что говорит о влиянии фактора времени на полноту выдаивания известный и авторитетный физиолог-практик И.Г. Велиток: «В том случае если выдаивание молока из четвертей не производится в течение 2 минут с начала выведения молока из альвеол (т. е. с начала действия гормонального рефлекса молокоотдачи), то в четвертях задерживается 11,5–16 % молока в качестве остаточного от всего объема молока, накопленного в четвертях к началу доения».

Это обстоятельство осложняется еще и тем, что до начала доения значительная часть молока (от 30 до 50 %) находится в цистерне (нижнем накопительном отделе вымени), а альвеолярная порция не может выйти в цистерну, еще занятую молоком.

Упомянутые выше физиологические особенности коров диктуют необходимость создания доильных аппаратов, быстро реагирующих на интенсивность молокоотдачи изменением рабочих параметров.

Многие фирмы уже начали производить доильные аппараты с недетерминированными (изменяемыми) рабочими параметрами. Так, в доильных аппаратах СП «Унибокс» ООО при такте сосания вакуум под соском составляет 40–45 *кПа*, при сжатии – 30 *кПа*. Этим, по их мнению, обеспечивается более быстрое доение при такте сосания и более щадящее воздействие вакуума на кончик соска при такте сжатия, что важно с точки зрения состояния здоровья животного, предупреждения мастита и снижения количества соматических клеток.

Аппараты фирмы «Лели» обеспечивают повышенный уровень вакуума при молокоотдаче около 2 *кг/мин*. Это позволяет увеличить молокоотдачу на 7 %.

В доильном аппарате МС-200 израильского производства при образовании потока молока такт сосания удлиняется при постоянном такте сжатия. Это позволяет увеличить скорость доения при сохранении времени отдыха сосков вымени. На основании исследований, проведенных в Львовском государственном аграрном университете [1], обоснован способ доения и разработан доильный аппарат, который обеспечивает в начальной стадии доения, когда интенсивность молокоотдачи составляет 0,2–0,7 *л/мин*, и в конечной, когда интенсивность молокоотдачи снижается до 0,3–0,2 *л/мин*, величину вакуумметрического давления, равную 32–35 *кПа* при отношении длительности тактов сосания 1:2, а при условии интенсивного поступления молока – 49–53 *кПа* при отношении длительности тактов сосания к сжатию 2:1.

В системе Alfa-Matic Duovac (Швеция) в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения ступенчато изменяются число пульсаций (от 0,8 до 1,0 *Гц*), соотношение тактов (соответственно 2:1 или 3:1) и глубина вакуума (от 33 до 50 *кПа*).

Доильный аппарат «Сож», выпускаемый ОАО «Гомельагрокомплект», функционирует в режимах массажа и додаивания при низком вакууме (36 *кПа*) с частотой пульсаций 50 *пульсов/мин*, а в режиме основного доения – при номинальном вакууме 48 *кПа* и частоте пульсаций около 60 *пульсов/мин*.

Система «Физиоматик» фирмы «Импюльса» (Германия) предусматривает ряд временных выдержек в начале доения. После подготовки вымени в течение 15–20 *с* система включается в работу и на соски вымени оператор надевает доильные стаканы. В межстенные камеры доильных стаканов в течение 60 *с* подается пульсирующий сжатый воздух для интенсивного массажа сосков. Затем происходит доение в обычном режиме, в конце доения снова подается избыточное давление, которое

сжимает сосковую резину и предохраняет сосок от вредного воздействия вакуума, и подается световой сигнал об окончании доения.

В описании изобретения SU 1291085 А 4АС1 J 7/00 рекомендуется при увеличении потока молока с 0,2 *кг/мин* до 0,4 *кг/мин* периодически изменять вакуум от 20–33 *кПа* до 45–60 *кПа* с частотой 0,5 *Гц*, при дальнейшем увеличении потока молока от 0,4 *кг/мин* до 0,8 *кг/мин* – обеспечивать вакуум более 60 *кПа*.

Создатели доильных аппаратов в большинстве своем для процесса доения изменяют величину вакуумметрического давления под соском, однако Н.К. Михайленко и В.А. Дриго [2] придерживаются другого мнения. Они утверждают, что это направление совершенствования доильных аппаратов ошибочное. Управление режимом работы доильного аппарата путем прямого изменения вакуума под соском, по их мнению, является бесполезным и даже вредным.

Пониженный вакуум под соском в начале доения снижает стимулирующее воздействие сосковой резины на сосок и приводит к замедлению рефлекса припуска молока, что удлиняет процесс доения.

Пониженный вакуум под соском в конце доения не может извлечь остаточное молоко из цистерны вымени в связи с незначительным в этой фазе доения внутривыменным давлением.

В результате изучения воздействия сосковой резины на сосок они предложили оптимизацию режимов работы доильного аппарата на основе регулировки вакуума в межстенном пространстве доильного стакана. Величина же вакуума в подсосковом пространстве в современных доильных аппаратах, утверждают они, установлена оптимальная и регулировки не требует. При этом вакуум в межстенном пространстве регулируется через изменение соотношения тактов и частоты работы пульсатора.

Так, в начале доения величина вакуума в межстенном пространстве меньше, чем в подсосковом. Сосковая резина раскрывается только частично, хорошо стимулирует сосок, одновременно защищает его от воздействия вакуума, пока не наступит полный припуск молока. Далее идет режим быстрого доения: величина вакуума в межстенном пространстве выше, чем в подсосковом, это обеспечивает быстрое раскрытие сосковой резины, даже при ее слабом предварительном натяжении, что обеспечивает высокую скорость доения. В конце доения повторяется режим начальной фазы, однако при измененных параметрах.

Управление режимом работы доильного аппарата проводится по гибкой программе индивидуально для каждой коровы на основе обратной связи по скорости осуществления рефлекса припуска молока и скорости потока молока.

Н.К. Михайленко и В.А. Дриго утверждают, что постоянную и одинаковую величину вакуума в подсосковом и межстенном пространствах устанавливать не следует.

В доильном аппарате ДДА-2М для доения кобыл начало доения, при незначительном потоке молока, происходит в щадящем режиме с тактом отдыха и минимальной длительностью такта сосания. При увеличении интенсивности молокоотдачи соотношение тактов изменяется и отсасывающая способность аппарата возрастает за счет увеличения длительности такта сосания. По мере роста интенсивности до определенной и заданной величины (1–1,5 л/мин) аппарат переходит в режим непрерывного отсоса. При этом величина рабочего вакуума под соском несколько снижается, а сосковая резина, постоянно и слегка облегая сосок, пульсирует.

Результаты анализа режимов работы доильных аппаратов различных производителей и исследователей в зависимости от интенсивности молокоотдачи показывают, что изменение режима работы доильного аппарата в начальный (конечный) и основной периоды доения производится путем изменения величины вакуума под соском и в межстенном пространстве, изменения соотношения тактов и частоты пульсаций.

Вакуумный режим. Неоптимальное значение величины вакуума в подсосковых камерах доильных стаканов является основной причиной массовых маститных заболеваний, характерных для машинного доения коров.

П.А. Клауфф, Ф.Х. Додд [3] установили, что повышение вакуума под соском с 48,3 до 64,5 кПа позволяет повысить скорость доения на 40–45 %. В то же время они отмечают, что в доильных аппаратах с фиксированными рабочими параметрами более приемлемо увеличивать скорость доения за счет изменения соотношения тактов, а не глубины вакуума под соском. Примерно такого мнения придерживались У.Г. Уитстоун и В.Ф. Королев [4]. Они предупреждали, что превышение вакуума более 50 кПа в аппаратах с постоянными параметрами приносит больше вреда, чем пользы.

Н.Н. Викторовой и А.Н. Козловым [5] сделан вывод о том, что максимальная интенсивность молоковыведения достигается при разрежении 48–50 кПа.

Обобщение выводов многих ученых позволяет заключить, что в подсосковых камерах доильных стаканов в процессе доения в зависимости от интенсивности молоковыведения величина вакуума должна изменяться хотя бы ступенчато [6]. Таким образом, большинство исследователей и изготовителей доильных машин считает, что величина вакуума под соском может изменяться в пределах 36–50 кПа [6], а нормальный уровень вакуума под соском составляет 42–48 кПа.

Частота пульсаций. Исследованием влияния частоты пульсаций на процесс молоковыведения занимались многие ученые. Так, по данным В.Ф. Королева, С.Г. Аббасова и И.Н. Краснова, частота пульсаций не влияет на скорость молоковыведения. Они считают важным, чтобы ча-

стота пульсаций не превышала предельных значений, при которых режим работы сосковой резины еще не нарушается [7].

И.И. Грачев пришел к выводу о том, что оптимальной является частота пульсаций в пределах 1,4–2,2 Гц [8].

Исследования С.Я. Горма и В.А. Петровского также подтверждают стимулирующее воздействие частоты пульсаций при изменении ее в пределах 0,7–2,2 Гц пропорционально интенсивности молоковыведения.

В США большинство доильных аппаратов работает с частотой пульсаций 0,8–1,0 Гц.

Таким образом, в настоящее время у исследователей нет единых выводов об оптимальной частоте пульсаций. Однако большинство из них считает, что частота пульсаций в доильных аппаратах может составлять 0,7–2,2 Гц пропорционально интенсивности молоковыведения. На практике частоту пульсаций, в основном, принимают равной 60 пульсов в минуту.

Соотношение тактов. Наиболее значимым параметром доильного аппарата в процессе извлечения молока из вымени является соотношение тактов. Под соотношением тактов понимают отношение продолжительности такта сосания к такту массажа. В настоящее время известны доильные аппараты с соотношением тактов, в основном, от 60:40 до 70:30. Увеличение соотношения тактов положительно влияет на скорость доения. Например, изменение соотношения тактов от 1:1 до 4:1 при постоянной частоте пульсаций 0,835 Гц позволяет увеличить скорость доения на 40–45 %, при частоте 1,33 Гц – на 30–35 %, а при 1,83–2,83 Гц – на 20–25 % [7, 8].

Исследования доильного аппарата с автоматическим регулированием длительности такта сосания, проведенные С.Я. Гормом, показали, что изменение соотношения тактов от 1:1 до 5:1 по мере изменения интенсивности молоковыведения позволило увеличить скорость доения на 51 %, содержание жира в молоке – до 5–6 %, а время машинного додоя сократить на 60 % по сравнению с трехтактным доильным аппаратом. В то же время в результате изучения рефлекса молокоотдачи у коров при различных параметрах работы двухтактного доильного аппарата К.И. Кавешникова отмечает, что работа доильного аппарата с постоянно увеличенным тактом сосания не оказывает положительного влияния на рефлекс молокоотдачи.

Таким образом, увеличение соотношения тактов от 1:1 до 4:1 позволяет увеличить скорость доения на 40–51 %, но такое увеличение соотношения тактов недопустимо в серийных аппаратах, работающих с постоянными режимами, оно допускается пропорционально интенсивности молокоотдачи.

Отсутствие единого мнения исследователей об оптимальных значениях параметров доильных аппаратов указывает на то, что закономерно-

сти связей и их влияние на качество процесса молоковыведения не раскрыты, исследования в этом направлении продолжаются.

Вторым стратегическим направлением в повышении качества доения является внедрение раздельного доения по четвертям вымени.

Доение является одной из основных операций в технологии получения молока. Оно же является и одной из основных операций, выполнение которой воздействует как на продуктивность животных, так и на их здоровье, в особенности при «сухом» доении. «Сухое» доение вымени в целом или отдельных его четвертей происходит в следующих случаях:

- при несвоевременном отключении доильного аппарата;
- при неравномерном развитии четвертей вымени животного;
- при неравномерной степени жесткости сосковой резины в одном доильном аппарате.

Несвоевременное отключение доильного аппарата у простых доильных установок предотвращается вручную, что возможно благодаря их укомплектованию прозрачными шлангами, конусами, коллекторами, у автоматизированных установок отключение контролирует автоматика, настроенная таким образом, чтобы доение прекращалось при потоке молока 200 г/мин. Но и этого оказывается недостаточно, так как в неотсеleccionированных стадах (а в нашей республике до 90 % коров – с неравномерно развитым выменем) такой поток создает молоко, поступающее из двух-трех сосков, а в остальных может происходить «сухое» доение. Это является одной из причин низких удоев (4,7 вместо 7–8 т для черно-пестрой породы), низкого процента выхода молока сорта экстра (всего лишь 30 %), высокого процента коров, выбывающих из молочно-товарного производства из-за мастита (до 40 % от общего поголовья).

Щадящего доения коров с неравномерно развитым выменем и устранения большинства вышеперечисленных недостатков можно добиться путем внедрения технологии почетвертного доения и его контроля.

Основной недостаток этого направления – сложность конструкции и высокая цена. Однако ряд фирм начал его внедрять в доении доильными роботами. Имеются попытки внедрения раздельного доения по четвертям вымени и в доильных установках для доения в залах.

Система почетвертного доения и контроля включает:

- ◇ контроллер-дисплей;
- ◇ четырехтактный пульсатор;
- ◇ датчики молока из каждой четверти вымени;
- ◇ датчики электропроводности молока из каждой четверти вымени;
- ◇ оптический сенсор, измеряющий поток молока;

- ◇ молочный коллектор с возможностью разделения потоков молока;
- ◇ устройства распознавания сигналов.

Основные функции и преимущества применения данной системы:

- независимая пульсация для каждой четверти вымени – сохранение здоровья животного;
- пульсация, управляемая интенсивностью молокоотдачи – повышение продуктивности, сокращение времени доения;
- выявление мастита на субклинической стадии для каждой четверти вымени – снижение затрат на ветеринарное обслуживание;
- остановка доения для каждой четверти вымени отдельно, без снятия доильного аппарата (отсутствие «сухого» доения) – сохранение здоровья животного;
- оповещение о низкой продуктивности животного – получение данных о продуктивности.

Аналогом данной разработки является доильный зал Milkline с системой Milpro P4C (Италия).

Доильный зал с этой системой внедрен в СПК «Озеры» Гродненского района.

По данным ООО «Юником плюс», внедрившего этот зал в СПК «Озеры», за первые 3 месяца работы получены следующие результаты:

- ◆ снижение маститов в стаде на 35 %;
- ◆ повышение качества молока (рост количества молока сорта экстра) – 12 %;
- ◆ увеличение валового производства молока – 10 %.

При таких экономических показателях годовой экономической эффект от внедрения одного доильного места с данной системой составит 65 млн рублей.

Усовершенствование устройств управления доением должно идти по пути увеличения опций, более качественного их исполнения, совмещения программы в доильном зале с компьютерной базой «племдела», оценки качества молока, поступающего из каждой четверти вымени, определения момента окончания доения каждой четверти, выдачи сигналов об отключении доения каждого стакана в отдельности и о состоянии здоровья животного.

Выводы

Обобщая приведенные выше доводы, можно заключить:

1. Существующий доильный аппарат со скоростью доения 1,5–2,5 кг/мин и постоянным режимом работы не может обеспечить полноценного выдаивания коровы за ограниченное время (время действия окситоцина).
2. Для обеспечения полного, быстрого и безопасного доения необходимо применять доильные аппараты с изменяющимся режимом рабо-

ты: осуществлять щадящее доение в начале и конце процесса и увеличивать скорость доения в середине процесса (хотя бы ступенчато), таким образом поддерживая одинаковую скорость поступления молока из альвеол в цистерну вымени и скорость выведения из нее молока.

3. Наиболее эффективным является доильный аппарат с изменяющимся режимом работы в процессе доения и с почетвертным отключением доильных стаканов по мере выдаивания отдельных четвертей вымени.

4. Создание доильного аппарата с переменным режимом работы и принципом почетвертного доения является актуальной задачей, реализация которой позволит перейти к качественно новой и эффективной технологии доения.

10.07.2014

Литература

1. Кондур, С.М. О регулировании вакуумметрического давления во время доения коров / С.М. Кондур // Новые направления развития технологий и технических средств в молочном животноводстве: материалы XIII Междунар. симпозиума по вопросам машинного доения сельскохозяйственных животных, Гомель, 27–29 июня 2006 г. – Минск, 2006. – С. 171–174.
2. Михайленко, Н.К. Пути развития механизации и автоматизации доения коров / Н.К. Михайленко, В.А. Дриго // Материалы XII Международного (Украинского) симпозиума по вопросам машинного доения коров. – Глеваха, 2005.
3. Клауфф, П.А. Влияние частоты пульсаций, соотношения тактов в доильной машине на скорость выдаивания коров / П.А. Клауфф, А.Х. Додд // Сборник иностранной сельскохозяйственной информации. – 1957. – № 2. – С. 60.
4. Королев, В.Ф. Доильные машины / В.Ф. Королев. – М.: Машиностроение, 1969. – 279 с.
5. Викторова, Н.Н. Облегченный доильный аппарат с оптимальными параметрами / Н.Н. Викторова, А.Н. Козлов // Тезисы докладов VI Всесоюзного симпозиума по машинному доению сельскохозяйственных животных. – М., 1983. – Ч. II. – С. 9–11.
6. Винников, И.К. Технологии, системы и установки для комплексной механизации и автоматизации доения коров / И.К. Винников, О.Б. Забродина, Л.П. Кормановский. – зерноград, 2001. – 354 с.
7. Краснов, И.Н. Доильные аппараты / И.Н. Краснов. – Ростов-н/Д: Изд-во Ростовского ун-та, 1974. – 127 с.
8. Динамическое состояние соскового канала в процессе молоковыведения под действием вакуума и давления / И.И. Грачев [и др.] // Тезисы докладов VI Всесоюзного симпозиума по машинному доению сельскохозяйственных животных. – М., 1983. – Ч 1.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ШНЕКОВОГО НАСОСА-ДОЗАТОРА ПАСТООБРАЗНЫХ КОРМОВ

Введение

В сельском хозяйстве Республики Беларусь явный приоритет принадлежит животноводству. Именно в этой отрасли формируется около 80 % выручки от реализации сельскохозяйственной продукции и на основе ее переработки – более 90 % аграрного экспортного потенциала.

В условиях рыночных отношений на первый план выходят проблемы организации рентабельного производства продукции животноводства, в котором определяющим фактором являются корма, составляющие в структуре себестоимости продукции 55–70 % от общих затрат [1].

Повышение продуктивности животных, снижение затрат кормов на единицу продукции немислимы без эффективного использования кормов.

Основная часть

Важным источником кормления животных являются кормовые отходы переработки сельскохозяйственного сырья. Значительное количество побочных продуктов образуется в свеклосахарном производстве, спиртовой, пивоваренной и дрожжевой отраслях. Эти продукты, в большинстве своем водянистые, малотранспортабельные, скоропортящиеся, не всегда используются рационально [2]. В таблице 17 приведена характеристика кормов, полученных при переработке пищевого сырья и наиболее широко используемых в животноводстве.

Таблица 17 – Состав и питательная ценность кормов, полученных при переработке пищевого сырья

Корм	Содержание воды, %	Содержание сухих веществ, %	В 100 кг содержится	
			к. ед.	переваримого протеина, кг
Барда	92,0–94,0	6,0–8,0	3,2–12,2	0,6–1,7
Пивная дробина	70,0–80,0	20,0–30,0	16–22	4,2
Свежий жом	92,5–94,0	6,0–7,5	10	0,5–0,6
Мезга картофельная	80,5	9,5	11	0,5
Меласса	30,1	83,7–69,9	75,0	–

Из данных таблицы 17 видно, что перечисленные корма содержат от 30 до 83,7 % воды и 0,5–1,7 кг (кроме мелассы) переваримого протеина. Однако важно правильно раздать их животным. Перспективным является скармливание кормов в виде кормосмесей, так как взаимодополняющее действие включенных в их состав кормов позволяет повысить продуктивность животных. При скармливании кормосмесей поедаемость кормов

возрастает на 5–15 %, потери последних снижаются на 10–15 %. В состав кормосмесей можно вводить белковые, минеральные и витаминные добавки, что повышает продуктивность животных до 26 % [2, 3].

В настоящее время для раздачи кормов животным широко используются разнообразные модели многофункциональных мобильных смесителей-кормораздатчиков, активно применяемых зарубежными и отечественными животноводами для механизации процессов приготовления и раздачи кормовых рационов. Представляя собой «кормоцех на колесах», эта техника обеспечивает комплексное решение проблем приготовления, транспортировки и раздачи кормов, позволяет обслуживать за смену сразу несколько небольших ферм крупного рогатого скота.

Переход на кормление КРС смесями, приготовленными в мобильных смесителях-кормораздатчиках, позволяет практически полностью исключить ручной труд. При наличии системы весового дозирования смесители-кормораздатчики могут обеспечивать быстрое приготовление и раздачу кормосмесей собственного производства.

Схемы смесителей-раздатчиков разнообразны [4]. Большинство из них состоит из одноосного шасси, на котором закреплены бункер со смешивающими рабочими органами, поперечный выгрузной транспортер и заслонка выгрузного люка. Привод рабочих органов у этих машин осуществляется от вала отбора мощности трактора.

Рабочими органами известных смесителей-раздатчиков, обеспечивающими образование кормосмеси, являются шнеки. Располагаться внутри бункера они могут, в зависимости от схемы машины, горизонтально и вертикально, число смешивающих рабочих органов может колебаться от одного до четырех [5].

Однако, независимо от конструкции машины, известные смесители-раздатчики не могут обеспечить раздачу жидких кормов, полученных от переработки растительного сырья, такого как барда, патока, пивная дробина, что вызывает острую необходимость в проведении исследований по обоснованию параметров устройств для дозированной выдачи жидких кормов в процессе раздачи стебельчатых и сыпучих концентрированных кормов КРС.

В связи с этим предлагается установить на серийно выпускаемый смеситель-раздатчик кормов дополнительный бункер для пастообразных кормов. Смешивание этих кормов и раздача животным должны производиться одновременно, при движении кормораздатчика вдоль кормушек.

Задача нормированной раздачи жидких или пастообразных кормов при использовании мобильного смесителя-раздатчика достаточно сложная, так как необходимо поддерживать их постоянный напор, иметь возможность регулировать расход и не допустить расслоения.

В результате теоретических исследований применяемых дозирующих устройств была выдвинута гипотеза о целесообразности установки

внутри бункера для пастообразных кормов шнекового насоса-дозатора в виде горизонтального шнека, проходящего вдоль бункера. На конце шнека должен быть установлен насос, образованный шнеком и крышкой. Такой комбинированный рабочий орган исключит сегрегацию пастообразной смеси, а также обеспечит однородность и необходимый постоянный напор, даже при регулировании расхода корма [6].

Основным рабочим элементом шнекового насоса-дозатора является шнек, объемную производительность которого можно определить по формуле [7]:

$$Q_v = \frac{\pi(D_{\text{ш}}^2 - d_{\text{ш}}^2)}{4} S_{\text{ш}} \omega_{\text{ш}} k_v,$$

где $\pi(D_{\text{ш}}^2 - d_{\text{ш}}^2)/4$ – площадь, занимаемая кормосмесью, m^2 ;

$S_{\text{ш}}$ – шаг витков шнека, m ;

$\omega_{\text{ш}}$ – частота вращения шнека, c^{-1} ;

k_v – коэффициент заполнения шнека.

Так как раздате подвергается жидкий корм, то при работе шнекового насоса-дозатора кормосмесь, находящаяся в пространстве между витками и кожухом шнека, частично движется в обратном поступательному вращению шнека направлению. Поэтому его производительность будет равна:

$$Q_v = \left(\frac{\pi D_{\text{ш}}^2}{4} - \frac{\pi d_{\text{ш}}^2}{4} + S_{\text{кол}} x_{\text{ш}} \right) S_{\text{ш}} \omega_{\text{ш}} k_v, \quad (1)$$

где $S_{\text{кол}}$ – площадь кольца между шнеком и кожухом шнека:

$$S_{\text{кол}} = \frac{\pi(D_{\text{ш}} + 2\delta)^2}{4} - \frac{\pi D_{\text{ш}}^2}{4} = \pi\delta(D_{\text{ш}} + \delta);$$

δ – зазор между кожухом шнека и шнеком, m ;

$x_{\text{ш}}$ – коэффициент, равный отношению сил, спроецированных на ось X , направленных по ходу движения основной массы кормосмеси к силам, направленным против движения корма [7].

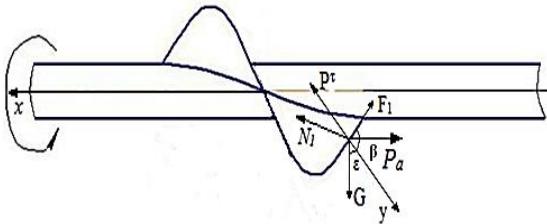


Рисунок 68 – Схема сил, действующих на частицу пастообразного корма

Для определения коэффициента рассмотрим силы, действующие на частицу кормосмеси в горизонтально расположенном шнеке (рисунок 68).

На частицу жидкого корма, движущуюся по витку

шнека, действуют следующие силы:

- касательная сила:

$$P^{\tau} = mR \frac{d^2\varphi}{dt^2},$$

где m – масса частицы, кг;

R – радиус шнека, м;

$d\varphi/dt$ – угловая скорость шнека, c^{-1} ;

- аксиальная сила инерции:

$$P_a = ma \frac{d^2\varphi}{dt^2},$$

где a – ширина витка шнека, м;

- сила трения частицы корма о винтовую поверхность шнека:

$$F_1 = f_1 N_1,$$

где f_1 – коэффициент трения корма о винтовую поверхность шнека;

N_1 – нормальная реакция поверхности шнека, Н;

- сила тяжести:

$$G_T = mg,$$

где g – ускорение свободного падения, m/c^2 .

Начало координат поместим в точку приложения сил и спроецируем действующие силы на эти оси. В результате получим систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} P_a = -F_1 \sin \beta + N_1 \cos \beta; \\ P^{\tau} = -F_1 \cos \beta - N_1 \sin \beta + G_T \sin \varepsilon, \end{cases} \quad (2)$$

где β – угол наклона витка шнека, град.;

ε – угол наклона шнека, град.

Подставим выражения для определения сил, входящих в систему дифференциальных уравнений (2):

$$\begin{cases} ma \frac{d^2\varphi}{dt^2} = -f_1 N_1 \sin \beta + N_1 \cos \beta; \\ mR \frac{d^2\varphi}{dt^2} = -f_1 N_1 \cos \beta - N_1 \sin \beta + mg \sin \varepsilon. \end{cases} \quad (3)$$

Из второго уравнения системы дифференциальных уравнений, выразив $d^2\varphi/dt^2$, получим:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = \frac{-f_1 N_1 \cos \beta - N_1 \sin \beta + mg \sin \varepsilon}{mR}. \quad (4)$$

Полученное выражение (4) подставим в первое уравнение системы дифференциальных уравнений (3), упростив которое и выразив N_1 , получим следующее отношение:

$$N_1 = \frac{m g a \sin \varepsilon}{-f_1 a - a \sin \beta + f_1 R \sin \beta - R \cos \beta}.$$

Коэффициент $x_{ш}$, учитывающий, какое количество кормосмеси будет возвращаться обратно, равен отношению спроецированных на ось X сил, направленных по ходу движения основной массы кормосмеси к силам, направленным против движения корма. Проекция сил на ось X позволяет получить уравнение:

$$x_{ш} = \frac{P_a + F_1 \sin \beta}{N_1 \cos \beta}. \quad (5)$$

Подставив значение сил в уравнение (5) и преобразовав его, получим искомое выражение для нахождения коэффициента:

$$x_{ш} = -2f_1 \frac{a}{R} - 2 \frac{a}{R} \operatorname{tg} \beta + f_1 \operatorname{tg} \beta - 1. \quad (6)$$

Из выражения (6) видно, что количество корма, движущегося в обратном поступательному вращению шнека направлении, будет зависеть от геометрических особенностей шнека и физико-механических свойств кормосмеси.

Тогда выражение (1) для определения производительности шнекового насоса-дозатора будет иметь вид:

$$Q_v = \left[\frac{\pi D_{ш}^2}{4} - \frac{\pi d_{ш}^2}{4} + \pi \delta (D_{ш} + \delta) \left(-2f_1 \frac{a}{R} - 2 \frac{a}{R} \operatorname{tg} \beta + f_1 \operatorname{tg} \beta - 1 \right) \right] S_{ш} \omega_{ш} k_v.$$

Заключение

Как показали исследования, шнековый насос-дозатор при установке его на мобильный раздатчик кормов позволяет дозированно выдавать жидкие корма животным в процессе их подачи непосредственно на стельчатые корма.

Представленная методика позволяет произвести расчет геометрических и силовых параметров шнекового насоса-дозатора.

09.09.2014

Литература

1. Государственная программа возрождения и развития села на 2005–2010 годы: Указ Президента Республики Беларусь, 23 марта 2005 г., № 150. – Минск: Беларусь. – 2005. – С. 9–10.
2. Трофимов, А.Ф. К выбору энергосберегающих технологий скармливания кормов / А.Ф. Трофимов [и др.] // Научные основы развития животноводства в Республике Беларусь: междунар. сб. – Минск, 1992. – Вып. 23. – 326 с.
3. Завражнов, А.И. Механизация приготовления и хранения кормов / А.И. Завражнов, Д.И. Николаев. – М.: Агрпромпиздат, 1990. – С. 136–214.
4. Милев, А.Д. «Agritechnica 99»: современные средства для подготовки и раздачи кормов / А.Д. Милев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2000. – № 5. – С. 48–52.

5. Рыжов, С.В. Зарубежная техника для животноводства и кормопроизводства / С.В. Рыжов, В.С. Рыжов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1990. – № 12. – С. 51–54.
6. Смеситель-раздатчик кормов: пат. № 15995 Респ. Беларусь, МПК А 01 К 5/02 / В.И. Передня, А.А. Романович, В.И. Хруцкий, А.М. Тарасевич; заявитель РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – № а20091541; заявл. 28.10.2009; опубл. 14.03.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 3. – С. 48.
7. Омельченко, А.А. Кормораздающие устройства / А.А. Омельченко, Л.М. Куцин. – М.: Машиностроение, 1971. – 240 с.

УДК 697.7:621.384.3

**А.П. Ахрамович, Л.С. Герасимович,
В.Н. Дашков, В.П. Колос**

*(РНПУП «Институт энергетики
НАН Беларуси»,*

г. Минск, Республика Беларусь)

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ
ИК-СИСТЕМА ДЛЯ
ПОРΟΣЯТ-ОТЪЕМЫШЕЙ**

Введение

После ввода в эксплуатацию Белорусской АЭС и резкого увеличения генерации электрической энергии рациональное ее потребление станет актуальной проблемой, к решению которой надо готовиться уже сейчас, разрабатывая и внедряя энергоэффективные электротехнологии. В противном случае при нынешнем уровне использования электроэнергии суммарная мощность нашей энергосистемы может превысить спрос на нее, что отрицательно скажется на экономичности всего электроэнергетического комплекса.

Для белорусской энергосистемы характерны существенные колебания суточных и сезонных графиков потребления электроэнергии, связанные с работой предприятий в одну, две или три смены с неодинаковой загрузкой, изменением режима работы в летнее время, праздничные дни, а также с различными в течение года продолжительностью светлой части суток и температурой воздуха. Потребляемая мощность может меняться более чем в 1,5 раза – от максимальной при пиковых нагрузках в дневное время до минимальной в ночной период. Зимой потребность в тепле возрастает больше, чем в электроэнергии. Этот дисбаланс отрицательно сказывается на экономичности ТЭЦ.

Таким образом, при решении вопроса о целесообразности конкретной электротехнологии или оборудования одним из критериев должно быть преобладающее потребление электроэнергии в ночное время и в холодный период года. К таким перспективным электротехнологическим установкам относится автоматизированная инфракрасная (ИК)

система для поросят-отъемышей, разработанная в Национальной академии наук Беларуси.

Основная часть

Благотворное действие инфракрасного излучения на животных известно давно [1]; в дозированных количествах оно в совокупности с надлежащими микроклиматическими условиями содействует повышению их продуктивности и сохранности. В мировой практике системы создания микроклимата являются комбинированными, сочетающими инфракрасные электролампы с дельта-трубками, газовыми пушками, греющими ковриками или другими конвекционными обогревателями [2, 3], которые энергетически малоэффективны, поскольку используются в помещениях с высокой кратностью воздухообмена. Отопление животноводческих помещений с помощью электрических ИК-систем стало возможным только с появлением излучателей, имеющих большую мощность и генерирующих селективное узконаправленное ИК-излучение [4]. Развитие технологий модификации излучающих поверхностей – ионной, ионно-химической, плазменной и др., позволяющих увеличить лучистую составляющую теплоотдачи и смещать спектр излучения, стало основой для создания аппаратов одновременного инфракрасного воздействия на животных и обогрева помещений.

Особенно восприимчивым к условиям внешней среды является младенец сельскохозяйственных животных в первые месяцы жизни, когда происходит формирование организма. Поэтому в первую очередь рассмотрена возможность создания ИК-системы для поросят-отъемышей, у которых лишение материнского присутствия и молока вызывает сильный стресс, а переход на групповое содержание и новый рацион снижают резистентность. При неудовлетворительном микроклимате у них увеличивается вероятность физических и психологических травм, отрицательно влияющих на рост и последующую репродукцию.

Разработанная автоматизированная инфракрасная система состоит из электрических ИК-излучателей, блоков цифрового управления параметрами излучения, датчиков обратной связи, мобильной системы подвеса ИК-излучателей, защитно-коммутационной аппаратуры и сети электроснабжения. Принцип работы заключается в преобразовании электрической энергии в энергию поперечных электромагнитных волн, которая концентрируется в зоне нахождения животных. Выделяемое при этом тепло используется для обогрева помещения в холодный период года. В отличие от общепринятого требования к инфракрасным системам – обеспечения с надлежащей цикличностью потока лучистой энергии, направленного на животных, в основу проектирования этой системы положено создание инфракрасного поля, обеспечивающего снижение лучистой теплоотдачи от животных и поддержание постоянного во

времени соотношения интенсивности конвекционного и радиационного теплообмена. Цикличность воздействия инфракрасного излучения обусловлена периодичностью вхождения поросят в зону облучения и выхода из нее.

Главное преимущество электрических ИК-излучателей – гибкость управления – реализовано за счет оптимизации режима их работы. Мощность, количество и расстановка излучателей, алгоритм изменения параметров излучения, соответствующие заданным микроклиматическим режимам, находятся из решения задачи минимизации потребления энергии при ограничениях, обусловленных зооветеринарными нормами и санитарно-гигиеническими требованиями содержания животных, законами теплообмена и распространения лучистого потока [5]. При этом учитываются затраты энергии на восполнение тепловых потерь, подогрев вентиляционного воздуха, а также тепловыделение в результате жизнедеятельности поросят и поглощения излучения воздухом.

Автоматизированная ИК-система была спроектирована и установлена в секции доращивания поросят-отъемышей на свиноферме РУП «ЖодиноАгроПлемЭлита». Инфракрасные излучатели подвешены над станками с поросятами (рисунок 69). Высота подвеса регулировалась автоматически с целью удержания воздействующего на поросят излучения в биологически активном диапазоне длин волн; пределы перемещения излучателей менялись по мере роста поросят.

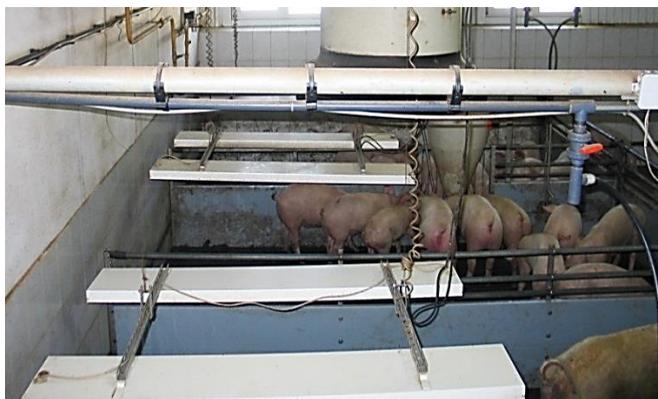


Рисунок 69 – Расположение ИК-излучателей над станками с поросятами-отъемышами

Секция была разделена на зоны с автономным поддержанием микроклиматических условий. За основной контролируемый параметр принята температура воздуха, параметры ИК-излучения были поставлены в функциональную зависимость от нее и устанавливались автоматически. Расчет величин изменения мощности излучателей и высоты их подвеса

осуществлялся по заложенной в цифровые блоки управления компьютерной программе, которая получала данные от датчиков обратной связи, размещенных на уровне ИК-излучателей и не попадающих под прямое воздействие ИК-лучей (рисунок 70). Программа поддерживала до 30 микроклиматических режимов содержания животных; переход от одного режима к другому осуществлялся по энергосберегающему алгоритму, использующему элементы нечеткой логики.



а) центральный шкаф управления; б) расположение блоков силового управления и системы мобильного подвеса ИК-излучателей в секции дорашивания поросят-отъемышей

Рисунок 70 – Цифровые блоки управления ИК-системой для поросят-отъемышей

Оценка результативности ИК-системы производилась путем сравнения жизнедеятельности опытной и контрольной групп животных, размещенных в отдельных секциях, микроклиматических и энергетических параметров. Обогрев контрольной группы осуществлялся с помощью дельта-трубок и напольных ковриков с водяным теплоносителем; тепловой режим поддерживался с помощью компьютерной системы фирмы «Big Dutchman». В опытной секции тепловые условия обеспечивались ИК-излучателями, часть мощности которых расходовалась на нагрев подаваемого наружного воздуха для вентиляции.

Эксплуатация системы в 2013–2014 годах показала, что при одинаковом потреблении кормов в опытной группе прирост живой массы на 10 % больше, чем в контрольной. Падеж поросят снизился на 3,5 %, топливно-энергетических ресурсов на обогрев в пересчете на условное топливо потребовалось в 1,7 раза меньше. Полученные данные позволяют утверждать, что в условиях промышленного производства свинины применение ИК-системы позволит поднять прирост живой массы на 10–15 %, уменьшить падеж на 10 %, снизить расход топливно-энергетических ресурсов в 1,5–2 раза. К этому следует добавить увели-

чение межремонтного срока службы здания в 1,5 раза вследствие воздействия инфракрасного излучения на строительные конструкции, препятствующего разрушительному действию аммиака. Полученная прибыль за счет увеличения привеса и снижения расходов на обогрев только на одном поросенке за один месяц составит 5–8 евро.

Заключение

1. Автоматизированная инфракрасная система обеспечивает на 10 % повышение привесов поросят-отъемышей и в 1,7 раза снижение затрат электроэнергии на обогрев животных.

2. Внедрение технологических систем с подобным характером потребления электроэнергии в сельском хозяйстве Республики Беларусь будет способствовать снижению неравномерности графика нагрузок и решению проблемы рационального расходования электроэнергии, поскольку на животноводческих комплексах ИК-излучение главным образом применяется в ночное и более холодное время.

21.08.2014

Литература

1. Шейко, И.П. Свиноводство / И.П. Шейко, В.С. Смирнов. – Минск: Новое знание, 2005. – 384 с.
2. Рекомендации по инфракрасному обогреву молодняка сельскохозяйственных животных и птицы. – М.: Колос, 1979. – 25 с.
3. Ресурсосберегающая установка локального обогрева поросят / В.Н. Дашков [и др.]. // Аграрная энергетика в XXI веке: мат-лы Междунар. науч.-техн. конф. – Минск: УП «Технопринт», 2001. – С. 148–151.
4. Электрические ИК-излучатели средней удельной мощности / А.П. Ахрамович [и др.] // Энергоэффективность. – 2006. – № 3. – С. 14–17.
5. Ахрамович, А.П. Методология расчета двухфункциональной инфракрасной системы АСЛОТУ / А.П. Ахрамович, Г.М. Дмитриев, В.П. Колос // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2013. – № 1. – С. 71–76.

УДК 637.118

**М.В. Колончук, С.А. Антошук,
В.И. Передня, Э.П. Сорокин**
*(РУП «НПЦ НАН Беларусі по
механізацыі сельскаго гаспадарства»,
г. Минск, Рэспубліка Беларусь)*

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА
КОНФИГУРАЦИИ
ЖИДКОСТНОГО КОЛЬЦА
ВОДОКОЛЬЦЕВОГО
ВАКУУМНОГО НАСОСА**

Введение

Эффективность работы ротационного насоса с жидкостным поршнем определяет жидкостное кольцо. Движение жидкости в насосе представляет собой сложное гидродинамическое явление. Физическая сущ-

ность изменения формы жидкостного кольца является малоизученной, особенно при движении с трением. Помимо этого, вследствие завихрений вращающейся жидкости затруднительно точно определить границу между жидкостью и воздухом. Точный теоретический расчет формы жидкостного кольца встречает трудности. Поэтому чаще всего считают, что жидкостное кольцо имеет правильную форму окружности, свойственную всем режимам работы вакуумного насоса.

Вопрос конфигурации жидкостного кольца представляет интерес для конструкторов. Конструктор, зная внутреннюю форму жидкостного кольца, может точно подсчитать объем рабочих камер, а следовательно, правильно выбрать остальные конструктивные размеры вакуумного насоса. Одним из параметров, определяемых конфигурацией жидкостного кольца, например, является радиус наружной кромки нагнетательного окна: для каждого режима работы насоса имеется свой оптимальный размер нагнетательного окна. Однако в настоящее время нельзя установить размеры нагнетательного окна, наиболее благоприятные для всех режимов.

Цель работы – разработка метода расчета параметра жидкостного кольца в зависимости от величины рабочего давления.

Основная часть

Для определения расстояния от центра ротора до зеркала жидкостного кольца в рассматриваемом сечении на стороне нагнетания требуется учет многих показателей [1]:

$$y = r_1 \sqrt{\frac{2\varepsilon\zeta}{\mu} \left(\frac{R-f}{r_1} - \sqrt{1 + \left(\frac{e}{r_1}\right)^2} + 2\frac{e}{r_1} \cos\psi \right) \sqrt{\left(\frac{\varepsilon^2}{3} + \frac{P_1}{3\gamma(\omega r_2)^2}\right) + v^2}},$$

где y – расстояние от центра ротора до зеркала жидкостного кольца в рассматриваемом сечении, m ;

R – радиус корпуса, m ;

r_1 – радиус ротора, m ;

r_2 – радиус втулки ротора, m ;

e – эксцентриситет насоса, m ;

ε – коэффициент, зависящий от числа и формы лопаток рабочего колеса (для литых колес $\varepsilon = 0,65 \dots 0,85$, для сварных колес с лопатками из листовой стали $\varepsilon > 0,85$);

ζ – отношение ширины корпуса к ширине рабочего колеса (для колес без ребра жесткости $\zeta = 1$, для колес с ребром жесткости $\zeta = 1,03 \dots 1,04$);

μ – коэффициент, учитывающий влияние объема лопаток рабочего колеса ($\mu = 0,8$);

ψ – угол поворота, $rad.$;

f – радиальный зазор между лопатками и корпусом в верхней части вакуумного насоса, m ;

p_1 – начальное давление в жидкости, $Па$;

γ – удельный вес жидкости, H/m^3 ;

$v = r_2 / r_1$ – отношение радиусов;

ω – угловая скорость, $рад$.

Для построения конфигурации жидкостного кольца в полости сжатия пользуются также уравнением [2]:

$$y = \frac{zs}{2\pi} + \sqrt{\left(\frac{zs}{2\pi}\right)^2 + r_2^2 + \frac{60}{\pi n}(R - r_1 + e \cos \psi)\alpha_\psi \mathcal{G}_1 - \frac{zsr_2}{2\pi} - 2fr_1},$$

где \mathcal{G}_1 – скорость жидкости в нижнем сечении, m/c ;

α_ψ – коэффициент падения скорости при угле ψ ;

z – число лопаток, *шт.*;

s – толщина лопаток, m .

Эти методы, давая приближенные результаты, являются громоздкими. Можно считать, что существующие методы расчета конфигурации жидкостного кольца являются условными и гарантируют конструирование его лишь на основе экспериментальных данных.

Для определения параметров жидкостного кольца в зависимости от режима работы учтено, что скорость изменения величины радиуса воздушной полости от изменения давления определяет отношение эксцентриситета насоса к величине рабочего давления [1, 2]. Математически это выражается уравнением:

$$\frac{dr}{dp} = \frac{e}{p},$$

где r – радиус внутренней поверхности жидкостного кольца, m ;

p – рабочее давление, $кПа$.

Отсюда

$$e \frac{dp}{p} = dr.$$

Интегрируя с учетом начальных условий (если $p = p_0$, то $r = r_2$)

$$e \int_{p_0}^p \frac{dp}{p} = \int_{r_2}^r dr,$$

получим

$$e(\ln p - \ln p_0) = r - r_2,$$

где p_0 – предельное давление насоса, $кПа$.

Или
$$r = r_2 + e \ln \frac{p}{p_0}.$$

Для насоса ВВН-3 при давлении 50 кПа радиус внутренней поверхности жидкостного кольца составит (рисунок 71), мм:

$$r_{50} = 50 + e \ln \frac{50}{10} \approx 50 + 1,5e \approx 50 + 22,5 = 72,5 \text{ мм.}$$

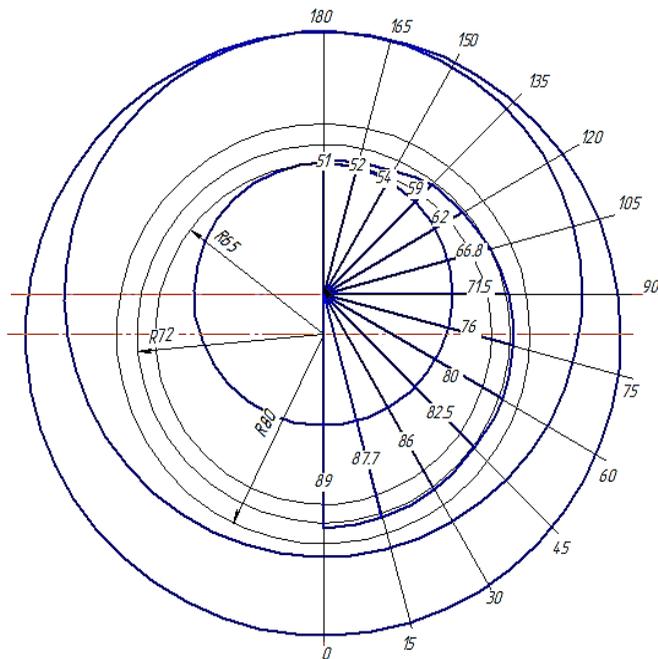


Рисунок 71 – Расчетные конфигурации жидкостного кольца водокольцевого вакуумного насоса ВВН-3

Для насоса ВВН-6 при давлении 50 кПа радиус внутренней поверхности жидкостного кольца составит 99 мм (таблица 18).

Таблица 18 – Радиусы наружной кромки нагнетательного окна

Параметры/марка	ВВН-3	ВВН-6
Радиус втулки ротора, мм	50	62
Эксцентриситет, мм	15	25
Предельное давление, кПа	10	10
Расчетное рабочее давление, кПа	50	50
Расчетный радиус внутренней поверхности жидкостного кольца, мм	72	99
Фактический радиус внутренней поверхности жидкостного кольца, мм	72	96

Конфигурация жидкостного кольца определяет форму наружной кромки нагнетательного окна. Исследования влияния размеров нагнетательного окна на работу вакуумного насоса показали, что как при большом радиусе наружной кромки окна, так и при малом быстродействие насоса уменьшается (рисунок 72).

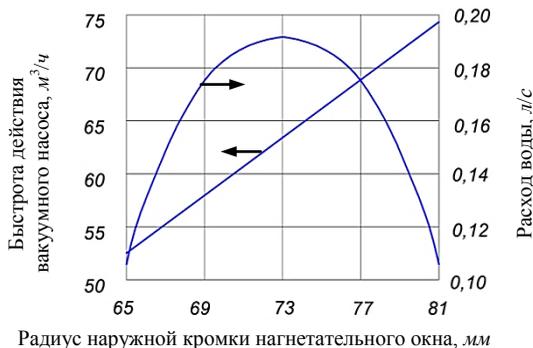


Рисунок 72 – Рабочие характеристики водокольцевого вакуумного насоса

Объясняется это тем, что уменьшение радиуса наружной кромки нагнетательного окна увеличивает перетекание воздуха в верхней части вакуумного насоса из полости нагнетания в полость сжатия. Увеличение же радиуса наружной кромки нагнетательного окна повышает расход оборотной воды, уменьшая живое сечение окна и снижая количество протекающего через него воздуха.

Выводы

Разработаны аналитические зависимости и уравнения для расчета внутренней поверхности жидкостного кольца и, соответственно, наружной кромки нагнетательного окна водокольцевого вакуумного насоса, учитывающие конструктивно-технологические параметры насоса (радиус втулки ротора, предельное давление) и позволяющие определить размеры окна для расчетного режима работы насоса.

10.07.2014

Литература

1. Ротационные компрессоры / под ред. А.Г. Головинцова. – М.: Машиностроение, 1964. – 315 с.
2. Тетерюков, В.И. Ротационные вакуум-насосы и компрессоры с жидкостным поршнем / В.И. Тетерюков. – М.: Машгиз, 1960. – 251 с.: ил.

Введение

Наклонные пластины в вакуумных насосах имеют некоторые преимущества перед радиальными [1]. Во-первых, увеличивается ширина пластины, что уменьшает вероятность заклинивания. Во-вторых, повышается срок службы и снижается мощность трения. В настоящее время пазы большинства ротационных вакуумных насосов изготавливают наклонными по отношению к радиусу ротора в сторону вращения на угол $\psi = 8...15^\circ$. Размещение пластин в теле ротора рекомендуется определять лишь из чертежа на стадии проектирования насоса [2].

Цель работы – определить граничные условия наклонных пластин в ротационных вакуумных насосах (оптимизация углов наклона пазов ротора).

Основная часть

С увеличением угла наклона пластин составляющая мощности, затрачиваемой на преодоление сил трения по цилиндру, от сил инерции уменьшается, в то время как остальные слагаемые увеличиваются незначительно. Это объясняется перераспределением усилий, действующих на цилиндр и в пазах ротора. Следствием увеличения угла наклона пластин является общее снижение мощности, затрачиваемой на преодоление сил трения в насосе (таблица 19).

Таблица 19 – Изменение мощности насосов

Параметры	$\psi = 0$	$\psi = 1$	Разность
Угол наклона пластин, град.	0	15	15
Мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения пластин по цилиндру вследствие сил инерции, %	80,4	73,3	-7,1
Мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения пластин в пазах ротора вследствие сил инерции, %	1,7	3,6	+1,9
Мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения пластин по цилиндру вследствие перепада давления, %	7,1	7,5	+0,4
Мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения пластин в пазах ротора вследствие перепада давления, %	5,3	5,8	+0,5
Мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения в подшипниках, %	5,5	5,5	0
Общая мощность насоса, %	100	95,7	-4,3

Утверждается, что мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения пластин в вакуумном насосе при углах $\psi = 40 \dots 50^\circ$, составляет 20...30 % мощности, затрачиваемой на преодоление сил трения радиальных пластин [1, 2]. Причем при определении угла наклона пластины вакуумного насоса следует учитывать два обстоятельства [3]. Во-первых, при увеличении угла наклона пластин уменьшаются габариты насоса, и при достаточно большом его значении возможно заклинивание пластин в пазах ротора. Поэтому угол наклона пластин следует максимально увеличивать, обеспечивая отсутствие заклинивания пластин. Очевидно, что заклинивание может иметь место только в том случае, когда при повороте ротора высота пластины уменьшается. Наиболее неблагоприятным с точки зрения возможности заклинивания будет такое положение, при котором пластина имеет наибольший вылет. При дальнейшем повороте ротора высота пластины будет уменьшаться, и она будет входить в паз ротора. Если угол наклона пластины больше допустимого, сопротивление в пазах ротора будет больше, чем сила, заставляющая входить пластину в паз, и насос в лучшем случае остановится, а в худшем – произойдет поломка пластин. Так как инерция ротора значительна, поломка пластин более вероятна. Во-вторых, ширина пластины должна обеспечивать ее максимальный межремонтный ресурс.

Увеличение высоты пластины достигается продлением паза до стенки соседнего паза (рисунок 73). При этом высота пластины определяется из выражения [4]:

$$h_{\max} = AH = BH + AB = r \cdot \cos \psi + r \cdot \sin \psi \cdot \operatorname{tg} \frac{\pi}{z},$$

где r – радиус ротора, m ;

ψ – угол наклона пластины, $rad.$;

$\theta = \pi/z$ – угол между соседними пластинами, $rad.$;

z – число пластин.

Угол наклона пластины, соответствующий максимальной длине пластины, определяется из выражения:

$$h_{\max}(\psi)' = -r \cdot \sin \psi + r \cdot \cos \psi \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = 0,$$

откуда

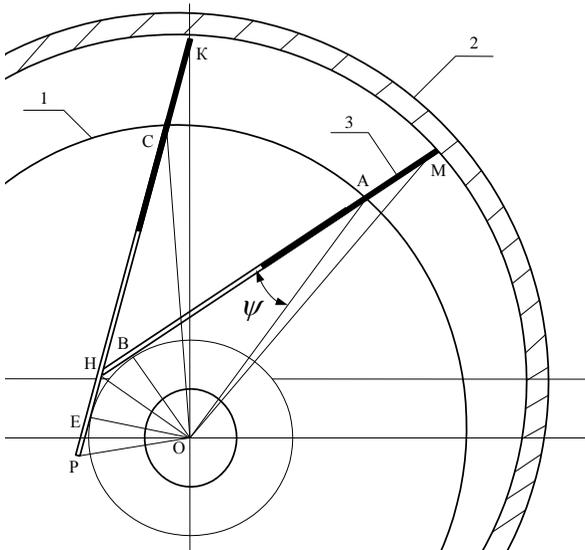
$$\psi = \frac{\theta}{2} = \frac{\pi}{z}.$$

В этом случае достигается максимальная глубина пазов при заданном числе пластин. Таким образом, паз ротора, имеющий угол наклона $\psi = \theta/2 = \pi/z$, обеспечивает максимальную его глубину.

Однако для насосов с малым числом пластин этот угол может быть предельным $\psi_{пред}$. Расположение пластин под предельным углом не поз-

воляет центробежной силе перемещать пластину в пазу. Очевидно (рисунок 74), что

$$\psi_{пред} + \frac{\theta}{2} = \frac{\pi}{2}.$$

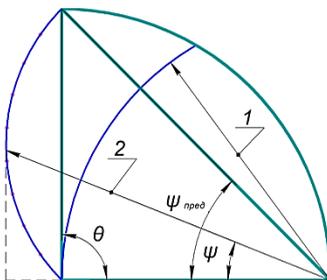


1 – ротор; 2 – корпус; 3 – пластина

Рисунок 73 – Схема определения оптимального расположения паза

Отсюда

$$\psi_{пред} = \frac{\pi}{2} - \frac{\theta}{2} \rightarrow \psi_{пред} = \frac{\pi - \theta}{2} \rightarrow \psi_{пред} = \frac{\pi - \frac{2\pi}{z}}{2} \rightarrow \psi_{пред} = \frac{\pi}{2} \left(1 - \frac{2}{z} \right).$$



1 – радиус ротора;
2 – теоретическая
глубина паза

Рисунок 74 – Расчетная
схема угла наклона
пазов ротора

В качестве одного из критериев оптимизации углов наклона пазов выбрана сумма теоретической длины пластины и ее конструктивной длины (рисунок 74).

$$r \cos \psi + r \sin \psi \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} + r \cos \psi \rightarrow \max.$$

Производная этой функции дает

$$-2r \sin \psi + r \cos \psi \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = 0.$$

Отсюда $2 \operatorname{tg} \psi = \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}$, или $\psi \approx \frac{\theta}{4}$.

Так как $\theta = \frac{2\pi}{z}$, то $\psi \approx \frac{\pi}{2z}$.

Второй критерий – это проекция теоретической длины пластины на линию радиальной пластины.

$$r \left(\cos \psi + \sin \psi \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} \right) \cos \psi \rightarrow \max, \text{ или}$$

$$r \cos^2 \psi + r \sin \psi \cos \psi \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} \rightarrow \max.$$

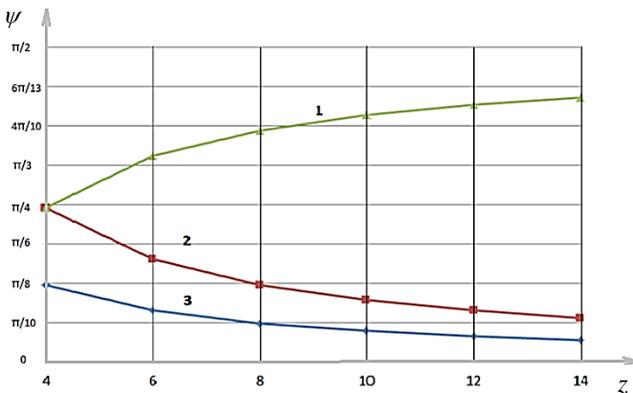
Производная от функции

$$-2r \cos \psi \sin \psi + r \cos 2\psi \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = 0, \text{ или}$$

$$-\sin 2\psi + \cos 2\psi \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = 0.$$

Отсюда $\operatorname{tg} 2\psi = \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}$, или $\psi = \frac{\theta}{4} = \frac{\pi}{2z}$.

Таким образом, угол наклона паза $\psi = \pi/(2z)$, обеспечивающий рациональную ширину пластины, обратно пропорционален удвоенному числу пластин (рисунок 75).



1 – предельный угол; 2 – угол максимальной глубины паза; 3 – рациональный угол

Рисунок 75 – Расчетные углы наклона пазов ротора

Выводы

Разработаны аналитические зависимости и уравнения для расчета углов наклона пазов роторов вакуумного насоса, учитывающие число пластин и позволяющие рационально увеличить межремонтный срок службы пластин.

10.07.2014

Литература

1. Ротационные компрессоры / под ред. А.Г. Головинцова. – М.: Машиностроение, 1964. – 315 с.
1. Фролов, Е.С. Механические вакуумные насосы / Е.С. Фролов, И.В. Автономова, В.И. Васильев, Н.К. Никулин, П.И. Пластинин. – М.: Машиностроение, 1989. – 288 с.: ил.
3. Зеленецкий, С.Б. Ротационные пневматические двигатели / С.Б. Зеленецкий, Е.Д. Рябков, А.Г. Микеров. – Л.: Машиностроение, 1976. – 240 с.
4. Колончук, М.В. Исследование пластинчатых вакуумных насосов. – Минск: Агропанорама. – 2007. – № 5. – С. 23–28.

УДК 631.67:635

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

**НАЗНАЧЕНИЕ, ОСОБЕННОСТИ
И МЕТОДИКА РАСЧЕТА
СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО
ПОЛИВА ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР
ОТКРЫТОГО ГРУНТА**

Введение

Повторяющиеся в последнее время засухи, а также неравномерное выпадение осадков на территории Республики Беларусь позволяют получать стабильно высокие урожаи сельскохозяйственных культур только при применении специализированных систем полива. В искусственном орошении, прежде всего, нуждаются овощи, ряд технических культур, картофель, сахарная свекла, травы и культурные пастбища. Основное назначение орошения – поддержание в корнеобитаемом слое почвы оптимального водного режима в течение вегетационного периода. При этом решаются вопросы регулируемых поливов: влагозарядного, предпосевного, вегетативного, подкормочного и освежительного. Так как вода является проводником основных питательных веществ к корневой системе, то ее недостаток сказывается в конечном итоге и на качестве получаемого продукта.

Территорию Беларуси относят к зоне избыточного увлажнения. Однако правильнее относить ее к зоне с неустойчивым режимом естественного увлажнения и тепловой обеспеченности. Такая неустойчивость приводит к значительным колебаниям по годам урожайности

сельскохозяйственных культур, выращиваемых в открытом грунте. Недобор осадков в период активной вегетации наносит огромный ущерб сельскому хозяйству и крайне негативным образом сказывается на продуктивности сельскохозяйственных угодий, сводя к минимуму влияние на урожай всех остальных факторов (удобрений, защиты растений, качества посадочного материала, обеспеченности техникой и т. д.) [1].

Преимущества систем капельного полива

Среди различных способов и систем орошения в последние годы наибольшее распространение в аграрном секторе развитых стран мира получают системы капельного полива [2–4].

Преимущества систем капельного полива заключаются в эффективном и экономном использовании воды за счет точного и равномерного дозирования, в низких потерях воды на испарение и в сухом состоянии надземной части растений и междурядий, что позволяет использовать технику для обработки растений. Кроме того, капельный полив обеспечивает защиту структуры почвы и нечувствительность к воздушным потокам (ветру). Эти и другие преимущества системы капельного полива, например возможность одновременного экономного внесения удобрений (система фертигации), делают ее одной из самых энерго- и ресурсосберегающих и рентабельных систем орошения, несмотря на определенные затраты ручного труда при ее монтаже и более высокую первоначальную стоимость.

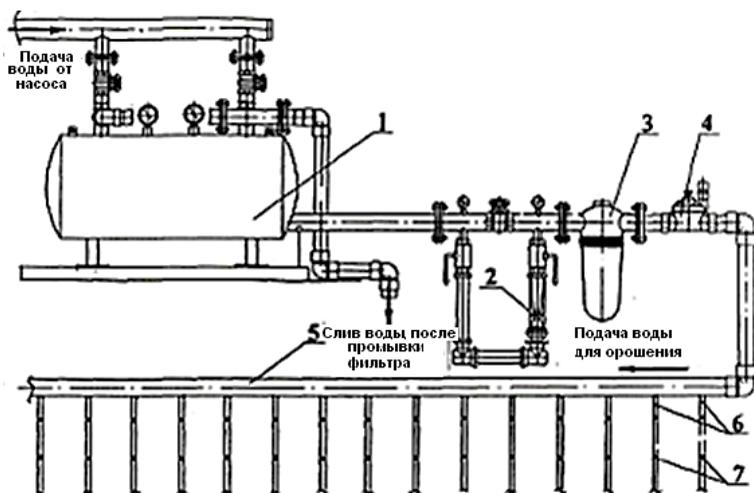
Преимущества при таком внесении имеют жидкие удобрения и удобрения, которые полностью растворяются в воде без образования осадка. К ним можно отнести удобрения серии «Террафлекс» (марки Т, С, S, F), «Растворин» (марки А, А₁, Б, Б₁), «Акварин» (№ 1.16), «Кристалон» (ярьлки красный, белый, голубой, оранжевый).

Зарубежный опыт и положительные результаты на всех сельскохозяйственных культурах и на всех типах почв способствуют динамичному развитию этого способа орошения в условиях Беларуси. Применение капельного орошения радикально изменило современный подход к комплексу вода – почва – растение на фоне дозированного режима питания и способствовало новому подходу в области орошения вообще.

Существуют две системы капельного орошения – трубка капельного орошения и лента капельного орошения. Качество каждой из систем зависит от толщины (плотности) трубки или ленты.

Конструктивные особенности систем капельного полива

Комплектация системы капельного орошения (рисунок 76) состоит из водяного насоса, узла подготовки и внесения удобрений, фильтростанции, магистральных трубопроводов, регуляторов давления, разводящих трубопроводов и соединительной запорной фурнитуры.



1 – песчано-гравийный фильтр (грубая очистка); 2 – удобрительный узел; 3 – дисковый фильтр (тонкая очистка); 4 – регулятор давления; 5 – распределительный трубопровод; 6 – ленты капельного орошения; 7 – капельницы

Рисунок 76 – Схема компоновки оборудования и подачи воды для капельного полива овощей в открытом грунте

Дополнительно система может содержать узлы автоматического контроля и управления системой, а также учета воды.

Одним из важнейших элементов системы капельного полива является фильтростанция. В зависимости от наличия в поливной воде определенных примесей и величины орошаемой площади фильтростанция может включать сетчатые, дисковые, гравийные и гидроциклонные фильтры.

Сетчатые фильтры устанавливаются после гравийного с очистительной и предупредительной целью. Они состоят из корпуса и фильтрующего элемента в виде мелкоячеистой сетки и применяются для фильтрования воды при невысоком содержании неорганических частиц. Степень очистки воды зависит от размеров ячейки фильтрующей сетки, а пропускная способность – от площади. При засорении фильтрующий элемент промывается обратным потоком воды.

Дисковые фильтры разработаны для более глубокого фильтрования. Они состоят из корпуса и фильтрующего элемента в виде набора плотно сжатых тонких дисков с радиальными канавками. В них сочетается надежность и наименьшая себестоимость обслуживания. Используются для удаления неорганических и органических частиц при заборе воды из скважин. При засорении также могут промываться обратным потоком воды.

Гравийные фильтры используются при заборе воды непосредственно из открытых водоемов и служат для удаления органических и неорганических частиц. Применяемый в качестве фильтрующего элемента песок за счет своей высокой удельной фильтрационной поверхности позволяет удерживать большие количества взвешенных частиц. Промывка производится обратным потоком воды. Засыпаемая гравийно-песчаная смесь используется двух фракций: крупная (1,2–2,4 мм) засыпается снизу, а мелкая (0,5–0,8 мм) – сверху.

Удобрительный узел предназначен для ежедневного дозированного внесения удобрений и средств защиты растений от почвенных вредителей.

Обычно применяются удобрительные узлы трех видов:

- принудительного внесения – используют посторонний источник энергии для принудительной подачи раствора в систему;
- инжекторного типа – используют поток воды для всасывания удобрений путем создания искусственного разрежения. Отличаются простотой и надежностью, но имеют недостаток – сложность регулирования подачи раствора;
- дозаторы – используют поток воды для механического дозирования раствора. Отличаются высокой точностью дозирования, к недостаткам можно отнести повышенные требования к обслуживанию.



Рисунок 77 – Регулятор давления

Регулятор давления (рисунок 77) служит для поддержания постоянного давления в оросительных трубках согласно паспортным данным. Регулятор давления состоит из корпуса и крышки, между которыми расположена диафрагма. Корпус имеет две камеры, разделенные перемычкой таким образом, что прижатая к перемычке диафрагма перекрывает движение воды из одной камеры в другую. Между

крышкой и диафрагмой имеется пружина, благодаря которой регулятор может исполнять роль запорного устройства. Входная камера соединена трубкой с полостью над диафрагмой и далее через тройник и дроссель – с выходной камерой.

При закрытом дросселе давление воды во входной камере и полости над диафрагмой выравнивается, пружина прижимает диафрагму к перемычке, перекрывая поступление воды в систему. При регулировании дросселем сброса воды из полости над диафрагмой регулируется давление в системе. Если в системе повышается давление, оно автома-

тически повышается и над диафрагмой, тогда диафрагма под действием пружины опускается, уменьшая подачу воды. И наоборот.

Свою классификацию имеют поливные трубопроводы:

1. По типу – лента или трубка. Ленты – цельнотянутый продукт с приклеенной полосой полиэтилена (эмиттера), в результате чего образуется канал водовыпуска. Трубки – цельнотянутый продукт, получают с помощью экструдеров.

2. По типу капельницы – с жесткой капельницей и мягкой. Мягкая капельница – неотделимый элемент ленты капельного орошения. Жесткая капельница – отдельный элемент трубки капельного орошения со множеством лабиринтов.

3. Компенсированные и некомпенсированные. Некомпенсированные – при изменении давления меняется расход воды. Компенсированные – при изменении давления внутри трубки капельного орошения расход воды остается неизменным.

Методика расчета систем капельного орошения

Порядок проектирования системы капельного орошения:

- предварительный расчет водопотребления;
- расчет количества оросительной трубки на участок согласно схеме посадки;
- деление участка на поливные блоки (учитывая длину рядов, мощность насоса, дебет скважины);
- подбор фильтростанции (учитывая расход воды по блокам, желаемое время полива участка).

Подбор магистральных и разводящих трубопроводов

Для начала определяют максимальную ежедневную потребность в воде с целью проверки возможностей водоисточника, выбора фильтростанции и остальной фурнитуры. Исходя из этого, производят предварительный расчет пропускной возможности фильтростанции по формуле:

$$Q = \frac{n_{уд} \cdot S}{T}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $n_{уд}$ – удельная норма полива, $\text{м}^3/\text{га}$;

S – планируемая площадь орошения, га ;

T – планируемое время работы системы в сутки, 16–20 ч.

Если источник водоснабжения обеспечивает расчетный расход воды, переходят к следующему этапу расчета проекта.

Расчет количества оросительной трубки ведется с учетом перечня возделываемых культур.

Для каждой культуры, с учетом возделываемой площади и схемы посадки, рассчитывается потребность в оросительной трубке:

$$L_r = \frac{S_k \cdot 10000}{L}, \text{ м,}$$

где S_k – площадь возделываемой культуры, га;

L – расстояние между оросительными трубками (схема посадки), м.

Разбивка участка на поливочные блоки

При разбивке участка на поливочные блоки необходимо знать максимальную пропускную способность разводного рукава. В особых случаях возможно повышение пропускной способности на 10–15 %. Следовательно, водопотребление одного поливного блока не должно превышать возможности разводного трубопровода. Как контрольные показатели максимальной пропускной способности трубопроводов принимаются значения: для диаметра 25 мм – 4 м³/ч, для 32 мм – 6 м³/ч, для 63 мм – 23 м³/ч, 75 мм – 40 м³/ч, 110 мм – 80 м³/ч, 125 мм – 88 м³/ч, 140 мм – 110 м³/ч.

Исходя из диаметров разводящих трубопроводов и схемы посадки, выбирается площадь поливочных блоков.

Зависимость для расчета размеров поливочного блока:

$$S = \frac{Q_r \cdot L \cdot x}{10 \cdot q},$$

где S – площадь поливочного блока, га;

Q_r – пропускная способность разводного трубопровода, м³/ч;

L – расстояние между оросительными трубками (схема посадки), м;

x – расстояние между эмиттерами оросительной трубки, м.

q – норма вылива одного эмиттера, л/ч.

Далее определяется предварительное количество поливочных блоков. Для этого общую площадь возделываемой культуры делят на расчетную площадь блока и округляют в сторону увеличения. При невозможности размещения или экономической нецелесообразности расчетного количества поливочных блоков идут на увеличение их количества.

Для определения расхода воды на гектар пользуются следующей зависимостью:

$$W = \frac{10 \cdot q}{L \cdot x}, \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Следующий этап – определение геометрических размеров поливочных блоков. Разводной трубопровод может походить через поливной блок посередине (или со смещением) или по границе поливного блока. В большинстве случаев более выгодно разводной трубопровод располагать посередине орошаемого блока с двусторонней разводкой оросительных трубок, из-за высокой стоимости трубопровода. В отдельных случаях экономически более целесообразно одностороннее расположение оросительных трубок относительно разводного трубопровода при неудобной конфигурации поля и высоких затратах на магистральные трубопроводы.

Второй фактор, влияющий на геометрические размеры поливных блоков – это техническая характеристика оросительной трубки. Можно задавать 5–15 % неравномерности полива. Разбивая поле на поливочные блоки, экономически целесообразно использовать поливочные гоны 0,7–1,0 от максимальной длины. Определив длину поливочных блоков, рассчитывают длины разводных трубопроводов. Для этого делят площадь поливочных блоков на размах поливочных блоков. Следует не допускать выращивания в одном блоке разных культур, особенно с разными нормами полива и удобрений. Если возникает такая необходимость, используют соединительные фитинги с кранами. Также нельзя использовать различные схемы посадки с разных сторон одного разводного трубопровода.

Уточнение потребности в воде и составление схемы полива. После определения количества и размеров поливочных блоков уточняют расход воды на каждый поливочный блок.

$$W_i = W \cdot S_6,$$

где W_i – расход воды конкретного поливочного блока, $м^3/ч$;

W – расход воды на гектар используемой схемы посадки, $м^3/га$;

S_6 – площадь конкретного поливочного блока, $га$.

Следующий этап – составление схемы полива. Для этого максимальная поливная норма делится на гектарный расход воды ($м^3/(га \cdot ч)$) используемой схемы посадки и определяется максимальное время полива конкретного блока.

Выбор фильтростанции

При выборе фильтростанции необходимо учитывать источник водоснабжения (открытый водоем или скважина), степень загрязненности воды и вид загрязнителя, часовую потребность в воде (пропускную способность), а также производительность насосной станции и количество других потребителей. При использовании поливной воды из открытых водоемов, следовательно, имеющей большое количество биологических загрязнителей, необходимо включать в состав фильтростанции песчано-гравийный фильтр, а при большом количестве взвешенных песчаных частиц целесообразно использование гидроциклонов. Также, помимо песчано-гравийного фильтра, в состав фильтростанции (при заборе воды из открытых водоемов) входит страхующий сетчатый или дисковый фильтр.

Перед выбором пропускной способности фильтростанции необходимо уточнить производительность (при наличии) насосной станции и наличие других потребителей воды. При избыточной мощности насосной станции возможна ситуация, когда дополнительные затраты на подачу воды превысят стоимость дополнительных фильтров. Поэтому необходимо также экономическое обоснование пропускной способности фильтростанции.

Определившись с максимально необходимой пропускной способностью фильтростанции и ее типом, начинают комплектацию. По пропускной способности подбирают марку фильтра и количество. Также выбирается удобрительный узел. Удобрительный узел обычно состоит из задвижки, инжектора и соединительно-запорной арматуры.

Расчет магистральных трубопроводов

Гидравлический расчет водопроводной сети заключается в определении диаметров трубопроводов по известному расходу воды и потерь напора на всех ее участках, а также в определении минимального давления на входе системы.

Диаметр трубопроводов D определяется по формуле:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{W_i}{3600 \cdot V}}, \text{ м,}$$

где 1,13 – коэффициент, получаемый при переходе от живого сечения потока к диаметру трубопровода;

W_i – расчетный поток воды, протекающий по данному участку трубопровода, $\text{м}^3/\text{ч}$;

V – экономически целесообразная скорость движения воды в трубопроводе, 0,9...1,9 $\text{м}/\text{с}$.

Полученные фактические значения диаметров труб округляем до ближайшего большего стандартного значения.

После определения диаметров трубопроводов определяем фактическую скорость движения воды в трубопроводах V_f , $\text{м}/\text{с}$:

$$V_f = \frac{W_i}{w},$$

где $w = 0,25 \cdot \pi \cdot D_f^2$ – площадь живого сечения трубопровода, м^2 ;

D_f – принятый диаметр трубопровода, м .

Потери напора определяются по формуле:

$$h_n = A \cdot L_r \cdot \beta \cdot W_i^2, \text{ м,}$$

где A – удельное сопротивление труб, $\text{с}/\text{м}^3$, принимается по таблице 20;

L_r – расчетная длина трубопровода, м ;

β – поправочный коэффициент (таблица 21).

Таблица 20 – Удельные сопротивления A при $V = 1,0 \text{ м}/\text{с}$

$L_r, \text{ мм}$	125	150	200	250	300	350	400
$A, \text{ с}/\text{м}^3$	92,8	35,8	7,9	2,4	0,94	0,42	0,21

Таблица 21 – Поправочный коэффициент β к значениям скорости

$V, \text{ м}/\text{с}$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,1	0,2	1,3
β	1,19	1,12	1,08	1,05	1,02	1,0	0,99	0,97	0,95

Порядок расчета трубопроводов

1. Определяются диаметры трубопроводов по расходу воды и скорости потока для каждого участка.
2. Определяются потери напора по участкам.
3. Определяется максимальная потеря напора.
4. Определяется минимальное входное давление.
5. Сравниваются возможности источника водоснабжения с потребностями системы.

Выводы

1. Для создания зон гарантированного высокопродуктивного производства овощных культур открытого грунта необходимо использовать технологию искусственного орошения растений.
2. Одним из самых перспективных способов искусственного полива овощей является капельное орошение прикорневой зоны растений, обладающее целым рядом преимуществ.
3. Предложенная методика расчета и комплектации оборудования систем капельного полива может помочь экономистам аграрного сектора на основании предварительно проведенного мониторинга имеющихся земельных и водных ресурсов конкретного хозяйства самостоятельно осуществить расчет системы капельного орошения с целью дальнейшей реализации этой системы полива для овощных культур открытого грунта, выращиваемых хозяйствами Республики Беларусь.

06.10.2014

Литература

1. Лихацевич, А.П. Дождевание сельскохозяйственных культур. Основы режима при неустойчивой естественной влагообеспеченности / А.П. Лихацевич. – Минск: Бел. Наука, 2005. – 278 с.
2. Современные технологии производства овощей в Беларуси / А.А. Аутко [и др.]. – Молодечно: РУП Типография «Победа», 2005. – 271 с.
3. Дашков, В.Н. Проблемы и перспективы механизации орошения с.-х. культур в Республике Беларусь / В.Н. Дашков, Н.Ф. Капустин, Д.В. Дегтеров, А.Н. Басаревский // Ресурсосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве: сб. междунар. науч.-практ. конф.: в 2 т. / Под общ. редакцией В.Н. Дашкова; РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси». – Минск, 2004. – Т. 1. – С. 243–245.
4. Дашков, В.Н. Современные средства механизации орошения сельскохозяйственных культур / В.Н. Дашков, Н.Ф. Капустин, Д.В. Дегтеров // Экологическое сельское хозяйство – сегодняшнее состояние и перспективы развития: материалы междунар. науч. конф., Познань, 10–12 октября 2006 г. – Познань: PIMR, 2006.

Введение

В рамках реализации Государственной программы развития сельских территорий в 2011–2015 гг. в Республике Беларусь намечено построить 20 тысяч жилых домов в сельской местности.

В целях экономии энергетических ресурсов для горячего водоснабжения и отопления этих объектов планируется использовать возобновляемые источники энергии, в частности солнечную энергию, что практикуется во всех высокоразвитых странах мира. Хорошо зарекомендовали себя комбинированные системы нагрева воды модульного типа, в которых круглый год максимально используется энергия солнца с подогревом воды до заданных значений температуры (50 ± 10) °С при помощи встроенных в бак (аккумулятор тепла) электрических нагревателей (ТЭНов), включаемых по команде от системы управления (контроллера).

Для оснащения жилых домов такими комбинированными системами тепло- и водоснабжения потребуются изготовить не менее 60 тысяч единиц гелиоводонагревательного оборудования с общей площадью рабочих поверхностей гелиоколлекторных модулей более 100 тыс. м². Ожидаемая экономия углеводородного топлива, по оценкам специалистов, должна составить не менее 30 %. Перед разработчиками и изготовителями таких систем поставлена актуальная задача повышения их энергетической эффективности и снижения себестоимости.

Как известно, в агропромышленном комплексе значительная часть топливно-энергетических ресурсов страны расходуется на системы теплоснабжения производственных и социально-бытовых объектов (административно-бытовых корпусов, животноводческих комплексов и птицефабрик, доильно-молочных блоков молочно-товарных ферм, жилых домов и т. п.), в частности на их горячее водоснабжение, отопление и технологические нужды. Сельские объекты, потребляющие тепло, территориально весьма рассредоточены. Их централизованное теплоснабжение практически отсутствует, а единичная мощность объектов в большинстве случаев невелика (десятки кВт).

Для теплоснабжения таких объектов целесообразно использовать солнечную энергию и применять комбинированные системы на базе модульных гелиоколлекторов и автоматизированных котлов, что позволит, как отмечалось выше, на 30 % сократить потребление углеводородного топлива, особенно в период с апреля по сентябрь, когда солнечное излучение наибольшее и достигает 5 кВт·ч/м² в день.

Гелионагревательное теплоэнергетическое оборудование характеризуется отсутствием эмиссии парниковых газов при функционировании и имеет высокие коэффициенты преобразования. Модульный принцип наращивания мощности позволяет на основе унифицированных гелиоколлекторных модулей создавать установки требуемой производительности.

На перспективность использования солнечной энергии в Республике Беларусь указывает опыт использования энергии солнечного излучения в европейских государствах, имеющих близкие климатические условия (Дания, Голландия, Швеция, Великобритания, северная часть Германии и др.). В программе освоения солнечной энергии России отмечается, что ее использование считается эффективным до широт Санкт-Петербурга, что значительно севернее Беларуси. В мире в 2000 году находилось в эксплуатации свыше 70 млн m^2 солнечных коллекторов, к 2010 году эта цифра удвоилась. Есть страны, где приход солнечной энергии сравнительно невысок, а масштабы использования солнечных коллекторов в том же 2000 году были весьма значительны: Германия (3,1 млн m^2), Австрия (1,6 млн m^2), Дания (0,297 млн m^2), Нидерланды (0,180 млн m^2).

Гелиоводонагревательное одноконтурное оборудование с естественной (термосифонной) и принудительной циркуляцией теплоносителя

В настоящее время в нашей республике эксплуатируются недостаточно энергоэффективные солнечные подогреватели воды пассивного типа (с естественной циркуляцией теплоносителя), работающие только в весенне-летний период времени, и гелиоводонагревательное оборудование активного типа с принудительной, создаваемой с помощью насоса, циркуляцией жидкого теплоносителя через гелиоколлекторные модули, также работающее в летний сезон. Гелиосистемы активного типа просты в эксплуатации и надежны, но в изготовлении и эксплуатации они намного дороже гелиосистем пассивного типа. Одним из основных их недостатков является независимость расхода теплоносителя от интенсивности солнечной радиации.

В запатентованной нами гелиосистеме принудительной циркуляции для нагрева воды [1], содержащей бак-аккумулятор с подающим и обратным трубопроводами, гелиоколлектор и насосный узел, фотоэлектрический преобразователь солнечной энергии питает электродвигатель насоса, прокачивающего воду через гелиоколлектор.

Таким образом, в автономно работающей гелиосистеме происходит автоматическое саморегулирование расхода теплоносителя (воды), то есть при повышении интенсивности солнечной радиации повышается скорость циркуляции теплоносителя, и наоборот, что позволяет поддерживать постоянство температуры воды на выходе из гелиоколлектора,

снижать тепловые потери и повышать коэффициент полезного действия гелиосистемы до 70 %.

Гелиоводонагревательное двухконтурное оборудование с вакуумированными гелиоколлекторными трубками

За последние годы масштаб производства установок для получения солнечной энергии вырос более чем на 200 %, что вызвано благоприятным отношением общества к альтернативной энергетике на фоне существенного роста цен на традиционные энергоносители. Использование в настоящее время двухконтурного гелиоводонагревательного оборудования с вакуумированными гелиоколлекторными трубками стало возможным не только в регионах с теплым климатом, но и в районах с низкими температурами и невысокими значениями солнечной радиации. Эффективность таких гелиосистем была подтверждена их отличной работой в сложных климатических условиях северной части Аляски.

В первом (солярном) контуре циркуляции теплоносителя через гелиоколлектор обычно используется незамерзающий теплоноситель (антифриз). При этом циркуляция может быть как принудительной с помощью насоса по команде от контроллера, поддерживающего заданную температуру воды в баке-аккумуляторе и на выходе из коллектора, так и естественной (циркуляция легкокипящего теплоносителя в термосифонной тепловой трубе).

Современные гелиоколлекторы позволяют полностью обеспечить нужды жильцов усадебного дома в горячей воде на протяжении 7–8 месяцев в году, а в остальное время подогревают воду до 30 °С, существенно снижая расход газа или электричества. Подсчитано, что такие гелиоколлекторы способны сэкономить до 80 % средств, направленных на оплату горячего водоснабжения. В переходный период (весна, осень) гелиоколлектор может полностью взять на себя функцию отопления дома. В целом экономия углеводородного топлива в течение года может составить около 60 %. Если сравнивать солнечный подогрев воды с электрическим, то экономия может увеличиться в 2 раза. В результате срок окупаемости гелиоколлектора составит 5–7 лет [2]. Если учесть индексацию цен, вызванную постоянным ростом стоимости энергоносителей, то срок окупаемости может снизиться до 3–4 лет.

Срок эксплуатации определяется износом деталей устройства. Единственным изнашиваемым элементом гелиоколлекторной системы является циркуляционный насос. Эксплуатация систем горячего водоснабжения с использованием гелиоколлекторов показывает, что они служат до 20 лет без затрат на техническое обслуживание. По сравнению с другими системами подогрева воды, эксплуатация гелиоколлекторной системы является наиболее экономичной. Например, газовый котел требует замены горелок 1 раз в 4–5 лет при регулярном обслужи-

вании специалистами. Замена ТЭНов в электрических системах подогрева воды осуществляется каждые 3–5 лет.

Теплоносителем в гелиоколлекторной системе может быть любая незамерзающая жидкость. В европейской практике принято использовать жидкости на основе глицерина – этилен-гликоль или пропиленгликоль с присадками, защищающими теплопроводы от коррозии, а резиновые уплотнители – от разбухания и околостенения. Этилен-гликоль в системе теплопередачи наиболее эффективен. Однако по причине ядовитых свойств использовать его в жилых помещениях запрещено. Данный теплоноситель в Европе используется только в системах отопления промышленных зданий. Поэтому предпочтение отдается пропиленгликолю [3]. При монтаже система испытывается избыточным давлением, после чего находящийся в верхней точке первого циркуляционного контура воздушный клапан перекрывается. В герметичном замкнутом первом контуре протечки и испарение исключаются.

В настоящее время для повышения энергетической эффективности водонагревающих солнечных коллекторов за счет исключения специального пластинчатого теплообменника, устанавливаемого для передачи тепла от теплоносителя первого контура ко второму, специалистами из Научно-инженерного центра (г. Маалот, Израиль) разработаны и серийно выпускаются комбинированные солнечные коллекторы с тепловыми трубами (ТТ) и фотоэлектрическими панелями (ФЭП). Последние обеспечивают получение электрической энергии, которой достаточно для привода циркуляционного насоса во втором контуре (теплоноситель – вода) в системах активного типа [3]. Такие комбинированные гелиоколлекторы предназначены, в основном, для выработки тепловой энергии. Новая конструкция гелиоколлектора была изготовлена на базе стандартной солнечной панели израильской фирмой «Nimrod». Из трубок указанной панели были изготовлены ТТ. Для удешевления конструкции гелиоколлектора с ТТ использовались замкнутые двухфазные термосифоны (ДТС). Каждый ДТС был заполнен бинарным теплоносителем на основе метанола. Названные теплопередающие элементы не только увеличивали тепловую эффективность, но и существенно повышали надежность гелиоколлектора [3].

В процессе сравнительных испытаний стандартных и комбинированных коллекторов определялись температура воды, количество поглощенной тепловой энергии, тепловая эффективность и количество накопленной электрической энергии за световой день (8–10 часов). Испытания показали, что количество поглощаемой тепловой энергии комбинированным коллектором в 1,26 раза больше, чем стандартным, за счет применения ТТ и ФЭП. При этом тепловоспринимающая поверхность комбинированного коллектора была в 1,4 раза меньше стандартного при одном и том же количестве нагреваемой воды (150 кг).

Применение вакуумированных коллекторов позволит получать горячую воду с температурой более 40 °С в зимнее время при понижении температуры окружающей среды ниже 0 °С. Высокая износостойчивость вакуумированных гелиоколлекторов позволяет применять их практически неограниченно долго, сверх установленного срока эксплуатации. Даже в случае отключения дополнительных внешних источников тепла система отопления на основе вакуумированных гелиоколлекторов будет продолжать поддерживать в отапливаемом помещении температуру выше 0 °С.

У разработанных нами гелиосистем имеется несколько уровней защиты, главная из которых контролирует температуру воды в баке-аккумуляторе. Если вода нагревается выше 85 °С, срабатывает автоматика и циркуляционный насос отключается. При достижении в баке критических 95 °С открывается клапан и происходит аварийный сброс воды, чтобы предотвратить деформацию бака-аккумулятора. Температура воды, направляющейся к водозаборному крану, не должна превышать 50 °С, поэтому в системе предусмотрен термосмеситель. В системе есть еще одна защита. При превышении в коллекторе температуры 115 °С контроллер останавливает насос, чтобы расширительный бак мог принять образовавшийся пар. Объем расширительных баков в таких гелиоколлекторных системах в 3–4 раза больше, чем в традиционных системах отопления без использования солнечного подогрева.

Контроллер имеет автономный резерв электропитания, что позволяет сохранить настройки при отключении электроэнергии. После возобновления подачи электроэнергии система продолжает работу. Теплоаккумулирующая емкость бака содержит теплоизоляцию с толщиной слоя от 50 мм. Температура воды в баке, если не происходит водозабора, падает не более чем на 5 °С в сутки. Задача гелиоколлекторной системы нагреть воду в течение дня и обеспечить дом горячей водой в часы пиковой нагрузки – утренний и вечерний душ, принятие вечерней ванны. Для этого достаточно нагревать воду до 55 °С – с этой задачей гелиоколлектор справляется.

На основании полученных результатов ранее проведенных исследований элементов оборудования в Научно-практическом центре НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства был разработан и изготовлен опытный образец гелиоводонагревательного оборудования ОГВ-3. Принципиальная схема оборудования показана на рисунке 78.

Как показано на рисунке 78, система состоит из трех гелиоколлекторов (гелиоколлекторное поле), теплообменника (ТО), бака-аккумулятора (БА) и водопроводной арматуры (трубопроводов, кранов, циркуляционных насосов (P1 и P2), предохранительных клапанов, манометра, датчиков температуры, расширительного бака БР1). В первом контуре теплообменника незамерзающая жидкость движется под дей-

ствием насоса P1 через гелиоколлектор, там нагревается солнцем и через теплообменник (ТО) передает тепло во второй контур, по которому циркулирует вода. Вода нагревается в теплообменнике и под действием циркуляционного насоса P2 поступает в бак-аккумулятор (БА). Накапливая тепло (в баке-аккумуляторе) вода поступает в систему горячего водоснабжения потребителя. Для подогрева воды в баке установлены три ТЭНа по 1,2 кВт.

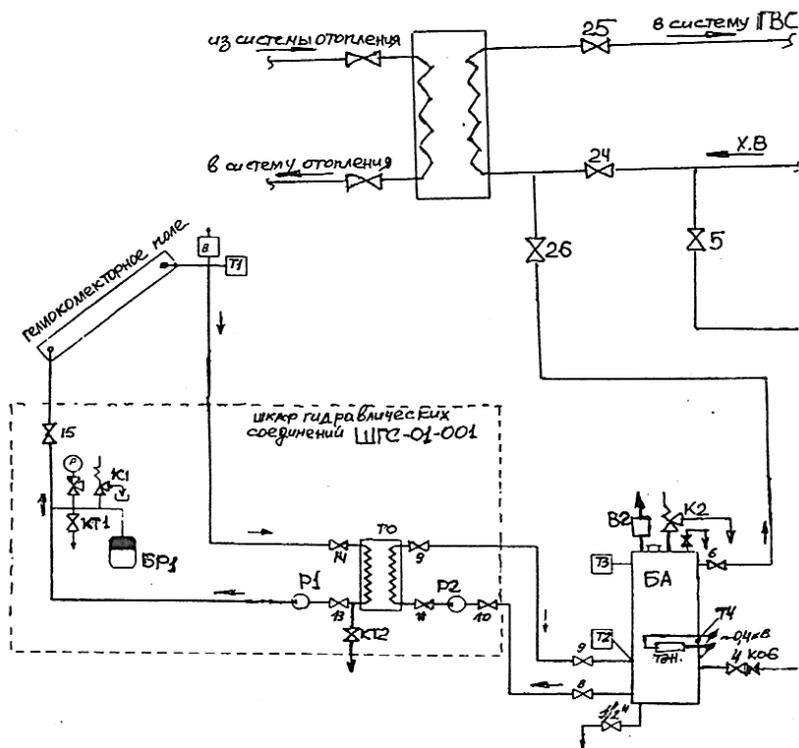


Рисунок 78 – Схема гидравлическая принципиальная гелиоводонагревательного оборудования ОГВ-3

Управление оборудованием для солнечного подогрева воды осуществляется системой автоматического управления на базе контроллера Solar-11.2. На рисунке 79 показана панель шкафа управления ОГВ-3 с контроллером Solar-11.2.

На рисунке 80а, 80б и 80в показаны основные элементы оборудования: гелиоколлекторы, шкаф гидравлических соединений и бак-аккумулятор (шкаф управления с контроллером не показан).



а) б) в)

а – автомат включения шкафа управления; б – автомат включения нагревательных элементов бака-аккумулятора, в – дисплей контроллера Solar-11.2

Рисунок 79 – Панель шкафа управления ОGV-3



а) б) в)

а – вакуумированные гелиоколлекторы; б – шкаф гидравлических присоединений; в – бак-аккумулятор

Рисунок 80 – Основные элементы оборудования гелиоводонагревательного ОGV-3

Гелиоводонагревательное двухконтурное оборудование с принудительной циркуляцией теплоносителя от преобразователя солнечной энергии

На наш взгляд, также перспективным направлением в повышении энергоэффективности гелиоводонагревательного оборудования является использование энергии солнца для перекачивания жидких теплоносителей в таких гелиотехнических устройствах, то есть разработка преобразователей энергии типа тепловых двигателей. Нами запатентованы конструкции подобных устройств и подготовлены к испытаниям в натуральных условиях действующие модели некоторых преобразователей солнечной энергии – тепловых двигателей барабанного типа [4] и устройств для перекачивания жидкостей [5–6] с помощью таких двигателей (преобразователей солнечной энергии непосредственно в механическую работу).

Целью планируемых нами фундаментальных исследований является повышение эффективности преобразования низкопотенциальной тепловой энергии солнца в работу по перекачиванию жидкости [4–6].

Выводы

Для повышения энергоэффективности разрабатываемого в Республике Беларусь гелиоводонагревательного оборудования и снижения сроков его окупаемости необходимо максимально использовать солнечную энергию в течение всего года. Применение комбинированных систем на базе солнечных коллекторных модулей и автоматизированных котлов позволяет сократить потребление углеводородного топлива более чем на 30 %.

Циркуляция теплоносителя в солнечном коллекторном модуле с вакуумированными трубками и автоматической системой управления дает возможность поддерживать постоянную температуру воды на выходе из модуля, снизить тепловые потери и повысить коэффициент полезного действия гелиосистемы до 70 % и более.

14.08.2014

Литература

1. Гелиосистема принудительной циркуляции: пат. ВУ № 2189 С2, F 24J 2/42, F 24J 2/46, F 24J 2/48 / М.М. Севернев, В.Н. Дашков, В.В. Кузьмич, Э.К. Снежко, В.О. Китиков; заявитель БелНИИМСХ. – № 1931, заявл. 20.05.1994. // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 1998. – № 2. – С. 136.
2. Система солнечного тепло- и хладоснабжения / Под ред. Э.В. Сарнацкого. – М.: Стройиздат, 1990. – 328 с.
3. Мирмов, Н.И. Комбинированные солнечные коллекторы с тепловыми трубками / Н.И. Мирмов, М.А. Плешинский, А.А. Васильев // Тезисы докладов и сообщений 14 Минского международного форума по тепло- и массообмену. – Минск: ИТМО НАНБ, 2012. – Т. 2, ч. 1. – С. 106–107.
4. Тепловой двигатель: пат. ВУ № 13669 С2, МПК (2009) F 03G 7/06, F 28D 15/04 / Э.К. Снежко; заявитель Э.К. Снежко. – № a20060825, заявл. 08.04.2006.; опубл. 30.04.2008. // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 5. – С. 118–119.
5. Устройство для перекачивания жидкости: пат. ВУ № 12450 С2, МПК (2006) F 03G 7/06 / Н.Ф. Капустин, Э.К. Снежко; заявитель РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – № a20060964, заявл. 30.04.2008.; опубл. 29.09.2006 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – № 5. – С. 103.
6. Устройство для перекачивания жидкости для капельного полива овощей в открытом грунте: пат. ВУ № 7490, МПК F 03G 7/06; A 03G 25/00 / А.А. Аутко, В.Т. Самосюк, Н.Ф. Капустин, Э.К. Снежко; заявл. РНПДУП «Институт овощеводства». – № u 20101022, заявл. 08.12.2010. // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 4. – С. 201–202.

Введение

В условиях сельского хозяйства Республики Беларусь, как показала практика, развитие производства и повышение урожайности овощных и плодовых сельскохозяйственных культур практически невозможно без искусственного их орошения. Недостаток влаги сводит к минимуму влияние на урожай всех остальных факторов (удобрений, защиту растений, качество семян, обеспеченность техникой и т. д.) [1]. Особенно энергетически эффективным является способ капельного полива с применением подпитки жидкими удобрениями (фертигации).

В среднем по Республике Беларусь дефицит влаги, например, во время вегетации картофеля может достигать 30–75 %, или 60–150 мм, при этом потери урожая картофеля могут составить 20–50 %.

Основное назначение орошения – поддержание в корнеобитаемом слое оптимального водного режима в течение вегетационного периода. При этом решаются вопросы регулируемых поливов: влагозарядного, предпосевного, вегетативного, подкормочного и освежительного. Так как вода является проводником основных питательных веществ к корневой системе, то ее недостаток (и, соответственно, растворимых в ней удобрений) сказывается в конечном итоге и на качестве выращенного продукта.

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

Существует множество видов полива, которые отличаются между собой принципом применения в зависимости от выращиваемых растений, стоимостью и затратами водо- и энергоресурсов. Главным образом распространены такие виды орошения, как полив по бороздам, дождевание и капельное орошение. Все вышеперечисленные методы имеют свои преимущества и недостатки. Например, полив по бороздам применяют на хорошо спланированных участках с небольшим уклоном. Этот способ не требует больших затрат, однако при таком поливе не всегда удастся добиться равномерного распределения влаги. Дождевание ста-

новится одним из наиболее распространенных способов полива. В последнее время появилось большое количество дождевальных систем с современными распылителями, но их применение приводит к большим потерям воды и к образованию на почве поверхностной корки, что ведет к ухудшению водно-воздушного режима и к увеличению риска заболеваний растений. По сравнению с этими способами наиболее эффективным является капельное орошение.

Преимущества систем капельного полива растений

Капельное орошение – способ полива, при котором вода по системе полиэтиленовых трубопроводов-микроводовыпусков (эмиттеров) попадает в корневую зону растений. Главной особенностью капельного орошения является подача воды непосредственно к каждому растению в соответствии с его потребностями.

Благодаря этому, расходы воды и энергии при капельном орошении в 2–5 раз меньше, чем при традиционных способах полива, также в 3–4 раза снижаются нормы внесения минеральных удобрений, которые подаются вместе с поливной водой непосредственно в корневую зону растений. Рацион удобрений рассчитывается в соответствии с сезонными потребностями растений и подается в растворенном виде вместе с водой (система фертигации). Таким образом, подкармливаются не сорняки в междурядьях, а выращиваемые культуры [1].

Применение прикорневого капельного орошения выявило следующие его преимущества:

- 1) экономное использование водных ресурсов (50–90 % экономии по сравнению с традиционными способами полива);
- 2) возможность регулирования глубины увлажнения, количества, качества и периодичности орошения;
- 3) снижение риска поражения растений благодаря возможности одновременного выполнения следующих операций: внесения средств защиты растений, подкормки удобрениями, регулирования уровня рН в почве и др.;
- 4) во время прикорневого орошения капли воды не попадают на листву овощей, что значительно уменьшает поражение растений болезнями;
- 5) снижение количества сорняков как результат отсутствия увлажненных междурядий;
- 6) благодаря высокой равномерности распределения влаги и удобрений достигаются высокие показатели урожайности и качества овощей;
- 7) снижение зависимости получения высокого урожая от состояния почвы и погодных условий [2, 3].

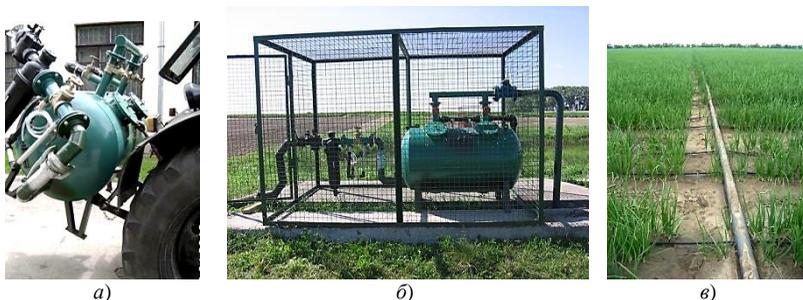
Таким образом, капельное орошение представляется наиболее эффективным способом полива по сравнению с традиционными, имею-

шими ряд существенных недостатков. Например, при дождевании и поливе по бороздам происходит перерасход воды, являющейся во многих регионах дефицитным ресурсом; нерационально используются дорогостоящие минеральные удобрения; земля после полива покрывается коркой, не пропуская кислород к корневой зоне растений, что требует дополнительного рыхления; капли воды попадают на листву, создавая своеобразные линзы, под которыми она получает ожоги, увеличивается риск появления фитофторы; из-за перенасыщения влагой в междурядьях увеличивается количество сорняков.

Основные элементы систем капельного полива

Система капельного полива, как правило, состоит из водозаборного узла, фильтрационной станции, узла внесения жидких и водорастворимых удобрений, регулятора давления, магистрального трубопровода и оросительных трубок с капельницами в виде микроводовыпусков (эмиттеров).

Один из важнейших элементов системы – фильтрационная станция (рисунок 81а и 81б) – предназначена для доведения качества воды до установленных параметров. В зависимости от наличия в поливной воде определенных примесей и величины орошаемой площади фильтрационная станция может включать сетчатые, дисковые, гравийные и гидрорциклонные фильтры.



а) в транспортном положении; б) в рабочем положении;
в) элемент модульного коллектора капельных трубок на поливе лука

Рисунок 81 – Моноблок фильтростанции

Регулятор давления служит для поддержания постоянного давления в оросительных трубках согласно паспортным данным. Оросительные трубки – капельные линии, укладываемые параллельно друг другу (согласно технологии) и соединенные посредством коллектора (рисунок 81в) с магистральным трубопроводом. В настоящее время существует множество моделей трубок, различающихся по толщине стенок, диаметру, расстоянию между эмиттерами для различных условий выра-

щивания сельскохозяйственных культур (таблица 22) [4]. Эмиттеры (капельные увлажнители) в зависимости от конструкции укреплены на трубках или составляют с ними единое целое. Их назначение – обеспечить равномерность по длине трубки дозированного выпуска воды из трубопровода в небольших количествах. В настоящее время наиболее распространены виды капельниц: мембранные (Katif, O-tif, supertif), спиральные (Teau, driplex, lego, netafim), контурные (Eolos), ниточные (Rain-bird) и компенсированные (Rain-bird, Multibar).

Таблица 22 – Влияние параметров капельной ленты на полив

Параметр	Влияние на полив	Примечание
Толщина стенок	<ul style="list-style-type: none"> • толстые стенки увеличивают устойчивость к повреждениям при установке и защищают от животных; • позволяют эксплуатировать систему при более высоком рабочем давлении и давлении при промывке; • позволяют увеличить срок эксплуатации ленты 	Капельная лента с более толстыми стенками дороже и обычно используется на засоренных полях, при подпочвенном расположении ленты; лента с более тонкими стенками используется для культур, выращиваемых один сезон
Расстояние между эмиттерами	<p>Небольшое расстояние между эмиттерами используется:</p> <ul style="list-style-type: none"> • для больших поливных норм; • при прорастании семян; • на легких почвах для их лучшего увлажнения. <p>Большое расстояние между эмиттерами используется там, где необходимы небольшие расходы поливной воды, без увеличения риска забивания эмиттеров</p>	Выбор расстояния между эмиттерами зависит от структуры почвы и технологии выращивания сельскохозяйственной культуры
Номинальный расход воды	<p>Большой расход воды необходим:</p> <ul style="list-style-type: none"> • на песчаных почвах для лучшего их увлажнения; • для снижения риска забивания эмиттеров. <p>Маленький расход позволяет улучшить увлажнение более тяжелых почв</p>	Выбор номинального расхода зависит от возможностей источника воды, длины капельной ленты, структуры почвы, выращиваемой сельскохозяйственной культуры
Диаметр	Большой диаметр позволяет использовать капельную ленту большей длины	Капельная лента с большим диаметром более дорогостоящая

Важным элементом системы капельного орошения является удобрительный узел, который предназначен для дозированного внесения

удобрений и средств защиты растений от почвенных вредителей. Удобрительный узел, как правило, используют в виде инжектора, который отличается простотой и надежностью.

Совместное нормированное внесение в почву воды и удобрений является одним из условий получения высоких и качественных урожаев сельскохозяйственных культур. Использование систем капельного орошения одновременно с подачей раствора удобрений (фертигация) позволяет постоянно поддерживать оптимальную влажность почвы, что приводит к более высокому коэффициенту усвоения удобрений растениями. Система позволяет вносить сбалансированное количество азота, фосфора, калия и микроэлементов с учетом фаз роста и сезонных потребностей растений.

Особенности применения фертигации в системах капельного полива

Фертигация предполагает соблюдение определенных требований к применению удобрений. Необходимо использовать только полностью растворимые удобрения высокой химической чистоты, их состав должен соответствовать потребностям растений и быть совместимым с гербицидами и пестицидами. Правильно рассчитанный и приготовленный маточный раствор обеспечивает надежную работу растворного узла и создает условия полноценного питания растений. Составить питательный раствор можно двумя способами: на основе комплексных удобрений или используя исключительно простые. Очень важно при подборе удобрений учитывать, что они должны быть полностью водорастворимыми и не должны содержать балластных примесей [5].

Многие зарубежные производители выпускают комплексные водорастворимые удобрения, специально предназначенные для систем капельного орошения (таблица 23).

Таблица 23 – Комплексные водорастворимые удобрения с микроэлементами «Лифдрип»

Удобрение «Лифдрип»	Содержание, %										
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	SO ₃	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo
Универсал	20,0	20,0	20,0	1,0	1,5	0,010	0,016	0,007	0,001	0,005	0,001
Урожай	10,0	8,0	42,0	1,0	3,0	0,025	0,035	0,015	0,003	0,015	0,003
Рост	15,0	8,0	25,0	3,5	9,0	0,025	0,035	0,015	0,003	0,015	0,003
Бор	16,0	6,0	28,0	2,0	7,0	–	–	–	–	0,030	–

Преимущества полностью растворимых в воде удобрений: содержат полный комплекс макро- и микроэлементов; обеспечивают сбалансированное питание по периодам роста и развития растений; обеспечивают повышение урожайности и улучшение качества выращенной продукции; увеличивают устойчивость растений к неблагоприятным факторам окружающей среды; не вызывают ожогов листьев, т. к. не содержат натрия,

хлора и других примесей; микроэлементы находятся в хелатной форме; обеспечивают высокую степень усвоения элементов растениями за счет эффективной хелатной формы; не оставляют солевого налета на листьях.

Для некоторых овощных культур отечественные жидкие удобрения, которые также можно использовать при подкормке растений вместе с поливной водой (таблица 24), разработаны в РУП «Институт почвоведения и агрохимии», входящем в состав Научно-практического центра по земледелию НАН Беларуси.

Таблица 24 – Содержание микроэлементов в комплексных водорастворимых удобрениях отечественного производства для различных культур

Культура	Содержание, %									
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na	B	Mn	Zn	Mo	Cu	Co
Свекла	8	4	9	1	0,15	0,1	–	–	–	–
Капуста	8	4	9	–	0,15	–	0,15	0,01	–	–
Морковь	8	4	9	–	0,15	–	–	–	0,1	0,001

В известных расчетах при проектировании системы капельного полива не учитывается влияние реологических свойств применяемых жидких удобрений на качество орошения и подкормки. Тем не менее, наши исследования показывают, что при изменении температуры и давления в системе изменяются вязкость и плотность удобрения. Это, в свою очередь, влияет на процесс подачи питательного раствора в систему, а следовательно, и на концентрацию удобрений в поливной воде, на движение воды с растворенными в ней удобрениями по капельной ленте и ее истечение через эмиттеры.

Необходимо при расчете расхода питательного раствора через эмиттер ввести коэффициент изменения плотности удобрений в зависимости от температуры окружающей среды. Численные значения коэффициентов изменения плотности удобрений в зависимости от температуры окружающей среды для различных удобрений определяются опытным путем.

Выводы

Применение систем капельного орошения изменило современный подход к комплексу вода – почва – растение на фоне дозированного полива и режима питания, а также способствовало новому подходу в области орошения в целом. При этом основой получения высокого урожая сельскохозяйственных культур является выбор оптимального водного и питательного режимов.

В развитых странах мира системы капельного полива растений применяются уже несколько десятилетий, и за это время было создано множество нового оборудования для реализации такого способа полива, накоплен богатый практический и теоретический опыт.

Так как реологические свойства применяемых удобрений влияют на качество полива и подкормки сельскохозяйственных культур, в расчетах систем капельного орошения необходимо учитывать коэффициент, показывающий изменение плотности удобрения в зависимости от температуры окружающей среды.

25.08.2014

Литература

1. Агродепартамент [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.agrodepartament.ru/drip.html>. – Дата доступа: 06.08.2008.
2. Национальный Интернет-портал Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sprinkler.narod.ru/oroshenie.htm>. – Дата доступа: 07.07.2008.
3. Григоров, М.С. Сравнительные достоинства различных способов полива / М.С. Григоров, В.А. Федосеева // Мелиорация сельскохозяйственных земель в XXI веке: проблемы и перспективы: доклады Междунар. науч.-практ. конф., г. Минск, 20–22 марта 2007 г. / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, Институт мелиорации. – Минск, 2007. – С. 109–112.
4. User Manual. Roberts Irrigation Products. – U.S.A., 2001. – 107 с.
5. Аутко, А.А. Овощеводство защищенного грунта / А.А. Аутко, Г.И. Гануш, Н.Н. Долбик. – Минск: Изд-во «ВЭВЭР», 2006. – 320 с.

УДК (631.95:573.6):631.147

**Э.К. Снежко, Н.Ф. Капустин,
С.А. Абрамчук**

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

**УТИЛИЗИРУЮЩИЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ
ФАКЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА
БИОГАЗОВЫХ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
УСТАНОВОК**

Введение

Во многих развитых странах органические отходы сельскохозяйственного производства (навоз всех видов животных, помет птиц и отходы растениеводства) используются как возобновляемый источник энергии (ВИЭ) и для получения качественных органических удобрений.

В аграрном секторе Республики Беларусь имеется огромный потенциал для успешного внедрения биогазовых энергетических комплексов (БГЭК). Из отходов ферм крупного рогатого скота (КРС), свиноводческих и птицеводческих комплексов ежегодно можно производить по биогазовой технологии анаэробного сбраживания более полутора миллиардов кубических метров биогаза. Срок окупаемости БГЭК – от 2 до 5 лет [1].

При использовании такого количества биогаза на когенерационных газовых установках (КГУ) БГЭК можно будет вырабатывать порядка 3,4 млрд кВт·ч электрической энергии и 5,6 млн Гкал тепловой и получать качественные органические удобрения, повышающие урожайность сельскохозяйственных культур. Кроме того, использование БГЭК улучшит экологическую обстановку вблизи ферм и птицефабрик.

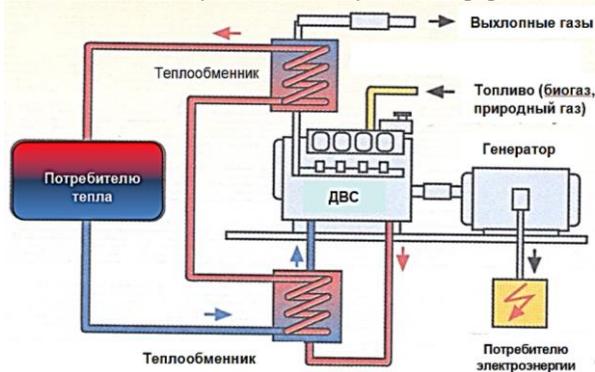


Рисунок 82 – Структурно-технологическая схема работы КГУ для БГЭК

Главным преимуществом когенерационных газовых установок (КГУ) БГЭК, схема работы которых показана на рисунке 82, является высокий коэффициент эффективности производства электрической и тепловой энергии, а также значительная эконо-

номия топлива по сравнению с отдельным производством каждой из них, что имеет немалое влияние на экологию и экономику производства.

Однако в процессе анаэробного сбраживания органических отходов в метантенках (биореакторах БГЭК) в зависимости от состава и качества исходного биологического сырья могут возникнуть излишки вырабатываемого биогаза в газгольдере метантенка, которые не смогут израсходовать энергетические КГУ из-за ограниченности своей мощности. Излишки биогаза могут возникнуть также в случаях профилактического обслуживания или возникшей аварийной ситуации с прекращением работы энергетических блоков установки.

В таких случаях через предохранительные клапаны метантенков (ферментеров) излишки биогаза должны быть выпущены в атмосферу, и количество таких вредных выбросов (даже если взять один процент этих выбросов от предполагаемого ежегодного производства в нашей стране биогаза) может составить около 25 млн м³. В этих выбросах, по оценкам специалистов, может содержаться до 18 млн м³ метана, что по экологически причиняемому ущербу эквивалентно 378 млн м³ углекислого газа. Если к этому добавить огромное количество биогаза, выпускаемого в атмосферу многочисленными полигонами твердых бытовых отходов (ТБО), то может получиться весьма внушительная цифра.

Автоматизированное факельное устройство УАФ-1 как утилизатор вредных выбросов метансодержащих газов в атмосферу

Таким образом, обязательным элементом в обслуживании БГЭУ, как показал мировой опыт их эксплуатации, является наличие устройства автоматизированного факельного (УАФ), позволяющего производить экологически чистую утилизацию излишков вырабатываемого БГЭУ биогаза путем его полного сжигания [1–2].



Рисунок 83 – Общий вид автоматизированного факельного устройства

На рисунке 83 изображен типичный модуль автоматизированного факельного устройства с расходом биогаза порядка $200 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Мировая практика показала экономическую нецелесообразность оснащения УАФ котлами для выработки тепловой энергии, поскольку такое оборудование будет использоваться периодически и не сможет окупить расходов на его изготовление и установку.

В то же время не так давно в Российской Федерации появился ряд патентов и статей о путях бездымного сжигания сбросных газов с переводом части факельного тепла в электричество путем использования эффекта возникновения напряжения на стыке двух различных металлов при разных температурах – «эффекта Зеебека» [3].

Простота и относительно небольшая стоимость таких встроенных в УАФ термических преобразователей сопротивления позволяют говорить о том, что в недалеком будущем даже периодическое получение электроэнергии с помощью УАФ позволит сократить сроки их окупаемости, рассчитываемые в настоящее время лишь по критериям экологического характера. Это касается также постоянно действующих УАФ, обслуживающих свалки твердых бытовых отходов (ТБО).

Как уже отмечалось, при сжигании (утилизации) биогаза его отрицательное влияние на экологическое состояние нашей планеты, в частности парниковый эффект, резко снижается на порядок по сравнению с прямым выбросом биогаза (метана) в атмосферу. Свеча УАФ обеспечивает почти полное сжигание биогаза, при этом содержание веществ в продуктах его сгорания соответствует европейским нормам: $\text{NO}_x \leq 100 \text{ мг}/\text{м}^3$; $\text{CO} \leq 50 \text{ мг}/\text{м}^3$; $\text{C}_n\text{H}_m \leq 10 \text{ мг}/\text{м}^3$.

Согласно заданию отраслевой программы ОНТП «Импортозамещающая продукция», нами совместно со специалистами ОДО «МИГ» разработан и испытан опытный образец устройства автоматизированного факельного УАФ-1 для БГЭУ. УАФ-1 надежно работает при давлении биогаза в системе от 100 до 10000 мм в.ст. и обеспечивает расход временно сжигаемого биогаза до 250 м³/ч с минимальным выбросом токсичных веществ в атмосферу.

В настоящее время на большинстве действующих импортных БГЭК, расположенных на территории Республики Беларусь, нет УАФ с автоматизированным поджигом биогаза, надежно работающих в пределах всего диапазона изменений химического состава биогаза. Исследовав данную проблему, наши специалисты разработали опытный образец УАФ-1, который изготавливается в виде отдельной конструкции, вынесенной за пределы ферментеров на взрывобезопасное расстояние. УАФ-1 включает в себя специальное стабилизирующее устройство, предотвращающее возможный отрыв пламени свечи в случае снижения скорости распространения пламени; огнепреградитель (отсекатель пламени), предотвращающий проскок пламени при случайном увеличении содержания кислорода; напорный вентилятор и автоматизированную систему поджига биогаза. На рисунке 84 показана схема расположения основных элементов УАФ-1.

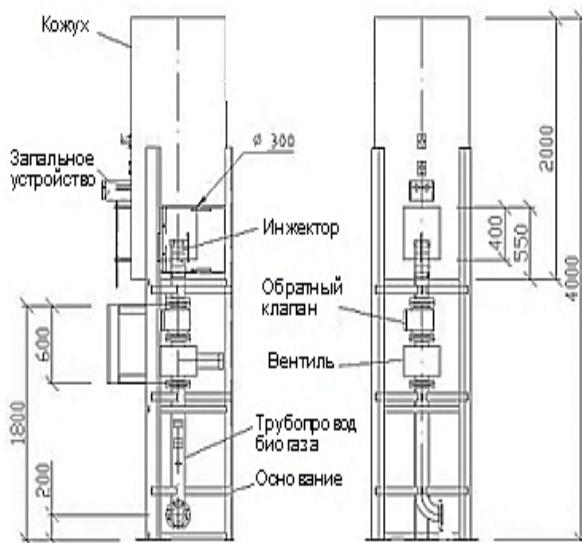


Рисунок 84 – Схема расположения сборочных единиц автоматизированного факельного устройства

Проблема эффективного сжигания биогаза в настоящее время весьма актуальна. Например, учеными из Института газа НАН Украины в результате экспериментальных исследований горения биогаза при различных режимах были сделаны следующие основные выводы [4]:

1. В связи со склонностью к отрыву пламени биогаз имеет меньший диапазон регулирования горелочного устройства, чем при сжигании природного газа.

2. При сжигании биогаза выбросы оксидов азота (NO_x) уменьшаются в среднем в два раза.

3. Использование биогаза при наличии в нем сероводорода (H_2S) требует применения коррозионно-устойчивых материалов для изготовления деталей горелочного устройства.

Разработанное нами УАФ-1 состоит из следующих конструктивных узлов (сборочных единиц): узла подачи биогаза, устройства розжига биогаза, вентилятора напорного, запорной арматуры, основания устройства и камеры сгорания.

УАФ-1 укомплектован также шкафом управления, обеспечивающим контроль параметров безопасности (давление мин./макс. газа, контроль наличия пламени, контроль герметичности), контроль технологических параметров и управление процессом сжигания биогаза.

Автомат контроля герметичности ТС 410-1Т установлен для определения герметичности газовых клапанов и обеспечения безопасности розжига. Автомат контроля герметичности ТС в соответствии с сигналом датчика-реле давления DG определяет наличие или отсутствие газа в области между двумя запорными клапанами и в зависимости от этого выдает сигнал разрешения / запрета на работу всей установки в целом до начала или после окончания работы УАФ.

Принцип работы УАФ следующий: излишки биогаза поступают по наружному газопроводу к входу в напорный вентилятор. Шаровой кран перед вентилятором должен быть открыт. При достижении установленного минимума давления рабочей среды замыкаются контакты датчика-реле давления газа, и таким образом дается команда автомату контроля герметичности ТС на начало тестирования. Алгоритм тестирования жестко запрограммирован в автомате ТС и изменению обслуживающим персоналом не подлежит. После окончания тестирования автомат контроля герметичности выдает автомату управления горением сигнал на начало работы. При условии соответствия давления газа установленным параметрам ($\pm 10\%$ от номинального значения) автомат управления горением обеспечивает последовательность, взаимосвязь и контроль работы всех автоматизированных элементов технологической цепи УАФ. Вентилятор под давлением подает биогаз через электромагнитные клапаны, компенсатор и систему трубопроводов к горелочному устройству.

С помощью электродов розжига и трансформатора розжига происходит воспламенение биогаза в горелочном устройстве.

В УАФ пуск не может быть осуществлен в следующих случаях:

- при отсутствии электроэнергии;
- при отклонении величины давления газа за основным запорным органом на $\pm 10\%$ от номинального значения;
- при нарушении герметичности быстродействующего запорного топливного органа горелки.

При отказе запального устройства во время пуска обеспечивается защитное выключение горелки.

В УАФ не допускается подача биогаза в горелку, пока не включено запальное устройство, обеспечивающее надежное зажигание основной горелки.

Устойчивость пламени обеспечивается конструкцией горелки. Наличие пламени в горелке контролируется с помощью автомата управления горением, который функционирует при любой тепловой мощности горелки в пределах диапазона регулирования.

Автоматика УАФ обеспечивает защитное выключение горелки, если при ее розжиге не произойдет воспламенения топлива в течение не более 3 с.

При работе УАФ защитное выключение горелки обеспечивается в следующих случаях:

- при погасании контролируемого пламени;
- при прекращении подачи электроэнергии;
- при повышении или понижении давления газа на входе более чем на $\pm 10\%$ относительно номинального значения.

После устранения причины аварии запуск горелки осуществляется оператором по программе автомата управления горением (функция самопроизвольного повторного пуска не предусмотрена).

Автоматикой УАФ-1 предусмотрено, что при защитном выключении УАФ из-за прекращения подачи электроэнергии самопроизвольного возобновления подачи энергии к УАФ не произойдет.

Автомат управления горением реагирует только на пламя контролируемой им горелки и не реагирует на посторонние источники света или тепла.

При пропадании пламени происходит защитное выключение горелки в течение не более двух секунд.

К тому же система контроля пламени обеспечивает защитное выключение горелки, если происходит срыв контролируемого пламени. При этом время защитного отключения подачи газа составляет не более двух секунд.

Важным условием работы УАФ является то, что прекращение подачи электроэнергии к газовому автоматическому запорному органу от

внешнего источника вызывает его закрытие. Он закрывается без дополнительного подвода энергии от внешнего источника.

Время закрытия электромагнитных клапанов при отключении электропитания должно быть менее одной секунды.

В перспективе, с ростом в нашей республике количества БГЭК и их мощностей, подобно уже созданной отечественной мобильной диагностической лаборатории для обслуживания БГЭК, планируется разработка мобильной факельной установки (на базе имеющегося модуля УАФ) для оперативного обслуживания всех БГЭК.

Выводы

Обязательным элементом в обслуживании БГЭУ, как показал мировой опыт их эксплуатации, является наличие устройства автоматизированного факельного (УАФ), позволяющего производить экологически чистую утилизацию излишков вырабатываемого БГЭУ биогаза путем его полного сжигания.

Мировая практика показала экономическую нецелесообразность оснащения УАФ котлами для выработки тепловой энергии, поскольку такое оборудование будет использоваться периодически и не сможет окупить расходов на изготовление и установку такого теплотехнического оборудования. При сжигании (утилизации) биогаза его отрицательное влияние на экологическое состояние нашей планеты резко снижается, в частности по парниковому эффекту снижается на порядок по сравнению с прямым выбросом биогаза (метана) в атмосферу. Свеча УАФ обеспечивает полное сжигание биогаза, при этом содержание веществ в продуктах сгорания биогаза соответствует европейским нормам.

Разработанное нами УАФ-1 состоит из следующих конструктивных узлов (сборочных единиц): шкафа управления, узла подачи биогаза, устройства розжига биогаза, вентилятора напорного, запорной арматуры, основания устройства и камеры сгорания.

Автоматика УАФ обеспечивает защитное выключение горелки, если при ее розжиге не произойдет воспламенения топлива в течение не более 3 с, а также выполняет целый ряд других защитных функций.

В перспективе, с ростом в нашей республике количества БГЭК и их мощностей, для обслуживания БГЭК планируется разработка мобильной факельной установки (на базе имеющегося модуля УАФ) для оперативного обслуживания всех БГЭК.

25.08.2014

Литература

1. Сигал, И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива / И.Я. Сигал. – Л.: Недра, 1988. – С. 313.
2. Зорг Биогаз [Электронный ресурс]. – Киев, 2014. – Режим доступа: http://zorgbiogas.ru/o-kompaii/novosti-kompaii/article_20_27-1_3. – Дата доступа: 18.07.2014.

3. Мусаев, А.М. Пути бездымного сжигания сбросных газов с переводом части факельного тепла в электричество / А.М. Мусаев, Р.Г. Сафиуллин // Известия КазГАСУ. – 2011. – № 2 (16). – С. 157–161.
4. Экспериментальное исследование горения биогаза и его использование в промышленных котлах / И.Я. Сигал [и др.] // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology. – 2013. – № 17 (139). – С. 84–89.

УДК (631.95:573.6):631.147

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

ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ БИОГАЗОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Введение

В настоящее время в Республике Беларусь эксплуатируется 15 биогазовых энергетических комплексов (БГЭК), при этом, в соответствии с постановлением Совета Министров РБ от 9 июня 2010 г. № 885, к 2015 году в республике должно быть сдано в эксплуатацию 39 БГЭК. Так что в будущем ежегодно будет происходить только наращивание мощностей этих энергоэффективных установок, использующих биогаз как возобновляемый источник энергии (ВИЭ).

Во многих высокоразвитых странах органические отходы сельскохозяйственного производства (навоз всех видов животных, помет птиц и отходы растениеводства) рассматриваются как исходный продукт для выработки биогаза (перспективного и постоянно возобновляемого источника электроэнергии и тепла) и сырьевая база для получения высококачественных органических удобрений [1–4].

В масштабах РБ насчитывается свыше 6300 комплексов крупного рогатого скота (КРС), свыше 100 свиноводческих комплексов и 48 птицеводческих комплексов. Из отходов этих хозяйств ежегодно можно производить по биогазовой технологии анаэробного сбраживания как минимум 1700 млн m^3 биогаза в течение года переработки только навозных стоков ферм и куриного помета птицефабрик.

При получении такого количества биогаза можно будет вырабатывать на когенерационных установках БГЭК порядка 3 млн $MВт\cdot ч$ электрической энергии и 5 млн $Gкал$ тепловой, что будет способствовать ежегодной экономии около 1 млн t условного топлива.

Дополнительный экономический и экологический эффект от применения данной технологии – повышение урожайности сельскохозяйственных культур на 20 % (по сравнению с использованием несброженного навоза) в результате внесения качественных органических удобрений и улучшение экологической обстановки в местах работы ферм, птицефабрик и в целом по стране.

В настоящее время все комплектующие БГЭК закупаются за рубежом у ведущих фирм-производителей данного вида продукции. Однако с ростом количества вводимых в эксплуатацию комплексов с целью снижения стоимости оборудования и поддержки отечественных производителей Правительством Республики Беларусь поставлена задача: максимально использовать импортозамещающее оборудование, в частности разработать отечественные аналоги энергетических, дозировочно-загрузочных, программно-аппаратных, технико-диагностических, клапанно-предохранительных, газоочищающих, газоосушающих и газутилизирующих средств для БГЭУ. Детально рассмотрим эти средства (виды импортозамещающего оборудования).

Энергетические средства.

Когенерационные установки КГУ-250 для БГЭК

Ограниченное количество природных запасов первичных энергоносителей и необходимость охраны окружающей среды заставляют энергетиков применять все более экономичные и экологичные технологии. В процессах электро- и теплообеспечения все шире используется комплексный метод одновременной трансформации энергии теплоносителя в электричество и тепло с помощью когенерационных установок.

Сегодня когенерационные системы занимают все более активные позиции в производстве электроэнергии и тепла. В отличие от отдельно используемых электрических установок и тепловых котлов номинальный КПД лучших образцов когенерационных установок может достигать 80–90 %. Использование когенерационных установок при производстве энергии и тепла дает экономию топлива до 40 %. Это означает, что за такое же количество энергии потребитель заплатит только 60 % средств или из такого же количества топлива получит почти в два раза больше энергии, часть которой он может продавать, чем дополнительно снизит собственные затраты. В зависимости от мощности установки и способа ее эксплуатации окупаемость когенерационных установок составляет около 2–4 лет при сроке работы до капитального ремонта 60 000 часов (приблизительно 7,5 лет). Таким образом, когенерационные установки являются новым этапом в развитии электро- и теплоэнергетики. На рисунке 85 показана структурно-технологическая схема получения биогаза на БГЭК с выработкой энергии на когенерационной газовой установке (КГУ) в п. Зазерье.

Нами совместно с головным исполнителем (ОАО «Витязь») была разработана с целью постановки на производство когенерационная газовая установка КГУ-250 мощностью 250 кВт (рисунок 86) для децентрализованного обеспечения электрической и тепловой энергией сельскохозяйственных и других потребителей, позволяющая значительно снизить стоимость тепловой и электрической энергии по сравнению

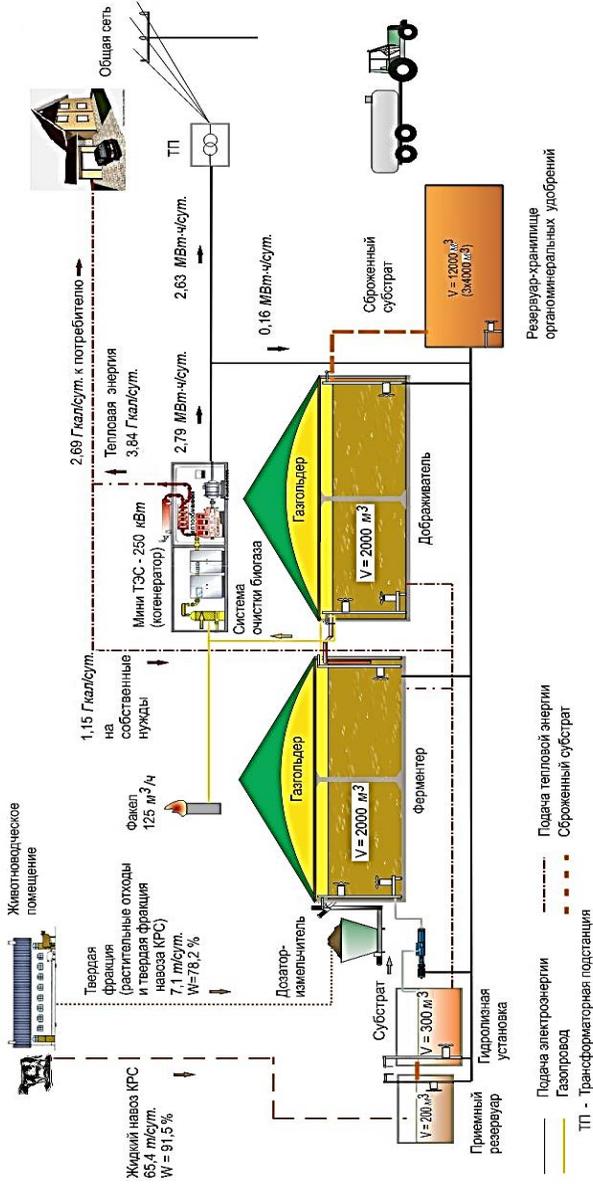


Рисунок 85 – Плотный проект БГЭК «Зазерье» мощностью 250 кВт

с их стоимостью при централизованном производстве. Выполнение задания было определено постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 9 декабря 2010 г. № 1793 «Об утверждении плана мероприятий по разработке и освоению производства оборудования и комплектов для биогазовых комплексов».

Впервые в нашей стране создан отечественный модуль – когенерационная установка мощностью 250 кВт , работающая на разнообразном по химическому составу газообразном топливе (биогаз, природный газ) и являющаяся надежной автономной системой электро- и теплоснабжения сельскохозяйственных потребителей. При этом обеспечивается экологичность и экономичность за счет оптимального преобразования энергии. Для БГЭК с большей выработкой биогаза (например, $250 \text{ м}^3/\text{ч}$) можно задействовать 2 модуля КГУ-250.

Техническая характеристика когенерационной газовой установки КГУ-250:

- номинальная мощность: электрическая – 250 кВт , тепловая – 280 кВт ;
- коэффициент полезного действия: электрический – $36,8 \%$, тепловой – $45,0 \%$; суммарный – $81,8 \%$;
- расход топлива при номинальной мощности: при теплоте сгорания 25 МДж/кг (биогаз) – $125 \text{ м}^3/\text{ч}$, при теплоте сгорания 35 МДж/кг (природный газ) – $65 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- максимальный расход масла – $0,4 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$.



Рисунок 86 – Когенерационная газовая установка КГУ-250 (вид сбоку)

КГУ-250 разработана в рамках задания ГНТП «Машиностроение». К этой же программе относится и дозатор-загрузчик для БГЭК (рисунок 87а).

Дозатор-загрузчик и комплект программно-аппаратных средств систем автоматического управления биогазовыми установками КоПАС САУБУ

Для обеспечения бесперебойной работы БГЭК планируется разработка и освоение производства в ОАО «Бобруйскагромаш» отечественных дозаторов-загрузчиков твердого сырья в ферментеры БГЭК стационарного типа с электрическим приводом (объем бункера – 8 м^3 , потребляемая мощность – 15 кВт).

Дозатор-загрузчик (рисунок 87а) имеет производительность не менее 16 т/ч основного времени и потребляемую мощность 2х4,0 кВт.



а)



б)

Рисунок 87 – Дозатор-загрузчик (а) и шкаф управления КоПАС САУБУ (б)

Совместно с ОАО «Измеритель» (головная организация) и ОАО «Рамтэкс» по заданию ГНТП «Радиоэлектроника-2» (подпрограмма «Радиоэлектронная аппаратура общепромышленного назначения») завершается разработка и идет подготовка производства комплекса программно-аппаратных средств системы автоматического управления биогазовыми установками КоПАС САУБУ. На рисунке 87б изображен шкаф управления комплексом. Этот комплекс позволяет управлять биогазовой установкой с момента загрузки сырья до получения биогаза, его хранения и передачи в когенерационную установку для децентрализованного обеспечения электрической и тепловой энергией сельскохозяйственных и других потребителей. Впервые создана комплексная отечественная система управления БГЭУ для использования на современных сельскохозяйственных животноводческих объектах. При этом обеспечивается экологичность и экономичность БГЭУ за счет оптимального преобразования энергии и получения чистого удобрения.

Разработанный комплекс позволяет выполнять на основе анализа информации, получаемой от различных датчиков (температуры, уровня, давления, влажности и др.), управление в автоматическом режиме несколькими системами БГЭУ. К ним относятся система подготовки сырья, управление реактором (ферментером), система подогрева реактора, система перемешивания массы в реакторе, управление газгольдером (емкостью для накопления и временного хранения биогаза), система подачи и аварийного поджига биогаза и система слива переработанного сырья.

Для бесперебойного функционирования БГЭУ автоматика комплекса под управлением промышленного контроллера или ПЭВМ контролирует основные параметры и поддерживает заданную температуру и интенсивность реакции. На основании показаний датчиков (по определенному алгоритму для конкретного вида сырья) обеспечивается автоматическое включение и выключение следующих систем: системы подогрева, системы перемешивания, сигнализации о начале и конце залива и слива сырья и других необходимых регуляторов технологических процессов. Для упрощения мониторинга за работой всей БГЭК организовано дистанционное управление по каналам GPRS-связи.

Мобильная лаборатория для диагностики БГЭК

По программе ГНТП «Агропромкомплекс – устойчивое развитие» на 2011–2015 годы нами разработана мобильная лаборатория с комплектом оборудования по технологическому, техническому обслуживанию и диагностике БГЭК (рисунок 88а).



а)



б)

Рисунок 88 – Мобильная лаборатория с комплектом оборудования по технологическому, техническому обслуживанию и диагностике БГЭК (а) и вид в плане на предохранительные клапаны для ферментеров БГЭК (б)

Мобильная лаборатория позволит обеспечить определение состава биогаза, влажности, зольности и кислотности исходного и сброживаемого в метантенках субстрата, герметичности газопроводов, метантенков и системы их отопления, состояния перемешивающих устройств, а также проведение работ по техническому и технологическому обслуживанию БГЭК.

Соисполнителями данного задания выступили РО «Белагросервис» и УО «БГАТУ».

Мобильная лаборатория успешно прошла приемочные испытания и подготавливается к освоению в производстве.

Предохранительный клапан для ферментера (метантенка) БГЭК

Для защиты оборудования ферментеров (метантенков) от избыточного и вакуумметрического давления необходимо устанавливать на них предохранительные клапаны (см. рисунок 88б), которые в автоматическом режиме обеспечат выпуск излишков биогаза с давлением сверх установленного и впуск атмосферного воздуха в ферментер при образовании давления ниже установленного. Использование предохранительного клапана позволит поддерживать давление в ферментере в рабочих пределах.

Разработка и освоение производства предохранительных клапанов планируется в рамках задания ОНТП «Импортозамещающая продукция». Впервые будет создан отечественный предохранительный клапан для использования на БГЭК с производительностью каждого ферментера до $250 \text{ м}^3/\text{ч}$ биогаза. Устройство будет надежно работать в любых погодных и климатических условиях Республики Беларусь. Будет также разработана методика проведения испытания предохранительного клапана для ферментера БГЭК.

Техническая характеристика предохранительного клапана (см. рисунок 88б):

- регулируемый диапазон срабатывания клапана: при избыточном давлении в газгольдере от 0,5 до 5 мбар; при вакуумметрическом давлении от 0,5 до 1,0 мбар;
- пропускная способность предохранительного клапана: при избыточном давлении – до $300 \text{ м}^3/\text{ч}$; при вакуумметрическом – до $100 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Средства для очистки биогаза от сероводорода, для его осушки и утилизации в штатной ситуации при возникновении излишков



Рисунок 89 – Общий вид десульфуризатора для очистки биогаза от сероводорода

В рамках задания ОНТП «Импортозамещающая продукция» планируется разработка трех заданий (третье уже выполняется) по очистке, осушке и утилизации биогаза на БГЭК и освоение производства следующих изделий:

- 1) десульфуризатора (рисунок 89), предназначенного для очистки биогаза от сероводорода перед его подачей в

когенерационный блок БГЭК;

2) установки для осушки биогаза (рисунок 90а) перед его подачей в КГУ-250 или другое газоиспользующее оборудование.



Рисунок 90 – Общий вид установки для осушки биогаза (а) и устройства автоматизированного факельного (б) для утилизации излишков биогаза в нештатной ситуации

Техническая характеристика установки:

- объемный расход биогаза – до $500 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- температура воздуха на входе – макс. $40 \text{ }^\circ\text{C}$;
- температура газа на выходе – $40 \text{ }^\circ\text{C}$;
- потери давления, Δp , – 10 mbar ;
- количество конденсата – $26,2 \text{ л/ч}$;

3) устройства автоматизированного факельного УАФ-1 (рисунок 90б).

Устройство автоматизированное факельное позволяет предотвратить выбросы парникового газа (метана) в окружающую среду при эксплуатации биогазовых комплексов и полигонов твердых бытовых отходов за счет автоматизированного дожигания метаносодержащих выбросов биогаза.

Техническая характеристика УАФ-1:

- мощность БГЭК, обслуживаемого одним модулем УАФ-1 – до 500 кВт ;
- расход дожигаемого биогаза – до $250 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- давление биогаза перед горелкой – $0,05 \text{ атм.}$;
- высота мачты УАФ-1 – до 4 м ;
- содержание веществ в продуктах сгорания биогаза: NO_x – до 100 мг/м^3 ; CO – до 50 мг/м^3 .

Выводы

Рассмотренный в статье ряд позиций импортозамещающего оборудования для комплектации биогазовых энергетических комплексов установками и устройствами отечественного производства предназначен уменьшить импортосодержащую составляющую закупаемых за рубежом комплектов биогазового энергетического оборудования и стимулировать отечественного производителя продукции для нужд сельского хозяйства в нашей стране и в странах СНГ. К такому оборудованию относятся: когенерационная биогазовая установка КГУ-250, мобильная лаборатория с комплектом оборудования по технологическому, техническому обслуживанию и диагностике БГЭК, комплекс программно-аппаратных средств системы автоматического управления биогазовыми установками (КоПАС САУБУ), устройство автоматизированное факельное для утилизации излишков биогаза УАФ-1, дозатор-загрузчик производительностью не менее 16 т/ч основного времени, предохранительный клапан для ферментеров БГЭК, десульфуризатор для очистки биогаза от сероводорода и установка для осушки биогаза.

18.08.2014

Литература

1. Сигал, И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива / И.Я. Сигал. – Л.: Недра, 1988. – С. 313.
2. Зорг Биогаз [Электронный ресурс]. – Киев, 2014. – Режим доступа: http://zorgbiogas.ru/o-kompaai/novosti-kompaai/article_20_27-1_3. – Дата доступа: 18.07.2014.
3. Мусаев, А.М. Пути бездымного сжигания сбросных газов с переводом части факельного тепла в электричество / А.М. Мусаев, Р.Г. Сафиуллин // Известия КазГАСУ. – 2011. – № 2 (16). – С. 157–161.
4. Экспериментальное исследование горения биогаза и его использование в промышленных котлах / И.Я. Сигал [и др.] // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology. – 2013. – № 17 (139). – С. 84–89.

УДК 663/664:641

**Н.П. Луговая, И.В. Требухин,
Т.А. Лапко**

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

**ХРАНЕНИЕ
ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ
В ВАКУУМНОЙ УПАКОВКЕ**

Введение

Стратегия развития индустрии продовольствия республики на современном этапе ставит принципиально новые задачи перед промышленностью и наукой. Главная задача на ближайшую перспективу – обес-

печить качество пищевой продукции и ее соответствие действующим медико-биологическим требованиям. В то же время переход к рыночным отношениям диктует необходимость создания конкурентоспособной продукции из отечественного сырья.

В процессе хранения пищевых продуктов происходят химические и микробиологические изменения, катализаторами которых являются кислород, свет и температура среды, в которой хранится продукция. Под воздействием кислорода продукты окисляются, в результате чего теряют свои питательные качества, ухудшается их внешний вид, и они портятся. Особенно чувствительны к окислению продукты, которые в ходе технологического процесса подвергаются операциям очистки, резки. Так, при производстве продуктов из картофеля в результате очистки, резки разрушается наружный слой клубней, который быстро темнеет на воздухе. При этом создаются благоприятные условия для взаимодействия легкоокисляющихся веществ с кислородом воздуха при катализирующем действии окислительных ферментов. Срок хранения такого картофеля непродолжительный. Продукты теряют свежесть и свои потребительские качества под воздействием перечисленных факторов.

Для устранения негативного влияния указанных факторов используются различные приемы и способы: удаление кислорода, применение защитных газов, замораживание продуктов и другие.

Одним из наиболее доступных способов, получивших широкое распространение в последнее время, является упаковывание продуктов, при котором кислород удаляется с помощью вакуума, что позволяет избежать его вредного влияния на пищевые продукты и тем самым увеличить их срок хранения.

В настоящее время практически нет отрасли сельского хозяйства, транспорта и торговли, в которых не использовались бы различные виды тары, не требовалось бы упаковывания сырья, полуфабрикатов, готовых изделий как в процессе производства, так и при транспортировании, хранении и реализации. Свыше 95 % всех производимых продуктов и изделий упаковывается различными способами с использованием традиционных и новых видов упаковочных материалов.

При упаковывании пищевых продуктов основным требованием, предъявляемым к упаковке и способу упаковывания, является сохранение качества и количества упаковываемого продукта, его потребительских свойств в течение определенного времени и при заданных условиях транспортировки и хранения (до момента его потребления).

Наличие упаковки предотвращает или понижает степень неблагоприятного воздействия внешних факторов на продукт (свет, температура и влажность окружающей среды, кислород воздуха, механические и химические загрязнения), которые способны затормозить или активизировать физические, химические и микробиологические процессы в пище-

вых продуктах, снижает усушку, окислительные изменения, потери или поглощение летучих ароматических веществ, возможность механических повреждений и т. д. Тара является барьером между продуктом и внешними факторами окружающей среды.

В последние несколько лет на рынке наблюдается стремительный рост спроса на различные виды полуфабрикатов. Этому способствует изменение привычек потребителей. В условиях ускоряющегося ритма жизни покупатели все более ориентированы экономить время на домашнем приготовлении пищи: продукт должен быть или готов к употреблению, или требовать минимум времени для приготовления или разогрева. Этому в наибольшей мере отвечают продукты и полуфабрикаты, упакованные в различные виды упаковки.

Развитие промышленного производства полуфабрикатов имеет большое значение, так как обеспечивает, с одной стороны, значительную экономию продовольственных ресурсов за счет снижения потерь сельскохозяйственной продукции, а с другой – сбалансированное питание в течение года и сокращение труда на домашнее приготовление пищи.

Результаты исследований и их обсуждение

Технология вакуумирования, применяемая при упаковке широкого ассортимента пищевых продуктов, позволяет значительным образом не только увеличить сроки их хранения, но и надежно защитить от потери вкусовых и ароматических качеств, а также придать упакованным продуктам оптимальный эстетический вид.

Благодаря вакуумной упаковке, сохраняются первоначальный цвет свежих плодов и овощей, их вкусовые качества, биологически активные вещества и питательная ценность.

К преимуществам вакуумной упаковки продуктов можно отнести:

- ◆ увеличение срока хранения продуктов;
- ◆ предохранение продуктов от окисления, брожения, высыхания, ожогов морозильной камеры;
- ◆ сохранение питательных качеств;
- ◆ в вакуумной упаковке возможно созревание продуктов и сохранение их аромата;
- ◆ вакуумная упаковка сохраняет внешний вид продуктов;
- ◆ обеспечивает гигиену;
- ◆ на порядок увеличивает скорость и улучшает качество маринования продуктов. Так, в обычных условиях требуется не менее трех часов для просолки и пропитки продуктов, а в условиях «без воздуха» будет достаточно и получаса;
- ◆ дает возможность заранее и легко расфасовать продукты на порции.

В Западной Европе упакованные под вакуумом продукты появились на прилавках европейских магазинов еще в 70-х годах прошлого века и в настоящее время пользуются повышенным спросом. Эти продукты востребованы на предприятиях общественного питания, в ресторанах, кулинарии. При этом сроки хранения достигают шести месяцев благодаря применению технологий предварительной подготовки сырья для производства полуфабрикатов.

В Республике Беларусь производство полуфабрикатов в вакуумной упаковке приобретает все большую популярность. На прилавках наших магазинов появился широкий ассортимент плодоовощной продукции, упакованной под вакуумом в различные виды полимерной упаковки. Это огурцы соленые, капуста квашеная в ассортименте, яблоки моченые, грибы маринованные и соленые, клюква свежая и др. Продукция пользуется повышенным спросом, обладает высокими потребительскими качествами и удобна в употреблении.

Опыт работы фирм и предприятий, производящих упакованную способом вакуумирования плодоовощную продукцию, показывает, что это выгодный и прибыльный бизнес. Затраты окупаются примерно через 3–5 месяцев после начала выпуска продукции при условии наличия качественного сырья и гарантированного сбыта готовой продукции.

Чтобы стать готовыми к употреблению, некоторые виды полуфабрикатов нуждаются в дополнительной обработке. Специалистами РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства» проведены исследования и разработана технология производства полуфабрикатов из картофеля, прошедших предварительную подготовку и упакованных под вакуумом. Такие картофелепродукты отличаются более длительным сроком хранения и готовы к употреблению после кратковременной тепловой обработки.

Для проведения исследований использовали картофель свежий сырьевой зоны РСДУП «Экспериментальная база «Зазерье» следующих сортов: Атлант, Дельфин, Блакит, Зарница, Криница, Универсал, Орбита, Нептун, Янка, Бриз. В каждом сорте картофеля определяли анатомо-морфологические показатели, химический состав, технологические показатели в процессе обработки, органолептические показатели готового продукта (вкусовые качества картофеля определяли после тепловой обработки), его пригодность для производства того или иного вида полуфабриката.

При проведении работы исследовали и анализировали основные технологические аспекты производства полуфабрикатов из картофеля, отработывали и устанавливали режимы и параметры предварительной подготовки сырья.

Так как процессы первичной подготовки – калибровка, мойка, инспекция, не изменяют анатомического строения и не оказывают решаю-

шего влияния на изменение качественных характеристик используемого сырья, более детально исследовали способы тепловой и холодильной обработки картофеля и их влияние на основные качественные показатели полуфабрикатов в процессе производства и хранения в вакуумной упаковке.

Результаты исследований сводили в таблицы и определяли графические и аналитические зависимости параметров. На основании табличного и графического материала определяли режимы исследуемого процесса.

По результатам проведенных исследований, учитывая опыт промышленного производства картофелепродуктов, разработали технологические схемы производства различных видов полуфабрикатов в вакуумной упаковке.

Технологические схемы производства полуфабрикатов из картофеля, включающие последовательно осуществляемые основные подготовительные операции, представлены на рисунке 91.

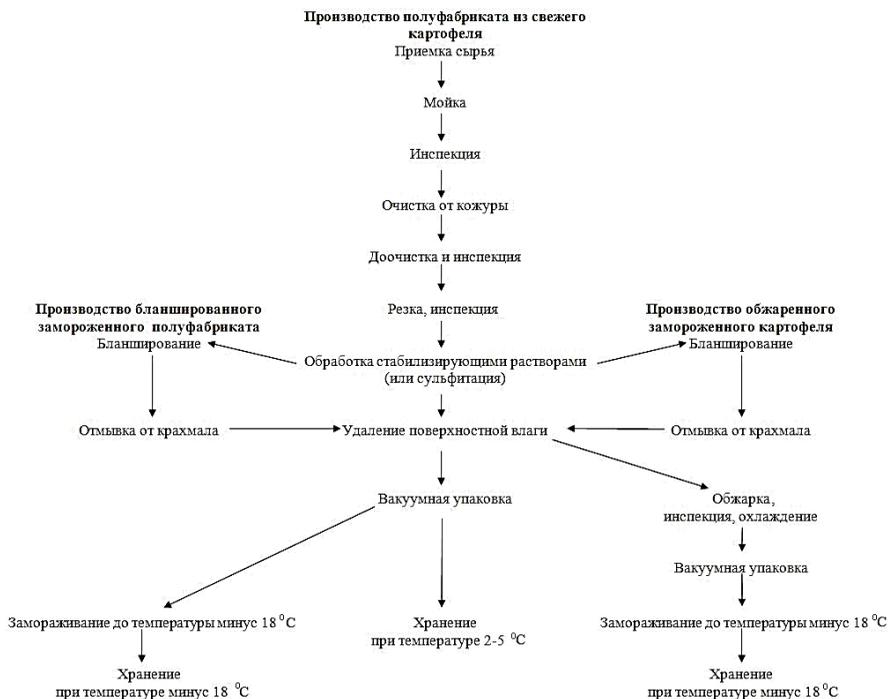


Рисунок 91 – Технологическая схема производства полуфабрикатов из картофеля в вакуумной упаковке

Выводы

В результате проведенных исследований, с учетом опыта промышленного производства и в соответствии с технологической схемой разработаны и утверждены в установленном порядке ТНПА на производство полуфабрикатов в вакуумной упаковке: Технологическая инструкция на производство полуфабрикатов в вакуумной упаковке, Технологическая инструкция по производству картофеля «Питательный» в вакуумной упаковке, технические условия ТУ ВУ 100217244.236–2012 «Полуфабрикаты из картофеля в вакуумной упаковке», ТУ ВУ 100217244.237–2012 «Картофель «Питательный» в вакуумной упаковке».

Производство полуфабрикатов и продуктов в вакуумной упаковке позволит максимально сохранить исходные свойства сырья, сэкономить энергетические ресурсы, в массовых количествах вырабатывать продукты повышенной готовности – полуфабрикаты и кулинарные изделия для индивидуального потребления и общественного питания.

11.08.2014

Литература

1. Муравин, Я.Г. Применение полимерных и комбинированных материалов для упаковки пищевых продуктов / Я.Г. Муравин, М.Н. Толмачева, А.М. Додонов. – М.: Агропромиздат, 1995. – 204 с.
2. Микулович, Л.С. Упаковка для пищевых продуктов: учебное пособие / Л.С. Микулович, Е.К. Шарковский. – Минск: БГЭУ, 2003. – 67 с.
3. Стрингер, М. Охлажденные и замороженные продукты: пер. с англ. / М. Стрингер, К. Денис; под науч. ред. Н.А. Уваровой. – СПб.: Профессия, 2004. – 496 с.: ил. – (Серия: Научные основы и технологии).

УДК 339.138:631.173

Е.И. Михайловский,

П.Н. Василевский

(УО «БГАТУ»,

г. Минск, Республика Беларусь)

КОНЦЕПЦИЯ МАРКЕТИНГА МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СНАБЖЕНИЯ В АГРОБИЗНЕСЕ

Введение

Переход к рыночной экономике вызвал необходимость реструктуризации всех сфер производства, в том числе и аграрного, и, как следствие, – смежных с ними процессов, включая материально-техническое снабжение. В условиях плановой экономики, когда ресурсы строго распределялись, организации не уделяли должного внимания данному процессу. В настоящее время эффективно организованная система снабжения является одним из факторов, определяющих конкурентоспособность бизнеса. Во-первых, от нее зависит ритмичная и бесперебойная произ-

водственная деятельность, во-вторых, затраты на снабжение составляют значительную часть себестоимости продукции.

При этом все чаще применяется маркетинговый подход к решению проблем управления, что, безусловно, определяет необходимость использования его преимуществ и при организации процессов материально-технического снабжения в структуре аграрного бизнеса.

Основная часть

Деятельность предприятий аграрного бизнеса обладает рядом особенностей, которые требуют детальной разработки стратегий снабжения их материально-техническими ресурсами. Во-первых, они закупают специфическую номенклатуру ресурсов, качество и цена которых играет определяющую роль в конкурентоспособности производимой продукции. Во-вторых, аграрные предприятия функционируют в условиях повышенных рисков, связанных с непредсказуемостью погодных условий, длительностью и сезонностью производственных процессов, высокой лимитирующей ролью временных факторов. Все это определяет необходимость использования современных методов и подходов к организации материально-технического снабжения, которые еще недостаточно широко применяются отечественными аграрными производителями.

В современных условиях развития экономики страны становятся актуальными процессы интеграции маркетинга и логистики, что в первую очередь накладывает отпечаток на стратегии снабжения предприятий. Материально-техническое снабжение является неотъемлемой частью любого производственного процесса. Одним из факторов, определяющих степень конкурентоспособности предприятия с точки зрения качества, стоимости продукции, сроков выполнения заказов, является четко организованная система материально-технического снабжения производства.

В процессе эволюции экономики АПК из аграрного сектора начали вычлняться самостоятельные производства, берущие на себя все больше функций, которые ранее выполнялись непосредственно сельскохозяйственными производителями. Усложнились средства аграрного производства, потребовались специализированные отрасли промышленности, производящие их для сельского хозяйства. Переработка, упаковка, хранение и транспортировка продовольствия также становятся самостоятельными сферами экономики. Сформировалась целая цепочка отраслей экономики, тесно связанных с аграрным сектором.

Четких границ для включения той или иной отрасли в АПК не существует. АПК естественным образом распадается на три сферы (рисунк 92).

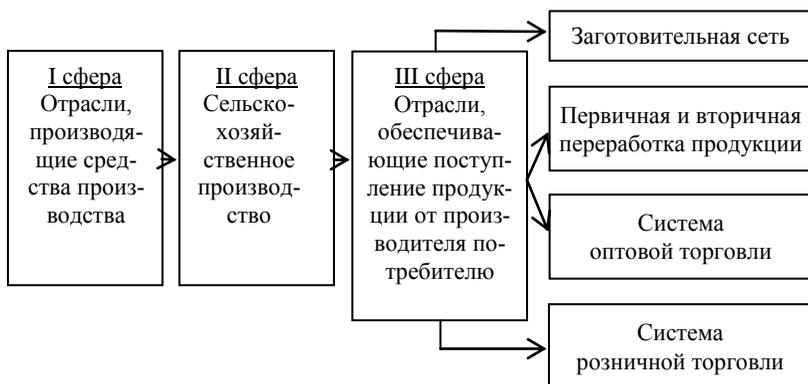


Рисунок 92 – Сферы агропромышленного комплекса
(источник: составлено авторами по материалам [1])

Анализ сложившейся ситуации в области поставок материально-технических ресурсов в аграрном секторе позволяет сделать вывод о необходимости сохранения единой системы агроснабжения на рынке средств производства в лице РО «Белагросервис» как основной ресурсопоставляющей системы АПК, отвечающей за полное и своевременное удовлетворение платежеспособного спроса всех предприятий комплекса. Это не исключает деятельности параллельных торгово-посреднических структур, конкурирующих с указанной макросистемой на региональных рынках средств производства. В этих условиях основным звеном системы агроснабжения должны оставаться районные и областные предприятия системы агросервиса. Сохранив вертикально-иерархический принцип выявления спроса и формирования заказа на технику, агросервисы, опираясь на развитую товаропроводящую систему, в состоянии организовать комплексное и качественное обеспечение сельскохозяйственных товаропроизводителей с помощью разветвленной сети торговых баз, складских комплексов, дилерских центров технического обслуживания, магазинов мелкооптовой торговли.

Ориентация организаций агросервиса на рыночные принципы хозяйствования позволит привлечь потребителя к обслуживанию через систему их территориальных баз и дилерских центров, которые в новых условиях должны доказать свое преимущество и конкурентоспособность по сравнению с многочисленными посредниками за счет лучшего качества и надежности обслуживания, оперативности отклика на потребительский спрос, гибкой ценовой политики, четкого графика поставок, системы гарантий на поставляемую технику. В рыночных условиях деятельность агросервиса должна строиться на принципах маркетинга и логистики, что обеспечит эффективное функционирование системы в

целом. Маркетинг в сфере АПК охватывает три области деятельности: маркетинг средств производства, сельскохозяйственного сырья, продовольственных товаров.

Все три разновидности маркетинга АПК, весьма несхожие между собой, имеют свою специфику, формируемую особенностями товарных рынков, и требуют самостоятельных форм организации, структуры, функций и методов деятельности маркетинговой службы. Так, если маркетинг сельскохозяйственной продукции функционирует только на стыке II и III сфер АПК и регулирует потоки сельскохозяйственной продукции, направляемой на потребление и промышленную переработку, то сфера деятельности маркетинга средств производства шире и охватывает взаимоотношения ресурсопроизводящих отраслей (I сфера АПК) со II и III сферами комплекса по линии реализации предприятиями-изготовителями и фирмами-посредниками новой техники, оборудования, удобрений, запасных частей и материалов сельскохозяйственным товаропроизводителям.

Маркетинг материально-технических ресурсов в АПК имеет свои особенности и в связи с этим должен быть выделен из общего понятия «аграрного маркетинга», включающего, прежде всего, маркетинг сельскохозяйственной продукции как основного вида продукции сельского хозяйства (рисунок 93).

Центральным направлением маркетинговой деятельности в АПК должно быть исследование рынка материально-технических ресурсов (емкость рынка, структура спроса, сегментация потребителей, информирование потребителей), чему в настоящее время уделяется недостаточно внимания.

Можно выделить ряд факторов, обуславливающих необходимость скорейшего внедрения маркетинговых принципов в деятельность снабженческих подразделений аграрных предприятий:

- экономический рост: рост производительности труда; снижение издержек производства и обеспечение возможности для увеличения средней заработной платы;
- текущие растущие тренды: развитие спроса на сельскохозяйственную продукцию;
- экологический фактор: сохранение и воспроизводство природных ресурсов;
- уровень социально-экономического развития: ускорение темпов роста ВВП, повышение благосостояния, обеспечение устойчивого использования природных ресурсов.

Именно структуры материально-технического снабжения являются связующим звеном в продовольственной цепочке АПК. Решение должно исходить как от менеджеров сельскохозяйственных предприятий, так и

от государственных структур. Так как вследствие низкого уровня межотраслевой конкурентоспособности белорусские производители в сельском хозяйстве не имеют достаточных финансовых ресурсов для нормального воспроизводства важнейших элементов материально-технического потенциала, проблема финансирования главным образом должна решаться на уровне государства.

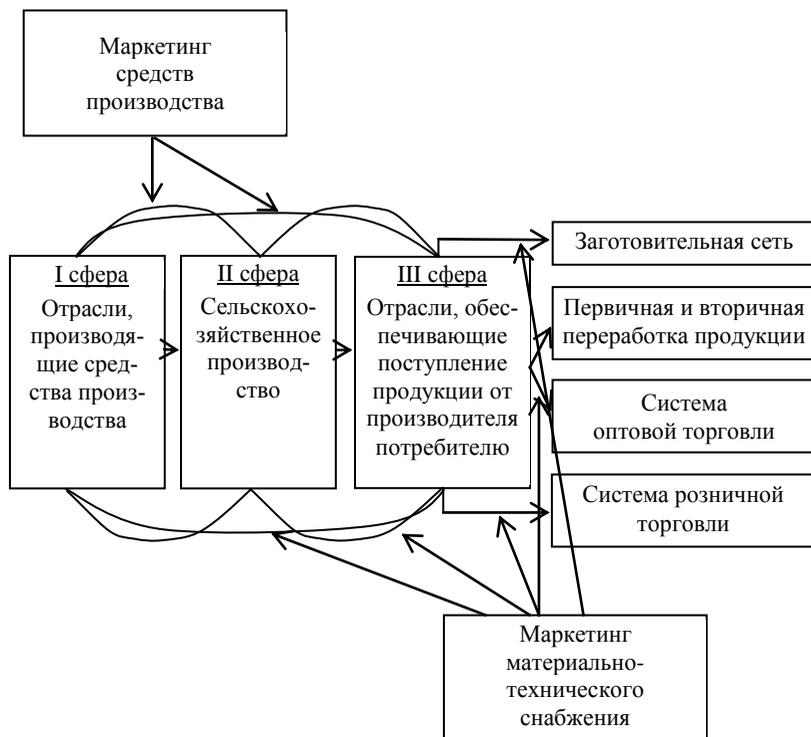


Рисунок 93 – Трансформация маркетинга сельскохозяйственной продукции в маркетинг материально-технического снабжения (источник: авторский)

Оптимизируя снабженческую деятельность, можно заметно улучшить финансовые показатели бизнеса: при снижении этих затрат на 10 % вполне реально увеличить прибыльность предприятия на 10–20 %.

Значительное повышение эффективности использования финансовых, материальных и трудовых ресурсов в системе материально-технического снабжения АПК может быть достигнуто за счет повышения степени централизации управления процессом материально-технической комплектации всех предприятий АПК. Организационно-техническое обеспечение решения этой задачи возможно путем созда-

ния специализированной структуры на базе агропромышленного предприятия по материально-технической комплектации (филиалов МТК).

На филиал МТК могут быть возложены следующие функции: организация снабжения материально-техническими ресурсами производственных структур, исходя из потребностей в них, определяемых проектами и сметами с учетом графиков производства; учет, контроль и анализ использования материально-технических ресурсов; повышение эффективности системы производственно-технологической комплектации на основе достижения научно-технического прогресса и передового опыта.

Формирование системы централизованных складов позволит сместить неэффективно установленные приоритеты и формировать запасы, учитывая интересы не отдельных предприятий, а всех предприятий АПК.

Поскольку система материально-технического снабжения является сложной относительно имеющихся методов и средств управления, это позволяет применить для ее совершенствования метод системного анализа – создание оптимизационного плана целей. В предлагаемом варианте оптимизационного плана целей обеспечения предприятий аграрного бизнеса сырьем используется общая схема структуризации сложной цели с применением оригинального состава оснований для декомпозиции, разработанных применительно к деятельности реальной структуры управления организацией.

По мнению специалистов, наиболее существенными с точки зрения достижения глобальной цели являются цели, представленные на третьем уровне декомпозиции. Трех уровней декомпозиции оказалось достаточно для выявления целей, не реализуемых предприятиями агробизнеса и реализуемых неудовлетворительно (таблица 25).

Таблица 25 – Проблемы целевой ориентации предприятий агробизнеса (источник: по материалам [2])

Цели, не реализуемые предприятиями	Цели, реализуемые неудовлетворительно
1. Проведение анализа полноты, темпов и качества поставок	1. Заключение договоров с потребителями с учетом замены ассортимента товаров
2. Обеспечение прогнозирования полноты и темпов поставок всеми поставщиками по каждому виду МР	2. Обеспечение возмещения ущерба за счет поставщика
3. Прогнозирование ситуации с обеспечением производства МР на основе систем бюджетирования	3. Определение оптимальных запасов по ассортименту и объему в целях обеспечения ритмичности агробизнеса
4. Обеспечение профилактической работы с поставщиками на основе данных прогноза	4. Обеспечение оптимальной загрузки оборудования, исходя из реального запаса МР
5. Разработка вариантов замены ассортимента продукции, исходя из прогноза поставок МР	5. Изменение технологических параметров работы аграрных предприятий с учетом реальной ситуации по обеспечению МР

Перечень нереализуемых целей показывает, что традиционно предприятия агробизнеса не осуществляют деятельности по анализу ритмичности и полноты поставок как по поставщикам, так и по видам материальных ресурсов (МР). Отсутствие этих видов деятельности не позволяет своевременно реагировать на изменение ситуации с поставками ресурсов и предупреждать появление неблагоприятных тенденций. Данные таблицы 25 позволяют отметить отсутствие реализации маркетингового подхода к предупреждению и снижению ущерба от неритмичности и неполноты поставок сырья, когда проблема должна решаться не только на уровне отдела материально-технического снабжения, но при ее разрешении необходимо участие всего предприятия.

На основе нереализуемых и реализуемых неудовлетворительно целей могут быть определены задачи первой очереди. При выборе задач первой очереди необходимо учитывать их значимость с точки зрения достижения важнейшей цели – обеспечения снижения ущерба организации от несвоевременности, неритмичности и неполноты поставок сырья. Данная цель определяется на основе обобщенного мнения ведущих специалистов исследуемой отрасли.

Заключение

Предлагаемый вариант оптимизационного плана целей совершенствования деятельности предприятий аграрного бизнеса при нарушении полноты и ритмичности поставок может рассматриваться как нормативный проект полного состава задач по обеспечению организации материальными ресурсами, раскрывает содержание деятельности организации, обуславливающее маркетинговую направленность системы материально-технического снабжения.

19.09.2014

Литература

1. Gale Johnson, D. World Agriculture in Disarray / D. Gale Johnson. – London: Macmillan Press Ltd, 1991. – 124 p.
2. Алексеева, А.И. Применение «дерева целей» для совершенствования материально-технического снабжения организации / А.И. Алексеева // Экономический вестник Ростовского государственного университета. – 2007. – № 2. – Т. 5, ч. 3. – С. 12–15.
3. Макконнелл, К.Р. Экономикс: принципы, проблемы и политика / К.Р. Макконнелл, С.Л. Брю. – Бишкек: Туран, 1996. – Т. 1 и 2. – 245 с.
4. Панов, А. Моделирование процесса закупки товаров производственного назначения / А. Панов, И. Муромкина // Маркетинг. – 2005. – № 3 (82). – С. 117–120.

Рефераты

УДК 631.358

Ковалев, М.М. **Анализ процесса транспортирования ленты льна ременно-пальцевым транспортером** / М.М. Ковалев, Р.А. Ростовцев, Г.А. Перов, П.П. Казакевич, В.П. Чеботарев, С.Ф. Лойко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 3–10.

В работе изложен расчет параметров ременно-пальцевого транспортера для сельскохозяйственных машин. Данный расчет позволяет получить параметры ременно-пальцевого транспортера, при которых он качественно и с наименьшими энергозатратами выполняет технологических процесс. – *Рис. 4, библиогр. 5.*

Kovalev M.M., Rostovzev R.A., Perov G.A., Kazakevich P.P.,
Chebotarev V.P., Loiko S.F.

Analysis of transportation of the flax tape using the belt-finger conveyor

This paper describes calculation of parameters of the belt-finger conveyor for agricultural machines. This calculation allows you to obtain the parameters of the belt-finger conveyor whet it performs process efficiently and with the least power consumption.

УДК 631.358

Ковалев, М.М. **Обоснование некоторых параметров подбирающе-оборачивающего устройства** / М.М. Ковалев, Р.А. Ростовцев, Г.А. Перов, П.П. Казакевич, В.П. Чеботарев, С.Ф. Лойко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 10–20.

В данной работе изложена методика определения параметров подбирающе-оборачивающего устройства. Установлено, что в подбирающе-оборачивающих устройствах надбарабанную часть направляющих прутков следует выполнять в виде логарифмической спирали, что позволяет производить постепенное уплотнение ленты льна в канале транспортера при ее перемещении и исключает забивку канала стеблями. – *Рис. 6, библиогр.6.*

Kovalev M.M., Rostovzev R.A., Perov G.A.,
Kazakevich P.P.,Chebotarev V.P., Loiko S.F.

Substantiation of some parameters of the pick-wraparound device

This paper sets out the methodology of determining the parameters of the pick-wraparound device. It has been determined that in pick-wraparound devices the over drum part of guide rods should be made in the form of a logarithmic spiral, which allows gradual seal of the flax tape in the conveyor channel as it moves and eliminates clogging the channel with stems.

УДК 633.521: 631.172

Шейченко, В.А. **Поднимаемая лента льнотресты и формирование ее рулонов пресс-подборщиками** / В.А. Шейченко, А.С. Лимонт, В.М. Климчук // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 20–26.

В статье приведены результаты выполненных исследований по оценке влияния массы порции ленты льнотресты, забираемой одной граблиной подбирающего барабана пресс-подборщика, на повреждение стеблей льносырья в рулоне и его плотность с учетом положения регулятора плотности рулона. – *Табл. 1, рис. 2, библиогр. 5.*

Sheychenko V.A., Limont A.S., Klymchuk V.M.

The picking up of a flax straw strip and formation of bales by pickup balers

The paper presents the results of the investigations on the estimation of the influence of the weight of the flax straw strip portion picked up by a single rake of the baler on the damage of flax raw stems in a cylindrical bale and its tightness, with the bale tightness regulator position taken into account.

УДК 631.361.6

Перепечаев, А.Н. **Анализ машин для сепарации сырого льновороха** / А.Н. Перепечаев, М.Н. Трибуналов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 26–36.

Проанализированы сепараторы сырого вороха, выделены основные их недостатки. На основании анализа авторами сделан вывод о необходимости проведения исследования с целью разработки эффективной технологии и обоснования режимов для разделения сырого льновороха перед сушкой. – *Рис. 5, библиогр. 9.*

Perepechaev A.N., Tribunalov M.N.

Analysis of the machines for the separation of raw flax heap

The article analyzes separators for raw heap, highlights their main disadvantages. Based on the analysis the authors concluded that there is the need for research to develop effective technologies and modes of justification for separation of raw flax heap before drying.

УДК 631.363.284

Перепечаев, А.Н. **Экспериментальное исследование процесса сгуживания льна** / А.Н. Перепечаев // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 36–41.

В статье проведен анализ процесса сгуживания льнотресты рабочими органами пресс-подборщика и определены оптимальные параметры скоро-

сти движения агрегата и скорости работы механизмов подборщика с целью получения необходимой плотности льнотресты в рулоне. – *Рис. 1, табл. 2, библиогр. 4.*

Perepechaev A.N.

Experimental study of flax loading process

The article analyzes the flax loading process by the operating elements of the baler and the optimal parameters of the speed of the machine and the speed of the pick-up mechanisms in order to obtain the required density of flax in the roll.

УДК 631.636

Горбацевич, Н.А. **Результаты испытаний пресс-подборщика для прессования грубых кормов в крупногабаритные прямоугольные тюки** / Н.А. Горбацевич, П.В. Яровенко, Л.И. Трофимович // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 41–46.

В статье изложены результаты приемочных испытаний разработанного пресс-подборщика ПТ-800. Приведены полученные функциональные и эксплуатационно-технологические показатели. – *Рис. 2, табл. 2, библиогр. 3.*

Gorbatshevich N.A., Yarovenko P.V., Trofimovich L.I.

The test results of the baler for compacting roughage in large rectangular bales

The article presents the results of the acceptance tests of the developed baler PT-800. The paper shows the obtained functional, operational and technological parameters.

УДК 631.373

Лабозский, И.М. **К разработке полуприцепов самосвальных тракторных с унифицированными двухосным и трехосным шасси грузоподъемностью 15 и 20 тонн** / И.М. Лабозский, Н.А. Горбацевич, С.Н. Конончук, Л.И. Трофимович // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 46–52.

В статье приведено обоснование конструктивных и технологических параметров полуприцепов самосвальных тракторных. Представлены результаты разработки экспериментальных образцов полуприцепов ПТ-15С, ПТ-20С. – *Рис. 3, табл. 1, библиогр. 5.*

Labotsky I.M., Gorbatshevich N.A., Kononchuk S.N., Trofimovitch L.I.

Development of dump tractor semi-trailers with unified two-axle and three-axle chassis with the load capacity of 15 and 20 tons

The article describes the substantiation of structural and technological parameters of dump tractor semi-trailers. It presents the results of experimental samples of semi-trailers PT-15C, PT-20C.

УДК 636.085–156 (083.74)

Лабозкий, И.М. **Обеспечение технологий заготовки кормов в полимерной упаковке** / И.М. Лабозкий, Н.А. Горбачевич, Л.И. Трофимович // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 52–56.

Изложены основные положения технического кодекса установившейся практики и установлены требования к технологиям и технике для заготовки и хранения кормов в полимерных материалах. – *Табл. 1, библиогр. 1.*

Labotsky I.M., Gorbachevich N.A., Trofimovich L.I.

Implementation of the technologies of fodder storage in polymeric hoses

The article describes the basic provisions of the Technical Code of Practice and the requirements to technologies and techniques for harvesting and storage of fodder in polymeric materials.

УДК 631.373/374:621.867

Лабозкий, И.М. **Платформа с манипулятором для подбора и перевозки кормов, запрессованных в тюки или рулоны** / И.М. Лабозкий, Н.А. Горбачевич, Л.И. Трофимович // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 56–63.

В статье изложены основные характеристики отечественных и зарубежных транспортных средств, состояние вопроса транспортировки прессованных кормов. Приведено обоснование разработки платформы с манипулятором ПМК-10. – *Рис. 5, библиогр. 3.*

Labotsky I.M., Gorbachevich N.A., Trofimovich L.I.

Platform with manipulator for selection and transportation of fodder pressed in bales or rolls

The article describes the main characteristics of domestic and foreign transport facilities, status of the issue of transportation of compressed fodder. The substantiation of development of the platform with the manipulator ПМК-10 is provided.

УДК 339.137:62

Латушко, М.И. **К вопросу усовершенствования методики определения возможностей и целесообразности производства импортозамещающего оборудования** / М.И. Латушко, А.Ю. Башко, Ю.А. Башко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 64–67.

Статья посвящена вопросу производства импортозамещающей продукции. Представляется усовершенствованная методика оценки целесообраз-

ности и возможности производства импортозамещающей технической продукции. – *Рис. 1, табл. 1, библиогр. 3.*

Latushko M.I., Basko A.Y., Basko Y.A.

The issue of improved techniques to identify the opportunities and feasibility of production of import-substituting equipment

This article describes production of import-substituting products. It considers the improved method to assess the feasibility and possibility of production of import-substituting technical products.

УДК 636.085.51/54;631.363.2

Башко, Ю.А. **К вопросу эффективности применения полуприцепного агрегата для приготовления и раздачи кормов на фермах КРС с системой самозагрузки АПРС-12** / Ю.А. Башко, А.Ю. Башко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 68–73.

В статье отражены основные результаты испытаний агрегата для приготовления и раздачи кормов на фермах КРС с системой самозагрузки АПРС-12, а также рассмотрена эффективность его применения. – *Рис. 1, табл. 1, библиогр. 5.*

Basko Y.A., Basko A.Y.

The issue of effectiveness of use of a semi-trailer for preparation and distribution of fodder in cattle farms with a self-loading system APRS-12

The paper presents the main results of tests of the unit for preparation and distribution of fodder in cattle farms with a self-loading system APRS-12 and examines its effectiveness.

УДК 629.1.039

Фендьо, Е.Н. **Результаты исследований конструкций бесконтактных струйных элементов для пневмотранспортных устройств** / Е.Н. Фендьо // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 74–80.

В статье приводятся результаты выполненных исследований конструкций бесконтактных струйных элементов для пневмотранспортных устройств и предлагаются варианты наиболее эффективных из них с позиции повышения подъемной силы данных устройств. – *Рис. 6, библиогр. 7.*

Fendyo E.N.

The results of study of the design of non-contact jet elements for pneumatic devices

The article shows the results of study of the design of non-contact jet elements for pneumatic devices and offers the options of the most effective designs from the standpoint of increasing the lift force of the mentioned devices.

УДК 637.11

Линник, Ю.А. **Моделирование процесса перемещения молочно-воздушной смеси в доильной установке с верхним молокопроводом** / Ю.А. Линник, С.И. Павленко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 80–83.

Проведено численное моделирование процесса перемещения молочно-воздушной смеси в доильной установке с верхним молокопроводом. Исследована флуктуация вакуума в доильном аппарате. – *Рис. 3, библиогр. 9.*

Linnik Y.A., Pavlenko S.I.

Simulation of the process of movement of milk-air mixture in the milking machine with upper milk line

Numerical simulation of the process of movement of milk-air mixture in the milking machine with upper milk line was performed. Fluctuation of vacuum in the milking machine was studied.

УДК 631.363.21

Воробьев, Н.А. **Экспериментальные исследования двухстадийного измельчения фуражного зерна** / Н.А. Воробьев, С.А. Дрозд, А.И. Пунько, М.В. Иванов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 84–93.

В статье представлены результаты экспериментального исследования двухстадийного измельчения зерна. Приведены полученные адекватные уравнения регрессии, описывающие изменения модуля помола и энергоемкости двухстадийного измельчения зерна в зависимости от исследуемых факторов. Приведены данные, показывающие эффективность двухстадийного измельчения зерна. – *Рис. 8, библиогр. 10.*

Vorobiev N.A., Drozd S.A., Pun'ko A.I., Ivanov M.V.

Experimental studies of two-stage crushing of feed grains

The article presents the results of the experimental studies of two-stage crushing of feed grains. The article also shows the obtained appropriate equations of regression describing the change in the modulus of crushing and energy of two-stage grain refinement depending on the factors investigated. The data showing the effectiveness of two-stage crushing of grains are provided.

УДК 631.363.21

Вашула, А.В. **Методика калибровки тензодатчика при исследовании влияния межвальцового зазора на распорное усилие между вальцами плющилки** / А.В. Вашула, Н.А. Воробьев, А.В. Захаров, В.Н. Савиных, С.А. Дрозд // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 93–99.

В работе приведена методика калибровки тензодатчика при исследовании распорного усилия, воздействующего на вальцы плющилки зерна. Методика определяет требования к методам и средствам калибровки тензометрического силового датчика, оформлению результатов калибровки, регламентирует порядок оценки неопределенности измерения распорного усилия тензометрическим силовым датчиком. В результате исследования получена зависимость распорного усилия от влажности зерна при различном межвальцовом зазоре. – *Рис. 2, табл. 3, библиогр. 2.*

Vashchula A.V., Vorobyov N.A., Zakharov A.V., Savinykh V.N., Drozd S.A.

Methodology of the strain sensor calibration when studying the influence of the roller space on the expansion forces between the crusher rollers

The paper describes the methodology of the strain sensor calibration when studying the expansion forces influencing the grain crusher rollers. The methodology defines the requirements for the methods and means of calibration of the strain force sensor, the calibration results, regulates the process of evaluation of the measurement uncertainty of the strain force with the strain force sensor. The research results show the dependence of the expansion force on grain moisture at different roller spaces.

УДК 636.085:7:631.363.21

Коновалов, В.И. Анализ процесса измельчения фуражного зерна в одновальцово-дековом измельчителе / В.И. Коновалов, И.Б. Шагдыров, М.Б. Балданов, А.И. Пунько // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 99–104.

В статье дан анализ влияния конструктивно-режимных и технологических параметров одновальцово-декового измельчителя на качественные показатели измельченного фуражного зерна. – *Рис. 3, библиогр. 5.*

Kononov V.I., Shagdyrov I.B., Baldanov M.B., Pun'ko A.I.

Analysis of the process of crushing grain in a single-roller deck crusher

The paper analyses the influence constructive-regime and technological parameters of a single-roller deck crusher on quality indicators of the crushed fodder grain.

УДК 631.363.21

Шагдыров, И.Б. Анализ влияния конструктивно-режимных параметров на процесс измельчения фуражного зерна в многоступенчатом измельчителе / И.Б. Шагдыров, В.И. Коновалов, Б.И. Шагдыров, А.И. Пунько // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 104–110.

В статье дан анализ влияния конструктивно-режимных и технологических параметров работы вальцовой дробилки на удельную энергоемкость процесса измельчения фуражного зерна.

Проведенный анализ позволяет определить рациональные режимы работы многоступенчатого измельчителя при различных сочетаниях их параметров.

Рациональные режимы позволяют снизить энергозатраты при измельчении фуражного зерна в многоступенчатом измельчителе, отвечающем зоотехническим требованиям, при минимальной удельной энергоемкости процесса измельчения $\Theta = 2,44 \dots 2,72 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{т}$. – *Рис. 7, табл. 1, библиогр. 2.*

Shagdyrov I.B., Konovalov V.I., Shagdyrov B.I., Pun'ko A.I.

Analysis of constructive-regime parametres on the process grinding of the fodder in a multy-stage crusher

The article analyses the influence of constructive-regime and technological parametres of the roll crusher operation on the specific power consumption of the process of grain crushing.

The carried out analysis allows to define the rational regimes of operation of a multy-stage crusher at various combinations of their parametres.

The rational regimes allow to reduce power inputs at crushing of fodder grain in a multy-stage crusher meting the zootechnic specification, with minimum specific power consumption of the crusher $\Theta = 2,44 \dots 2,72 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{т}$.

УДК 631.22(07)

Китун, А.В. **Основы формирования и энергетической оценки поточных технологических линий производства и первичной обработки молока на животноводческой ферме** / А.В. Китун // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 111–122.

В статье рассмотрены основные положения методики формирования точной энергосберегающей технологической линии производства и первичной обработки молока.

Все машины и установки на ферме должны быть объединены в поточные технологические линии, увязанные между собой по производительности, долговечности и другим показателям, управляемые по заданной программе, обеспечивающей соответствие того или иного процесса зоотехническим требованиям. – *Рис. 7, библиогр. 6.*

Kitun A.V.

Fundamentals of formation and energy assessment of flow production lines and primary processing of milk at animal farms

The paper describes the main provisions of methods of forming flow production lines and primary processing of milk.

All machines and equipment at the farm should be combined into flow production lines linked according to their performance, durability and other factors, controlled according to a specified program, ensuring compliance of a process to zootechnical requirements.

УДК 637.116

Бакач, Н.Г. **Обоснование технических параметров доильного аппарата в зависимости от удоя** / Н.Г. Бакач, Э.П. Сорокин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 122–126.

В последнее время все большее внимание уделяется повышению продуктивности коров. В то же время производительность доильного аппарата остается на прежнем уровне, это ведет к увеличению времени доения и другим негативным явлениям. Поэтому вопрос согласования отсасывающей способности доильного аппарата и вымени, освещаемый в данной статье, является актуальным. – *Табл. 2, библиогр. 4.*

Bakach N.G., Sorokin E.P.

Substantiation of technical parameters of milking machine depending on milk yield

In recent years, more and more attention is paid to increase in productivity of cows. At the same time, the performance of the milking machine remains at the same level; this leads to increase in milking time and other negative phenomena. Therefore the question of harmonization of the suction capacity of the milking machine and the udder described in this article is topical.

УДК 637.116:004.8

Сорокин, Э.П. **Анализ конструкций доильных аппаратов с управляемым режимом работы** / Э.П. Сорокин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 126–133.

На основе анализа конструкций доильных аппаратов с управляемым режимом работы, а также исследований ведущих ученых-физиологов и разработчиков доильных установок сделан вывод об актуальности создания доильного аппарата с переменным режимом работы и принципом почетвертного доения, что позволит перейти к качественно новой и эффективной технологии доения. – *Библиогр. 8.*

Sorokin E.P.

Analysis of the construction of the milking machines with controlled operation

Based on the analysis of structures of milking machines with controlled mode of operation, as well as the research of leading scientists and physiologists and designers of milking machines the conclusion was made regarding the relevance of the creation of the milking machine with a variable mode of operation and the principle of quarter milking, which will result in qualitatively new and efficient milking technology.

УДК 631.363:636.085

Романович, А.А. **Определение производительности шнекового насоса-дозатора пастообразных кормов** / А.А. Романович // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 134–139.

Шнековый насос-дозатор при установке его на мобильный раздатчик кормов позволяет дозированно выдавать жидкие корма животным в процессе их подачи непосредственно на стебельчатые корма.

Представленная методика позволяет произвести расчет геометрических и силовых параметров шнекового насоса-дозатора. – *Рис. 1, табл. 1, библиогр. 7.*

Romanovich A.A.

Determination of performance of the auger dispensing pump for pasty forage

An auger dispensing pump when it is installed on a mobile feeder dispenser allows to dispense liquid forage to animals in the process of their feed directly on the stalk forage.

The presented method allows to calculate the geometric and force parameters of the auger dispensing pump.

УДК 697.7:621.384.3

Ахрамович, А.П. **Автоматизированная ИК-система для порослят-отъемышей** / А.П. Ахрамович, Л.С. Герасимович, В.Н. Дашков, В.П. Колос // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 139–143.

Разработана инфракрасная система для порослят-отъемышей, генерирующая излучение в биологически активном диапазоне длин волн и одновременно обогревающая помещение. В результате ее внедрения на свиноферме РУП «ЖодиноАгроПлемЭлита» прирост живой массы увеличился на 10 %, а затраты топливно-энергетических ресурсов на обогрев уменьшились в 1,7 раза.

Помимо экономической выгоды, внедрение этой системы на свиноводческих комплексах Республики Беларусь, а также других электротехнологий с максимальным потреблением электроэнергии в ночное время и в зимний период года будет способствовать выравниванию суточных и сезонных графиков потребления электроэнергии и решению проблемы рационального ее расходования, что особую актуальность приобретет после ввода в эксплуатацию Белорусской АЭС. – *Рис. 2, библиогр. 5.*

Akhramovich A.P., Gerasimovich L.S., Dashkov V.N., Kolos V.P.

Automated infrared system for weaned pigs

The infrared system which generates radiation in the biologically active wavelength range and at the same time heats the room was developed for weaned

pigs. As the result of implementation of this system at the pig-breeding farm RUE «ZhodinoAgroPlemElita» the piglet liveweight gain increased by 10 % and the energy consumption decreased 1,7 times.

In addition to economic benefits, introduction of this system at pig-breeding complexes of the Republic of Belarusian and other electric technologies with maximum power consumption at night and in the cold season will help to equalize the daily and seasonal schedules of electricity consumption and to solve the problem of its efficient spending, which will be especially important after the commissioning of the nuclear power station in Belarus.

УДК 637.118

Колончук, М.В. **Методика расчета конфигурации жидкостного кольца водокольцевого вакуумного насоса** / М.В. Колончук, С.А. Антошук, В.И. Передня, Э.П. Сорокин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 143–147.

Рассмотрены вопросы расчета внутренней поверхности жидкостного кольца водокольцевых вакуумных насосов в диапазоне рабочего давления. Разработаны предложения по проектированию этих элементов конструкций насосов. – *Рис. 2, табл. 1, библиогр. 2.*

Kolonchuk M.V., Antoshuk S.A., Perednya V.I., Sorokin E.P.
**Methods of calculation of configuration of the liquid ring
of the vacuum pump parameters**

The article studies the issue of calculation of the inner surface of the liquid ring of vacuum pumps in the range of the operating pressure. The offers on design of these elements of pump construction were provided.

УДК 637.118

Колончук, М.В. **Аналитические зависимости профильных линий пазов ротора пластинчатых вакуумных насосов** / М.В. Колончук, А.А. Романович, В.И. Передня, Э.П. Сорокин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 148–152.

Рассмотрены вопросы оптимизации углов наклона пазов ротора вакуумных насосов. Разработаны предложения по проектированию этих элементов конструкций насосов. – *Рис. 3, табл. 1, библиогр. 4.*

Kolonchuk M.V., Romanovich A.A., Perednya V.I., Sorokin E.P.
**Analytical dependences of profile lines of slots of the rotor
of vane vacuum pumps**

The article investigates the issues of optimization of slope angles of vacuum pumps rotor slots. The offers on design of these elements of pump construction were developed.

УДК 631.67:635

Капустин, Н.Ф. **Назначение, особенности и методика расчета систем капельного полива овощных культур открытого грунта** / Н.Ф. Капустин, Э.К. Снежко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 152–160.

Представлены основные элементы оборудования систем капельного полива, их преимущества, классификация и типы, а также общая методика расчета системы капельного орошения. Приведены технические характеристики, схемы соединения и принцип действия современного оборудования для орошения овощных культур с помощью систем капельного полива. – *Рис. 2, табл. 2, библиогр. 4.*

Kapustin N.F., Snezhko E.K.

Purpose, features and calculation method for systems of drip irrigation of vegetable crops for open soil

The article presents the main elements of equipment of drip irrigation, their advantages, classification and types, as well as a general method of calculating the drip irrigation system. Technical features, joint schemes and operation principles of machinery for vegetable crops irrigation with the help of spot watering systems are presented.

УДК 621.182/184:536.421

Капустин, Н.Ф. **Энергоэффективное гелиоводонагревательное оборудование для нужд сельского хозяйства** / Н.Ф. Капустин, Э.К. Снежко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 161–168.

Приведены данные о применении комбинированных систем на базе солнечных коллекторных модулей и автоматизированных котлов, позволяющих сократить потребление топливно-энергетических ресурсов более чем на 30 %. Установлено, что циркуляция теплоносителя в солнечном коллекторном модуле с вакуумированными трубками и автоматической системой управления дает возможность поддерживать постоянную температуру воды на выходе из коллектора, снизить тепловые потери и повысить коэффициент полезного действия гелиосистемы до 70 %. – *Рис. 3, библиогр. 6.*

Kapustin N.F., Snezhko E.K.

Energy efficient sun and water heating equipment for agriculture

The paper provides the information on the use of combined systems based on solar module collectors and automated boilers that can reduce the consumption of energy resources by 30 %. The circulation of the coolant in the solar module collector with vacuum pipes and automatic control system helps to maintain constant water temperature at the outlet of the module, to reduce heat loss and increase the efficiency of the solar systems to 70 %.

Капустин, Н.Ф. **Применение фертигации в системах капельного полива сельскохозяйственных культур** / Н.Ф. Капустин, Э.К. Снежко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 169–175.

В статье описывается оборудование для реализации капельного полива. Рассмотрены влияние параметров капельных лент на полив растений и некоторые виды удобрений для реализации процесса фертигации. – *Рис. 1, табл. 3, библиогр. 5.*

Капустин N.F., Snezhko E.K.

Fertirrigation in the systems of drip irrigation of crops

The article describes the equipment for drip irrigation. The influence of the drip tape parameters on the plant irrigation and some types of fertilizers for fertirrigation process.

УДК (631.95:573.6):631.147

Снежко, Э.К. **Утилизирующие автоматизированные факельные устройства биогазовых энергетических установок** / Э.К. Снежко, Н.Ф. Капустин, С.А. Абрамчук // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 175–182.

Как показал мировой опыт эксплуатации биогазовых энергетических комплексов (БГЭК), обязательным элементом в их обслуживании является наличие устройства автоматизированного факельного (УАФ), позволяющего производить экологически чистую утилизацию излишков вырабатываемого БГЭУ биогаза путем его сжигания. При сжигании (утилизации) биогаза его отрицательное влияние на экологическое состояние нашей планеты резко снижается, в частности по парниковому эффекту снижается на порядок по сравнению с прямым выбросом биогаза (метана) в атмосферу. Свеча УАФ обеспечивает полное сжигание биогаза, при этом содержание веществ в продуктах сгорания биогаза соответствует европейским нормам.

Специалисты РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» и ОДО «МИГ» предлагают достаточно простой образец УАФ. Система содержит специальное стабилизирующее устройство, предотвращающее возможный отрыв пламени свечи в случае снижения скорости распространения пламени, огнепреградитель (отсекатель пламени), предотвращающий проскок пламени при случайном увеличении содержания кислорода, запальное устройство и напорный вентилятор. – *Рис. 3, библиогр. 4.*

Snezhko E.K., Kapustin N.F., Abramtschuk S.A.

Recovering automated flare devices for biogas energy complexes

As the world practice of operating biogas energy complexes (BGEC) has shown, the required element of their servicing is an automated flare device (AFD)

which enables to perform environmentally-friendly utilization of excess of biogas generated by BGEC by burning it. When being burnt (utilized), biogas renders much less negative impact on the environment, in particular in terms of greenhouse effect, the negative impact is significantly reduced as compared with direct emissions of biogas (methane) into the atmosphere. The candle of AFD secures full combustion of biogas, and the content of substances in combustion products conforms to European standards.

Specialists of RUE “SPC of the NAS of Belarus for Agriculture Mechanization” and the Superadded Liability Company “MIG” offer quite simple model of AFD. The system features a special stabilizing device preventing candle flame lift-off in case if flame spread speed is decreased, fire protection device (fire stop), which prevents flashbacks in case of an accidental increase of oxygen content, flame igniter and pressure fan.

УДК (631.95:573.6):631.147

Капустин, Н.Ф. **Импортозамещающее оборудование для биогазовых энергетических комплексов** / Н.Ф. Капустин, Э.К. Снежко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 182–190.

Разработанный в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» ряд устройств для биогазовых энергетических установок предназначен для уменьшения количества импортного оборудования и стимулирования собственного производителя продукции для нужд сельского хозяйства в нашей стране и в странах ближнего зарубежья. – *Рис. 6, библиогр. 4.*

Капустин Н.Ф., Снежко Е.К.

Import-substituting equipment for biogas energy complexes

A series of devices for biogas energy equipment developed by RUE “SPC of the NAS of Belarus for Agriculture Mechanization” is designed to reduce the amount of imported equipment and boost its own manufacturer of products for the needs of agriculture in our country and in neighboring countries.

УДК 663/664:641

Луговая, Н.П. **Хранение пищевой продукции в вакуумной упаковке** / Н.П. Луговая, И.В. Требухин, Т.А. Лапко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 190–195.

В статье дается обоснование целесообразности производства пищевой продукции в вакуумной упаковке. Разработаны и утверждены в установленном порядке ТНПА на производство полуфабрикатов из картофеля в вакуумной упаковке. – *Рис. 1, библиогр. 3.*

Lugovaya N.P., Trebuhin I.V., Lapko T.A.

Storing food in vacuum packing

The article presents the rationale for food production in vacuum packaging. The TNLA for production of semi-finished potato in vacuum packaging are developed and approved according to the established procedure.

УДК 339.138:631.173

Михайловский, Е.И. **Концепция маркетинга материально-технического снабжения в агробизнесе** / Е.И. Михайловский, П.Н. Василевский // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 2. – С. 195–201.

В статье рассмотрена эволюция экономики АПК, в процессе которой появился агробизнес, роль материально-технического снабжения в нем. Исследован процесс выделения маркетинга материально-технического снабжения из маркетинга АПК. Определены основные проблемы предприятий агробизнеса, которые тормозят внедрение маркетинга в их деятельность. – *Рис. 2, табл. 1, библиогр. 4.*

Mikhailovsky E.I., Vasilevsky P.N.

The concept of marketing logistics in agribusiness

The article describes evolution of agricultural sector economy that led to agro business appearance, the role of logistics in this process. The process of marketing logistics allotment from the agricultural sector is investigated. The basic problems of agro business enterprises hindering introduction of marketing into their activity are determined.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
<i>Ковалев М.М., Ростовцев Р.А., Перов Г.А., Казакевич П.П., Чеботарев В.П., Лойко С.Ф.</i> Анализ процесса транспортирования ленты льна ременно-пальцевым транспортером	3
<i>Ковалев М.М., Ростовцев Р.А., Перов Г.А., Казакевич П.П., Чеботарев В.П., Лойко С.Ф.</i> Обоснование некоторых параметров подбирающе-оборачивающего устройства	10
<i>Шейченко В.А., Лимонт А.С., Климчук В.М.</i> Поднимаемая лента льногресты и формирование ее рулонов пресс-подборщиками	20
<i>Перепчаев А.Н., Трибуналов М.Н.</i> Анализ машин для сепарации сырого льновороха	26
<i>Перепчаев А.Н.</i> Экспериментальное исследование процесса сгуживания льна	36
<i>Горбацевич Н.А., Яровенко П.В., Трофимович Л.И.</i> Результаты испытаний пресс-подборщика для прессования грубых кормов в крупногабаритные прямоугольные тюки	41
<i>Лабоцкий И.М., Горбацевич Н.А., Конончук С.Н., Трофимович Л.И.</i> К разработке полуприцепов самосвальных тракторных с унифицированными двухосным и трехосным шасси грузоподъемностью 15 и 20 тонн	46
<i>Лабоцкий И.М., Горбацевич Н.А., Трофимович Л.И.</i> Обеспечение технологий заготовки кормов в полимерные рукава	52
<i>Лабоцкий И.М., Горбацевич Н.А., Трофимович Л.И.</i> Платформа с манипулятором для подбора и перевозки кормов, запрессованных в тюки или рулоны	56
<i>Латушко М.И., Башко Ю.А., Башко А.Ю.</i> К вопросу усовершенствования методики определения возможностей и целесообразности производства импортзамещающего оборудования	64
<i>Башко Ю.А., Башко А.Ю.</i> К вопросу эффективности применения полуприцепного агрегата для приготовления и раздачи кормов на фермах КРС с системой самозагрузки АПРС-12	68
<i>Фендьо Е.Н.</i> Результаты исследований конструкций бесконтактных струйных элементов для пневмотранспортных устройств	74
<i>Линник Ю.А., Павленко С.И.</i> Моделирование процесса перемещения молочно-воздушной смеси в доильной установке с верхним молокопроводом	80

Воробьев Н.А., Дрозд С.А., Пунько А.И., Иванов М.В. Экспериментальные исследования двухстадийного измельчения фуражного зерна	84
Вацула А.В., Воробьев Н.А., Захаров А.В., Савиных В.Н., Дрозд С.А. Методика калибровки тензодатчика при исследовании влияния межвальцового зазора на распорное усилие между вальцами площилки	93
Коновалов В.И., Шагдыров И.Б., Балданов М.Б., Пунько А.И. Анализ процесса измельчения фуражного зерна в одновальцово-дековом измельчителе	99
Шагдыров И.Б., Коновалов В.И., Шагдыров Б.И., Пунько А.И. Анализ влияния конструктивно-режимных параметров на процесс измельчения фуражного зерна в многоступенчатом измельчителе	104
Китун А.В. Основы формирования и энергетической оценки поточных технологических линий производства и первичной обработки молока на животноводческой ферме	110
Бакач Н.Г., Сорокин Э.П. Обоснование технических параметров доильного аппарата в зависимости от удоя	122
Сорокин Э.П. Анализ конструкций доильных аппаратов с управляемым режимом работы	126
Романович А.А. Определение производительности шнекового насоса-дозатора пастообразных кормов	134
Ахрамович А.П., Герасимович Л.С., Дашков В.Н., Колос В.П. Автоматизированная ИК-система для поросят-отъемышей	139
Колончук М.В., Антошук С.А., Передня В.И., Сорокин Э.П. Методика расчета конфигурации жидкостного кольца водокольцевого вакуумного насоса	143
Колончук М.В., Антошук С.А., Передня В.И., Сорокин Э.П. Аналитические зависимости профильных линий пазов ротора пластинчатых вакуумных насосов	148
Капустин Н.Ф., Снежко Э.К. Назначение, особенности и методика расчета систем капельного полива овощных культур открытого грунта	152
Капустин Н.Ф., Снежко Э.К. Энергоэффективное гелиоводонагревательное оборудование для нужд сельского хозяйства	161
Капустин Н.Ф., Снежко Э.К. Применение фертигации в системах капельного полива сельскохозяйственных культур	169
Снежко Э.К., Капустин Н.Ф., Абрамчук С.А. Утилизирующие автоматизированные факельные устройства биогазовых энергетических установок	175

Капустин Н.Ф., Снежко Э.К. Импортзамещающее оборудование для биогазовых энергетических комплексов	182
Луговая Н.П., Требухин И.В., Лапко Т.А. Хранение пищевой продукции в вакуумной упаковке	190
Михайловский Е.И., Василевский П.Н. Концепция маркетинга материально-технического снабжения в агробизнесе	195
Рефераты	202

Научное издание

Механизация и электрификация сельского хозяйства

Межведомственный тематический сборник

Выпуск 48

в 2 томах

Том 2

Ответственный за выпуск С.Н. Поникарчик

Редактор-корректор А.С. Борейша

Компьютерная верстка Н.С. Лаврентьева

Подписано в печать 16.12.2014. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 12,9. Уч.-изд. л. 12,8. Тираж 100 экз. Заказ 370.

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/341 от 02.06.2014.
Ул. Кнорина, 1, 220049, Минск.

Отпечатано в типографии РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства».
Ул. Кнорина, 1, корп. 3, 220049, Минск.
