

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
(к 80-летию со дня образования НАН Беларуси)

Выпуск 42

Минск
2008

УДК 631.171:001.8(082)

Механизация и электрификация сельского хозяйства [Текст]: межведомственный тематический сборник / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – 268 с.– Вып. 42.

Научные рецензенты:

доктора технических наук, профессора П.П. Казакевич, В.Н. Дашков, И.И. Пиуновский,
В.И. Передня, Л.Я. Степук, И.Н. Шило;
доктора технических наук В.В. Азаренко, В.В. Кузьмич

Редакционная коллегия:

доктор технических наук, профессор П.П. Казакевич (*главный редактор*);
кандидат технических наук В.П. Чеботарев (*зам. главного редактора*);
доктора технических наук, профессора В.Н. Дашков, И.И. Пиуновский,
В.И. Передня, Л.Я. Степук, И.Н. Шило;

доктора технических наук В.В. Азаренко, В.В. Кузьмич;
кандидат экономических наук В.Г. Самосюк;
кандидаты технических наук Н.Д. Лепешкин, А.Л. Рапинчук, В.К. Клыбик

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.

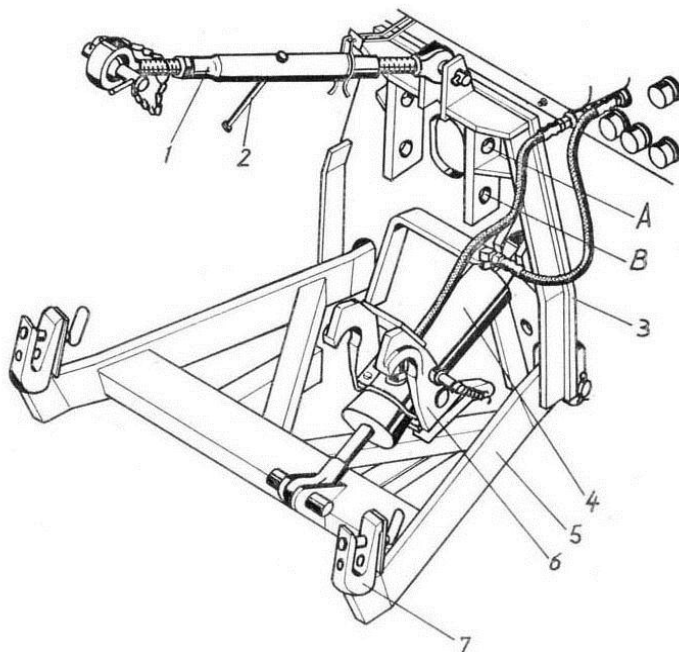
УДК 631.171:001.8(082)

**АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ
МЕХАНИЗМА НАВЕСКИ
ПЕРЕДНЕГО ПОДЪЕМНО-
НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА
УНИВЕРСАЛЬНОГО
ЭНЕРГОСРЕДСТВА****Введение**

В статье рассматриваются вопросы автоматизированного проектирования механизма навески переднего подъемно-навесного устройства универсального энергетического средства «Полесье». Представлено описание выходных параметров гидропривода и механизма навески, формирующих процедуру анализа подъемно-навесного устройства. На основе функциональной математической модели анализа, а также выбранных метода оптимизации, показателей качества, функциональных и прямых ограничений построена процедура параметрической оптимизации. В результате оптимизации увеличена грузоподъемность модернизированного варианта механизма навески.

Объекты и методы исследований

Агрегатирование универсального энергетического средства (УЭС) «Полесье», выпускаемого ПО «Гомсельмаш» с навесными машинами (НМ) или рабочими орудиями, осуществляется при помощи подъемно-навесных устройств (ПНУ), состоящих из гидроприводов (ГП) открытого типа и переднего



1 – верхняя тяга; 2 – рукоятка; 3 – плита; 4 – гидроцилиндр; 5 – нижние рычаги; 6 – фиксатор; 7 – крюки

**Рисунок 1 – Механизм навески переднего
подъемно-навесного устройства**

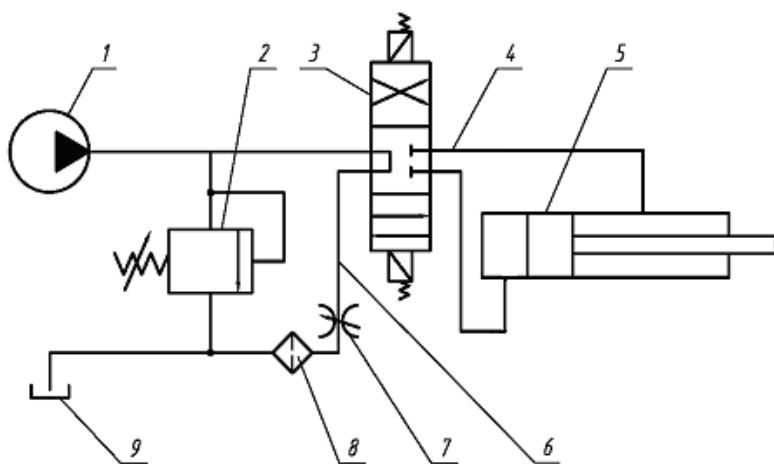
или заднего механизмов навески (МН). МН – основной структурный компонент гидромеханического устройства, определяющий характер взаимодействия УЭС с НМ.

Появление новых и модернизация серийных НМ, агрегируемых с УЭС посредством переднего ПНУ, изменяет требования к выходным параметрам МН (рисунок 1). Срочное решение этой проблемы возможно в режиме автоматизированного проектирования ПНУ, опирающегося на функциональное математическое моделирование. Перевод НМ из ра-

бочего положения в транспортное является наиболее энергоемкой операцией, выполняемой ПНУ. При подъеме НМ совершает сложное движение относительно энергоносителя. Это учитывается при выполнении динамического анализа, для которого получено адекватное описание кинематики МН переднего ПНУ. Вес НМ и удаление ее центра тяжести от оси подвеса МН имеют тенденцию к росту, поэтому заданная траектория подъема НМ может быть воспроизведена, если обеспечена достаточная грузоподъемность ПНУ.

Результаты исследований

Динамический анализ. Структурная схема гидропривода ПНУ приведена на рисунке 2. Гидропривод работает следующим образом: шестеренный насос 1 нагнетает рабочую жидкость через напорную магистраль к гидрораспределителю (ГР) 3 и, при его включенной правой секции, далее в поршневую полость гидроцилиндра (ГЦ) 5. Шток ГЦ начинает выдвигаться, причем давление в этой полости пропорционально приведенной к штоку ГЦ нагрузке.



- 1 – насос шестеренный; 2 – клапан предохранительный;
3 – гидрораспределитель; 4 – напорная магистраль гидропривода; 5 – гидроцилиндр; 6 – сливная магистраль;
7 – регулируемый дроссель; 8 – фильтр; 9 – бак

Рисунок 2 – Структурная схема гидропривода переднего ПНУ универсального энергосредства

При выполнении процедуры динамического анализа рабочая жидкость из-за наличия в ней пузырьков нерастворенного воздуха считается сжимаемой. Берется за основу то, что структурные элементы гидропривода (ГН, ГР, ПК) работают безинерционно. Температура, плотность, вязкость рабочей жидкости и количество нерастворенного в ней

воздуха принимаются постоянными. Приведенный модуль объемной упругости рабочей жидкости E_{np} считаем постоянным [4]. Вниманию предлагается динамическая схема (рисунок 3) с жидкостью, сосредоточенной в узле Y_2 . Объемный расход рабочей жидкости Q , поступающей в магистраль, затрачивается на перемещение поршня ГЦ $Q_{пер}$, деформацию рабочей жидкости и самой гидромагистрали $Q_{сж}$:

$$Q = Q_{пер} + Q_{сж} \text{ или } Q = F_c \cdot \dot{S} + \dot{p}_1 \cdot \frac{V_{жс}}{E_{np}}, \quad Q = q \cdot n \cdot \eta_0, \quad (1)$$

где F_c – площадь поршня ГЦ;

\dot{p}_1 – скорость изменения давления у ГН;

$V_{жс}$ – сосредоточенный объем жидкости;

E_{np} – приведенный модуль объемной упругости гидроцепи;

q, n, η_0 – соответственно объемная подача за оборот вала гидронасоса, а также его частота вращения и объемный КПД.

Уравнение баланса мгновенных объемных расходов (1) преобразуем относительно скорости перемещения поршня [4]:

$$\dot{S} = \frac{Q}{F_c} - \frac{V_0 + F_c \cdot (S - S_0)}{F_c \cdot E_{np}} \cdot \dot{p}_1. \quad (2)$$

Уравнение баланса давлений для гидропривода имеет вид:

$$p_2 = p_1 - (a_1 \cdot \ddot{S} + a_2 \cdot \dot{S} + a_3 \cdot \dot{S}^2), \quad (3)$$

где a_1 – коэффициент, учитывающий инерционные свойства рабочей жидкости;

a_2 – коэффициент, учитывающий ламинарный характер течения рабочей жидкости;

a_3 – коэффициент, учитывающий турбулентный характер течения рабочей жидкости и местные гидравлические сопротивления.

Подставляя в уравнение Лагранжа выражение для кинетической энергии поднимаемой НМ [4], считая при этом, что обобщенная сила равна разности между силой, движущей поршень, и силами сопротивления движению, после преобразования получим:

$$m(S) \cdot \ddot{S} + \frac{1}{2} \cdot \frac{dm(S)}{dS} \cdot \dot{S}^2 = F_{\delta\delta} - [F(S) + F_{mp}^{np}(S)], \quad (4)$$

где $m(S)$ – приведенная масса;

$F_{\delta\delta}$ – движущая сила, равная произведению давления в ГЦ на площадь его поршня.

Левая часть уравнения (4) представляет выражение для приведенной к штоку ГЦ силы инерции.

На основе динамической схемы гидропривода (рисунок 3), методики определения потерь давления [4] и применения уравнения Лагранжа 2-го рода к машинному агрегату, состоящему из гидропривода и МН, сформирована функциональная математическая модель (ФММ) динамического анализа в виде системы нелинейных дифференциальных уравнений (ДУ):

$$\begin{cases} \dot{p}_1 = \frac{E_{i\delta}}{V_0 + F_c \cdot (S - S_0)} \cdot Q - \frac{F_c \cdot E_{i\delta}}{V_0 + F_c \cdot (S - S_0)} \cdot \dot{S}, \\ p_2 = p_1 - (a_1 \cdot \ddot{S} + a_2 \cdot \dot{S} + a_3 \cdot \dot{S}^2), \\ m(S) \cdot \ddot{S} + \frac{1}{2} \cdot m'(S) \cdot \dot{S}^2 = p_2 \cdot F_{\bar{n}} - [F(S) + F_{\delta\delta}^{i\delta}(S)] \end{cases}, \quad (5)$$

где V_0 – начальный объем рабочей жидкости;

S, S_0 – текущее и начальные значения обобщенной координаты;

$m'(S)$ – производная от приведенной к штоку ГЦ массе НМ по обобщенной координате.

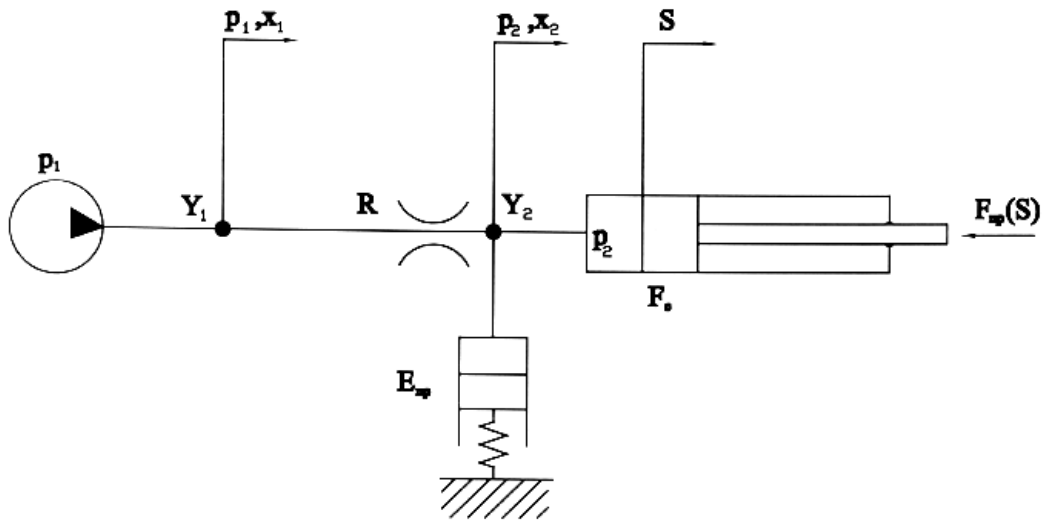


Рисунок 3 – Динамическая схема гидропривода с нагрузкой $F_{np}(S)$ на штоке гидроцилиндра

В результате решения системы нелинейных ДУ путем численного интегрирования (метод Рунге-Кутты 4-го порядка) определяются закон движения поршня ГЦ – $S(t) = f(S_0, \dot{S}, \ddot{S}, t)$, а также изменение давления в гидронасосе – $p_1(t)$ и ГЦ – $p_2(t)$. Следует отметить, что левая часть третьего уравнения системы (5) представляет собой приведенную силу инерции.

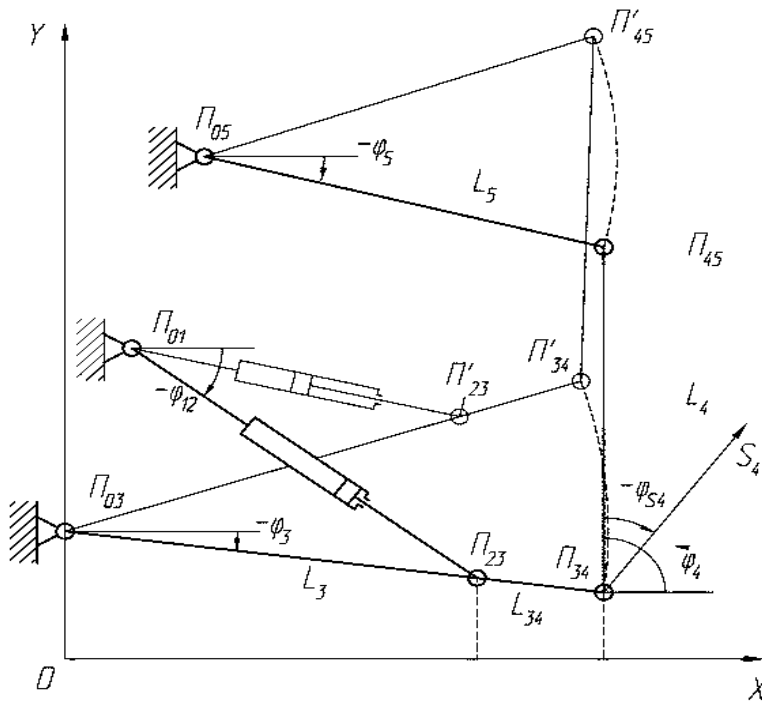


Рисунок 4 – Плоский аналог механизма навески переднего подъемно-навесного устройства

Геометрический и кинематический анализ. Пространственную геометрическую модель механизма навески (МН) преобразуем в плоский аналог, предполагая, что оси, проходящие через центры шарниров, параллельны между собой (рисунок 4). Получим плоский рычажный механизм, структура которого (звенья МН и жидкость в гидроцилиндре считаются несжимаемыми) идентифицируется неподвижным шестизвенником [1]. НМ присоединяется к МН в трех точках посредством

верхней и нижних тяг, образующих треугольник (рисунок 1), который на плоскости преобразуется в звено, моделирующее высоту присоединительного треугольника – L_4 , характеризующего положение НМ. В результате, положение центра тяжести НМ – S_4 однозначно связывается с изменением обобщенной координаты (S) – расстоянием между центрами шарниров гильзы и штока гидроцилиндра (П01, П23).

Задача геометрического анализа состоит в определении углов, образуемых звеньями замкнутой кинематической цепи, и координат подвижных шарниров и характерных точек.

Так, в результате геометрического анализа были определены аналитические выражения для координат оси подвеса МН:

$$\begin{aligned} X_{34}(S) &= X_{03}(S) + L_{34} \cdot \cos \varphi_3(S); \\ Y_{34}(S) &= Y_{03}(S) + L_{34} \cdot \sin \varphi_3(S). \end{aligned}$$

Были определены аналитические выражения для координат центра тяжести навесной машины:

$$\begin{aligned} X_{S4}(S) &= X_{34}(S) + L_{S4} \cdot \cos[\varphi_3(S) + \varphi_{S4}]; \\ Y_{S4}(S) &= Y_{34}(S) + L_{S4} \cdot \sin[\varphi_3(S) + \varphi_{S4}]. \end{aligned}$$

Для определения аналогов угловых скоростей звеньев и линейных скоростей характерных точек последовательно выполняется кинематический анализ полученной кинематической цепи [3]. В его основе (как и для геометрического анализа) лежит метод замкнутого векторного контура, предложенный Зиновьевым [1].

Аналитическое выражение для передаточного числа МН [3] $I_{S4}(S)$ имеет вид:

$$I_{S4}(S) = \varphi_3'(S) \cdot \{L_{34} \cdot \cos[\varphi_3(S)] + U_{43}(S) \cdot L_{S4} \cdot \cos[\varphi_4(S) + \varphi_{S4}]\}, \quad (6)$$

где $\varphi_3'(S)$ – аналог угловой скорости звена L_{34} ;

$U_{43}(S)$ – передаточное отношение;

L_{34}, L_{S4} – длина нижней тяги и расстояние от оси подвеса до центра тяжести НМ;

$\varphi_3(S), \varphi_4(S)$ – углы, образуемые L_{34}, L_4 в правой декартовой системе координат.

Первое слагаемое правой части выражения (6) представляет собой аналитическое выражение для передаточного числа МН на оси подвеса – $I_M(S)$, представляющее собой отношение вертикальной составляющей скорости оси подвеса P_{34} (рисунок 4) к скорости втягивания поршня ГЦ.

Силовой анализ. Аналитическое выражение для передаточного числа МН позволяет определить пропорциональную ему полезную нагрузку $F(S)$ на гидроцилиндре, а также соответствующую заданным L_{S4} и φ_{S4} грузоподъемность G_{S4} переднего ПНУ:

$$G_{S4} = \frac{p_{zu}^{max} \cdot F_c - [F_{un}^{np}(S^*) + F_{mp}^{np}(S^*)]}{I_{S4}(S^*)_{max}}, \quad (7)$$

где p_{zu}^{max} – максимальное давление в ГЦ;

F_c – площадь поршня ГЦ;

$F_{un}^{np}(S^*)$, $F_{mp}^{np}(S^*)$ – приведенная сила инерции и приведенная сила трения, определенные для значения обобщенной координаты, соответствующей максимуму передаточного числа.

Приведенная к штоку ГЦ сила инерции может быть определена по выражению:

$$F_{un}^{np}(S) = m_4 \cdot a_{S4}(S) \cdot I_{S4}(S) + J_4 \cdot \varepsilon_4(S) \cdot \varphi'_4(S), \quad (8)$$

где $a_{S4}(S)$, $\varepsilon_4(S)$ – соответственно линейное и угловое ускорение НМ;

m_4 , J_4 – соответственно масса и момент инерции НМ;

$\varphi'_4(S)$ – аналог угловой скорости НМ.

Определение реакций в шарнирах МН выполняется последовательно по группам Ассура и в соответствии с известной методикой [1]. Причем реакция, определенная в результате в кинематической паре $\Pi_{23} - R_{23}(S)$, должна быть равна полезной нагрузке $F(S)$ на штоке поршня гидроцилиндра:

$$F(S) = P_4 \cdot I_{S4}(S).$$

Приведенная к штоку ГЦ сила трения определяется по результатам кинематического и силового анализов:

$$F_{mp}^{np}(S) = F_{mp\zeta} + r \cdot f_{mp} \cdot \left\{ \sum_{i=1}^5 R_{0i}(S) \cdot \varphi'_i(S) + \sum R_{ij}(S) \cdot [\varphi'_i(S) \pm \varphi'_{i+1}(S)] \right\}, \quad (9)$$

где r – радиус шарниров;

f_m – коэффициент трения;

$R_{0i}(S)$, $R_{ij}(S)$ – силы реакций соответственно в неподвижных и подвижных шарнирах МН;

φ'_i , φ'_{i+1} – аналоги угловых скоростей звеньев МН;

$F_{mp\zeta}$ – сила трения манжеты ГЦ [5].

$$F_{mp\zeta} = \pi \cdot D \cdot l \cdot f_c \cdot p_m,$$

где D – диаметр поршня ГЦ;

l – ширина манжеты;

f_c – коэффициент трения манжеты о гильзу ГЦ;

p_m – среднее давление в напорной полости ГЦ.

Результаты расчета на сформированной функциональной математической модели (ФММ) выходных параметров для базового и модернизированного ПНУ приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Зависимость выходных параметров базового ПНУ от обобщенной координаты

S	$\varphi_4(S)$	$Y_{34}(S)$	$Y_{S4}(S)$	$I_M(S)$	$I_{S4}(S)$	$F_g(S)$	$p_c(S)$	$G_M(S)$	$G_{S4}(S)$
[м]	[град]	[м]	[м]	[-]	[-]	[Н]	[Мна]	[кН]	[кН]
0,50	90,027	0,246	0,368	2,364	4,662	42890	17,076	16,465	8,351
0,52	87,261	0,293	0,38	2,325	4,186	38510	15,332	16,745	9,301
0,54	84,858	0,339	0,396	2,283	3,875	35650	14,195	17,053	10,046
0,56	82,698	0,385	0,414	2,239	3,651	33590	13,372	17,389	10,664
0,58	80,709	0,429	0,433	2,193	3,478	31990	12,738	17,754	11,195
0,60	78,838	0,472	0,452	2,145	3,338	30710	12,227	18,147	11,662
0,62	77,05	0,515	0,472	2,096	3,223	29650	11,804	18,572	12,081
0,64	75,315	0,556	0,492	2,046	3,125	28750	11,445	19,029	12,46
0,66	73,609	0,597	0,51	1,994	3,041	27980	11,138	19,521	12,803
0,68	71,913	0,636	0,529	1,942	2,969	27310	10,847	20,051	13,114
0,70	70,205	0,674	0,545	1,888	2,907	26750	10,649	20,62	13,391

Таблица 2 – Зависимость выходных параметров модернизированного ПНУ от обобщенной координаты

S	$\varphi_4(S)$	$Y_{34}(S)$	$Y_{S4}(S)$	$I_M(S)$	$I_{S4}(S)$	$F_g(S)$	$p_c(S)$	$G_M(S)$	$G_{S4}(S)$
[м]	[град]	[м]	[м]	[-]	[-]	[Н]	[Мна]	[кН]	[кН]
0,50	89,943	0,396	0,565	2,009	3,316	30508	12,146	19,378	11,74
0,52	87,933	0,436	0,58	1,971	3,16	29075	11,576	19,751	12,319
0,54	86,099	0,475	0,596	1,932	3,034	27912	11,113	20,152	12,832
0,56	84,396	0,513	0,613	1,892	2,928	26939	10,725	20,582	13,296
0,58	82,79	0,55	0,63	1,85	2,838	26107	10,394	21,039	13,719
0,60	81,256	0,587	0,648	1,808	2,795	25385	10,107	21,53	14,109
0,62	79,775	0,623	0,665	1,795	2,691	24755	9,856	22,054	14,469
0,64	78,328	0,658	0,681	1,722	2,631	24202	9,636	22,614	14,799
0,66	76,902	0,692	0,697	1,677	2,578	23719	9,443	23,213	15,101
0,68	75,483	0,725	0,712	1,632	2,533	23302	9,277	23,855	15,371
0,70	74,058	0,757	0,726	1,586	2,495	22951	9,138	24,543	15,606

Параметрическая оптимизация. Проектируя переднее ПНУ, инженер исходит из назначения мобильного сельскохозяйственного агрегата (УЭС, навесная машина или орудие), стремясь удовлетворить ряд противоречивых условий: скомпоновать механизм навески так, чтобы в процессе движения навесная машина занимала желаемое положение, не нарушая требования стандартов; при ограниченной мощности гидропривода обеспечить грузоподъемность ПНУ; снизить нагрузки (и потери) в элементах МН, а также силовое воздействие на раму УЭС.

Традиционный способ проектирования при относительно большом числе внутренних параметров, описывающих ПНУ, при достаточно широком диапазоне их изменения и наличии функциональных ограничений не позволяют в реальные сроки всесторонне исследовать ресурсы создаваемого МН.

Практика показала, что модернизацию переднего ПНУ целесообразно начинать путем модификации части внутренних параметров МН. Полученное на основе сформированной ФММ проектное решение (рисунок 5) оценивают в соответствии с техническими требованиями по различным выходным параметрам МН. При этом для каждого синтезированного варианта МН характерна многокритериальная оценка. Процедура параметрического синтеза базируется на постановке задачи нелинейного программирования, которая включает: назначение управляемых параметров, выбор показателей качества МН и описание функциональных ограничений.

В качестве управляемых параметров МН, определяющих вариант его геометрической модели, были приняты: координаты шарниров основания гидроцилиндра – X_{01}, Y_{01} , центральной и нижних тяг – X_{05}, Y_{05} ; X_{03}, Y_{03} , расположенные на раме УЭС, а также длина поворотного рычага нижней тяги – L_3 .

Каждой комбинации вектора управляемых параметров $\vec{X} = \{X_{01}, Y_{01}; X_{03}, Y_{03}; X_{05}, Y_{05}; L_3\}$ соответствуют определяемые по ФММ значения показателей качества $Y(X)$:

$$\vec{Y} = \{I_M^{max}, \bar{I}_M \bar{F}_{mp}, \bar{R}_{03}, R_{03}^{max} \bar{F}\}, \quad (10)$$

где \bar{I}_M, I_M^{max} – среднее и максимальное значения передаточного числа (ПЧ) МН на оси подвеса в интервале изменения S ;

\bar{F}_{mp}, \bar{F} – средние значения приведенной силы трения и полезной нагрузки на гидроцилиндре;

$\bar{R}_{05}, R_{05}^{max}$ – среднее и максимальное значения реакции в шарнире центральной тяги.

Передаточное число МН на оси подвеса представляет вертикальную составляющую аналога линейной скорости оси подвеса и определяется выражением:

$$I_M(S) = \varphi'_3(S) \cdot L_{34} \cdot \cos[\varphi_3(S)].$$

Искомые значения оптимизируемых параметров ПНУ должны удовлетворять ряду конструктивных, технологических и эксплуатационных ограничений, которые делятся на прямые и функциональные. Прямые ограничения касаются предельных значений управляемых параметров, т.е.

$$\vec{X}_{min} \leq \vec{X} \leq \vec{X}_{max}.$$

К функциональным ограничениям относятся: величина хода оси подвеса – ΔY_M и отклонение высоты присоединительного треугольника – φ_4^{max} от вертикали.

$$\Delta Y_M = Y_{34}(S^{max}) - Y_{34}(S_p) \geq \Delta Y_M^{don} ; \varphi_4^{max} = \varphi_4(S^{max}) - \varphi_4(S_p) \leq \varphi_4^{don}, \quad (11)$$

где S_p – значение обобщенной координаты в рабочем положении оси подвеса.

Если ограничения на приведенные выше выходные параметры МН не удовлетворяются, то рассчитываемый при помощи ФММ вариант отбраковывается.

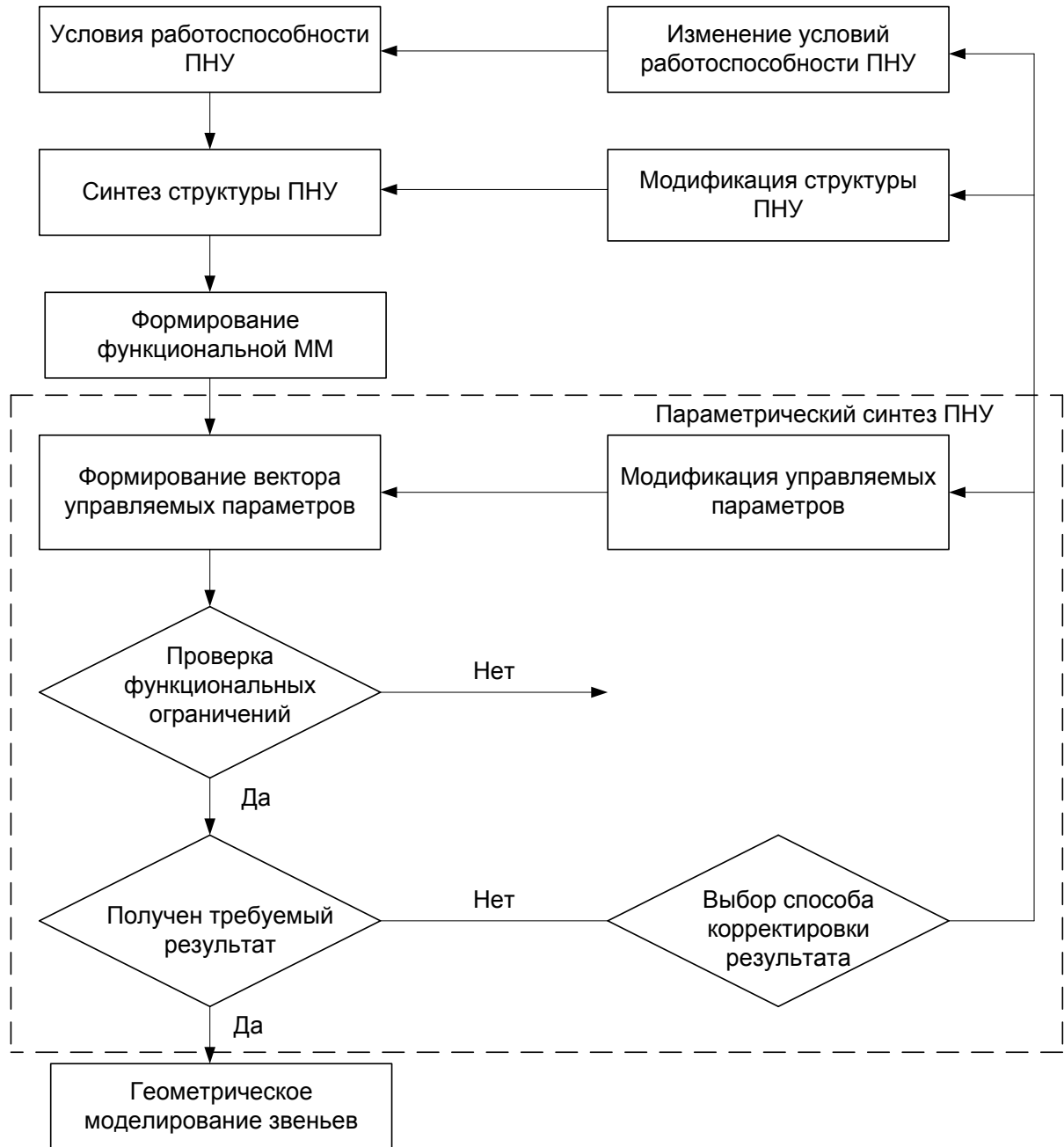


Рисунок 5 – Получение проектного решения при проектировании подъемно-навесных устройств

Величина ПЧ на оси подвеса МН определяется сочетанием линейных размеров звеньев, с их соотношением связана и величина реакции в шарнире П05. В свою очередь, потери на трение зависят от величины реакций в шарнирах. В ходе проведенного вычислительного эксперимента было установлено,

что показатели качества конфликтуют между собой, поэтому для поиска оптимального решения используется стратегия минимакса [6].

Цель параметрической оптимизации – определение множества управляемых параметров МН, которые вместе с неизменяемыми внутренними параметрами составляют вектор, определяющий модернизированный вариант МН, одновременно удовлетворяющий функциональным ограничениям и максимизирующий минимальный из показателей качества. Принятый вариант МН оценивался по грузоподъемности на оси подвеса МН – по показателю качества ПНУ, зависящему одновременно от параметров гидропривода, МН и НМ:

$$G_M = \frac{p_2^{max} \cdot F_c - [F_{un}^{np}(S^*) + F_{mp}^{np}(S^*)]}{I_M^{max}(S^*)}, \quad (12)$$

где S^* – значение обобщенной координаты, соответствующее $I_M^{max}(S^*)$;

$p_{ци}^{max}$ – максимальное давление в ГЦ.

Заключение

В результате проведенной работы грузоподъемность модернизированного варианта МН по сравнению с серийным была увеличена на 17,7% (смотри таблицу 1, 2).

Аналитические выражения (5), (6) и (7) могут быть использованы для анализа функционирования ПНУ идентичной структуры в других мобильных энергетических средствах.

Библиография

1. Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин [Текст] / И.И. Артоболевский. – М.: Машиностроение, 1988. – 640 с.
2. Гуськов, В.В. Тракторы. Ч.3. Конструирование и расчет [Текст] / В.В. Гуськов. – Мн.: Выш. шк., 1981. – 383 с.
3. Попов, В.Б. Аналитические выражения кинематических передаточных функций механизмов навески энергоносителей [Текст] / В.Б. Попов // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. – №2. – 2000. – С.25-29.
4. Попов, В.Б. Математическое моделирование гидропривода подъемно-навесного устройства мобильного агрегата [Текст] / В.Б. Попов, В.А. Довгяло // Проблемы и перспективы развития транс. систем: тез. докл. межд. науч.-практич.конф. Ч.2 / БелГУТ. – Гомель, 2003. – С.103-106.
5. Озол, О.Г. Теория механизмов и машин [Текст] / О.Г. Озол: пер. с латыш.; под ред. С.Н. Кожевникова. – М.: Наука, 1984. – 432 с.
6. Тарасик, В.П. Математическое моделирование технических систем [Текст] / В.П. Тарасик: Мн.: Дизайн ПРО, 2004. – 640 с.

Введение

Применяемые в настоящее время показатели энергетической эффективности технологий являются частными – энергоемкость (\mathcal{E}) и энергосодержание (e) продукции или обобщенными – энергетический КПД (R) и коэффициент энергоемкости ($K_{\mathcal{E}}$) производства [1-4]. Недостатком первых трех показателей является то, что они не отражают изменение уровня техногенных энергозатрат при переходе к новым технологиям. Четвертый показатель, напротив, характеризует его, но без связи с энергосодержанием продукции. Следовательно, необходим более функциональный (комплексный и универсальный) критерий, который бы не только характеризовал изменение энергоемкости и энергосодержания (во взаимосвязи с урожайностью) при использовании различных вариантов ресурсообеспечения производства, но также давал сравнительную количественную оценку их целесообразности с позиции энергосбережения.

Основная часть

В качестве такого критерия предлагается индекс энергетической эффективности технологии, выражаемый в процентах:

$$I_R = 100 \frac{R - R_B}{R_B} \Rightarrow \max,$$

где R и R_B – энергетический КПД технологии [2].

После преобразований этого выражения получим:

$$I_R = 100 \left(\frac{1}{K_{\mathcal{E}} K_e} - 1 \right) \Rightarrow \max, \quad (1)$$

где $K_{\mathcal{E}}$ и K_e – соответственно коэффициенты полной энергоемкости и энергосодержания продукции, производимой по новой технологии.

Коэффициент полной энергоемкости, как известно, представляет собой соотношение полных энергоемкостей продукции новой и базовой технологий:

$$K_{\mathcal{E}} = \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}_B}.$$

Производным от него является индекс полной энергоемкости (%):

$$I_{\mathcal{E}} = \left(\frac{1}{K_{\mathcal{E}}} - 1 \right) \cdot 100.$$

Второй показатель в формуле (1) – коэффициент энергосодержания продукции характеризует соотношение энергосодержания продукции новой и базовой технологии:

$$K_e = \frac{e_B}{e}.$$

Его значение следует определять, когда новая технология изменяет физико-химический состав продукции (например, для продовольственных материалов – количество белка, лизина, клетчатки и т.д., для биотоплива – теплотворную способность) и, следовательно, ее энергосодержание. Если состав продукции не изменяется, то $e = e_B$, $K_e = 1$, и критерием энергетической эффективности технологии становится индекс полной энергоемкости продукции:

$$I_R = 100\left(\frac{1}{K_\varepsilon} - 1\right) \Rightarrow \max. \quad (2)$$

Повышение энергетической эффективности производства продукции основывается, прежде всего, на снижении полной энергоемкости [1], величина которой обуславливается, с одной стороны, расходами и энергетическими свойствами производственных ресурсов, а с другой – количеством полученной продукции, т.е. урожайностью сельскохозяйственной культуры:

$$\varepsilon = F(G_j, \alpha_j, Y),$$

где G_j – расход ресурса j -го вида, физ. ед./га;

α_j – энергетический эквивалент ресурса, МДж/физ.ед;

Y – урожайность рассматриваемой культуры, т/га.

Уровень урожайности сельскохозяйственной культуры находится во взаимосвязи с расходами производственных ресурсов, т.е.:

$$Y = F(G_j).$$

Для основных культур зависимости урожайности от этих факторов представлены в соответствующих материалах и рекомендациях по механизации, почвоведению и агрохимии [1-5 и др.].

Характер связей энергосодержания продукции с расходами производственных ресурсов до настоящего времени неизвестен, однако имеются данные о влиянии различных факторов на ее энергообразующие элементы, на основании которых представляется возможным прогнозировать этот показатель для различных видов продукции по зависимостям [6-8 и др.]:

- для продовольствия

$$e = F(M_{\bar{o}}, M_{жс}, M_y);$$

- корма для животных

$$e = F(M_n, M_{жс}, M_{\bar{o}эв}, W_{вл}, e_{жив}, H_{жив});$$

- твердого или жидкого биотоплива

$$e = F(M_{H_2}, M_C, M_{O_2}, M_S, M_N, W_{вл});$$

- газообразного биотоплива

$$e = F(M_{CO_2}, M_{H_2}, M_{H_2S}, M_{O_2}, M_{C_mH_n}),$$

где $M_b, M_{ж}, M_y$ – массовые доли белка, жира, углеводов, %;

$M_n, M_{бэв}, W_{вл}$ – массовые доли протеина и безазотистых экстрактивных веществ, %;

$e_{жив}$ – энергосодержание продукции животноводства, МДж/кг;

$H_{жив}$ – норма потребности в кормах для ее производства, к.е./кг;

$M_{H_2}, M_C, M_{O_2}, M_S, M_N, M_{CO}, M_{H_2S}, M_{O_2}, M_{C_mH_n}$ – массовые доли горючих химических компонентов рабочего состава биотоплива, %.

Рассмотрим в качестве примера методику определения индекса энергетической эффективности процесса сушки зерна при использовании в топочном агрегате местного биотоплива вместо традиционного (жидкого нефтяного) топлива.

Коэффициент энергоёмкости зерна при работе сушильной установки на местном биотопливе согласно [1] представляет собой соотношение:

$$K_{\mathcal{E}} = \frac{\mathcal{E}_T + \mathcal{E}_{\mathcal{E}\mathcal{E}} + \mathcal{E}_M}{\mathcal{E}_{T_B} + \mathcal{E}_{\mathcal{E}\mathcal{E}_B} + \mathcal{E}_{M_B}}, \quad (3)$$

где $\mathcal{E}_T, \mathcal{E}_{\mathcal{E}\mathcal{E}}, \mathcal{E}_M$ – составляющие полной энергоёмкости от расхода топлива, электрической энергии и материалоемкости процесса, МДж/т (нижний символ «Б» здесь и далее указывает на отношение показателя к технологии на традиционном топливе, принятой за базовую).

Введем частные коэффициенты изменения составляющих полной энергоёмкости сушки от расхода топлива, электроэнергии и материалоемкости сушильной установки:

$$K_{\mathcal{E}_T} = \frac{\mathcal{E}_T}{\mathcal{E}_{T_B}}; K_{\mathcal{E}_{\mathcal{E}\mathcal{E}}} = \frac{\mathcal{E}_{\mathcal{E}\mathcal{E}}}{\mathcal{E}_{\mathcal{E}\mathcal{E}_B}}; K_{\mathcal{E}_M} = \frac{\mathcal{E}_M}{\mathcal{E}_{M_B}}. \quad (4 \text{ а, б, в})$$

Подставив эти выражения в формулу (3), после преобразований получим:

$$K_{\mathcal{E}} = K_{\mathcal{E}_T} \delta_{T_B} + K_{\mathcal{E}_{\mathcal{E}\mathcal{E}}} \delta_{\mathcal{E}\mathcal{E}_B} + K_{\mathcal{E}_M} \delta_{M_B}, \quad (5)$$

где $\delta_{T_B} = \frac{\mathcal{E}_{T_B}}{\mathcal{E}_B} = const$; $\delta_{\mathcal{E}\mathcal{E}_B} = \frac{\mathcal{E}_{\mathcal{E}\mathcal{E}_B}}{\mathcal{E}_B} = const$; $\delta_{M_B} = \frac{\mathcal{E}_{M_B}}{\mathcal{E}_B} = const$ – доли составляющих энергоёмкости от расхода соответственно топлива, электроэнергии и материалоемкости в полной энергоёмкости сушки на традиционном топливе.

Значения \mathcal{E}_T и \mathcal{E}_{T_B} в формуле (4а) рассчитываются следующим образом [1]:

$$\mathcal{E}_T = g_T(e_T + \alpha_T); \quad \mathcal{E}_{T_B} = g_{T_B}(e_{T_B} + \alpha_{T_B}), \quad (6 \text{ а, б})$$

где g_T (с соответствующим символом) – расход топлива на сушку, кг/т;

e_T и α_T – энергосодержание (низшая теплотворная способность) и энергетический эквивалент топлива, МДж/кг.

Расход топлива в общем случае определяется по формуле [9]:

$$g_T = \frac{Q_{TЭ}}{W_{пл} e_T \eta_{мон}}, \quad (7)$$

где $Q_{TЭ}$ – расход теплоты, МДж/ч;

$W_{пл} = W_0 K_е K_{к(н)}$ – плановая производительность сушильной установки, пл.т/ч;

$W_0 = W_3 \frac{100 - \omega_3}{100 - \omega_0}$ – производительность по сырому зерну, т/ч;

$K_е$ и $K_{к(н)}$ – коэффициенты пересчета массы просушенного зерна в плановые тонны в зависимости от исходной и конечной влажности зерна (ω_0 и ω_3) соответственно и от рода и назначения зерновой культуры;

$\eta_{мон}$ – КПД топочного агрегата сушильной установки.

С учетом (6а,б) и (7) формула (4а) примет вид:

$$K_{ЭТ} = \frac{Q_{TЭ} e_{TБ} \eta_{монБ} W_{плБ} (e_T + \alpha_T)}{Q_{TЭБ} e_T \eta_{мон} W_{пл} (e_{TБ} + \alpha_{TБ})}. \quad (8)$$

Для оперативности сравнительной оценки энергетических показателей сушки введем коэффициенты изменения расхода тепловой энергии $K_Q = Q_{TЭ} / Q_{TЭБ}$; энергосодержания топлива $K_{eT} = e_T / e_{TБ}$; энергетического эквивалента топлива $K_{\alpha T} = \alpha_T / \alpha_{TБ}$; КПД теплогенератора $K_\eta = \eta_{мон} / \eta_{монБ}$; плановой производительности $K_W = W_{пл} / W_{плБ}$; а также энергетический КПД производства традиционного топлива $R_{TБ} = e_{TБ} / \alpha_{TБ} = const$.

Подставив эти соотношения в (8), получим выражение для расчета частного коэффициента полной энергоемкости расхода топлива:

$$K_{ЭТ} = \frac{K_Q (R_{TБ} K_{eT} + K_{\alpha T})}{K_{eT} K_\eta K_W (R_{TБ} + 1)} = \frac{K_Q}{K_\eta K_W} K_{e\alpha}. \quad (9)$$

В формуле (9), как показывает анализ, коэффициент $K_{e\alpha} = \frac{R_{TБ} K_{eT} + K_{\alpha T}}{K_{eT} (R_{TБ} + 1)}$

для различных видов местного (заменяющего) и традиционного (заменяемого) топлива имеет определенное значение, которое можно вычислить по данным [10] об энергоемкости и энергетических эквивалентах производственных ресурсов. Например, при замене торфом дизтоплива $K_{e\alpha}$ будет равен 1,02...1,10, а природного газа – 1,12...1,25 (большее значение соответствует торфу влажностью 40%, меньшее – 25%).

Для определения коэффициента $K_{ЭЭБ}$ по формуле (4б) значения $\mathcal{E}_{ЭЭ}$ и $\mathcal{E}_{ЭБ}$ соответственно рассчитываются по выражениям:

$$\mathcal{E}_{\mathcal{E}\mathcal{E}} = \frac{\kappa_{\mathcal{E}\mathcal{E}} + \alpha_{\mathcal{E}\mathcal{E}}}{W_{нл}} \sum_j P_j K_{N_j}; \quad \mathcal{E}_{\mathcal{E}\mathcal{E}_B} = \frac{\kappa_{\mathcal{E}\mathcal{E}_B} + \alpha_{\mathcal{E}\mathcal{E}_B}}{W_{нлБ}} \sum_j P_{jБ} K_{N_{jБ}}, \quad (10 \text{ а, б})$$

где $K_{\mathcal{E}\mathcal{E}} = 3,6 \text{ МДж/кВт}\cdot\text{ч}$ – коэффициент пересчета электроэнергии;

P_j – установленная мощность j -го потребителя электроэнергии в сушильной установке, кВт ;

K_{N_j} – коэффициент использования установленной мощности.

Подставив в (10а) и (10б) значения $e_{\mathcal{E}\mathcal{E}} = e_{\mathcal{E}\mathcal{E}_B} = 3,6 \text{ МДж/кВт}\cdot\text{ч}$;

$\alpha_{\mathcal{E}\mathcal{E}} = \alpha_{\mathcal{E}\mathcal{E}_B} = 9,2 \text{ МДж/кВт}\cdot\text{ч}$ [6]; $K_{N_j} = K_{N_{jБ}}$ из (4б), получим:

$$K_{\mathcal{E}\mathcal{E}\mathcal{E}} = \frac{K_{P\mathcal{E}}}{K_W}, \quad (11)$$

где $K_{P\mathcal{E}} = \sum_j P_j / \sum_j P_{jБ}$ – коэффициент изменения установленной мощности

электрооборудования сушильной установки на биотопливе.

Для определения коэффициента $K_{\mathcal{E}M}$ по формуле (4в) значения \mathcal{E}_M и $\mathcal{E}_{MБ}$ рассчитываются соответственно по формулам:

$$\mathcal{E}_M = \frac{M_c (a_c + r_c) \alpha_c}{100 W_{нл} T_c}; \quad \mathcal{E}_{MБ} = \frac{M_{cБ} (a_{cБ} + r_{cБ}) \alpha_{cБ}}{100 W_{нлБ} T_{cБ}}, \quad (12 \text{ а, б})$$

где M_c – конструктивная масса сушильной установки, кг ;

a_c и r_c – годовые отчисления соответственно на реновацию и ремонт, %;

α_c – энергетический эквивалент сушильной установки, МДж/кг ;

T_c – годовая загрузка, ч.

Приняв с несущественной погрешностью, что $a_c = a_{cБ}$; $r_c = r_{cБ}$; $\alpha_c = \alpha_{cБ}$; $T_c = T_{cБ}$, получим:

$$K_{\mathcal{E}M} = \frac{K_M}{K_W}, \quad (13)$$

где $K_M = M_C / M_{CБ}$ – коэффициент изменения массы сушильной установки при переходе на местное топливо.

Подставив выражения (9), (11) и (13) в формулу (5), получим выражение для коэффициента энергоемкости сушки зерна на местном биотопливе:

$$K_{\mathcal{E}} = \frac{1}{K_W} \left(\frac{K_Q R_{e\alpha}}{K_\eta} \delta_{TБ} + K_P \delta_{\mathcal{E}\mathcal{E}_B} + K_M \delta_{MБ} \right). \quad (14)$$

Энергосодержание зерна при замене топлива в теплогенераторах сушильных установок не изменяется в связи с тем, что качественные показатели зерна (по белку, лизину, клетчатке и т.п.) обеспечиваются режимами сушки. Таким образом, индекс энергетической эффективности определится по формуле (2).

Например, для идеального случая, когда $K_W = 1$, $K_Q = 1$, $K_\eta = 1$, $K_{PЭ} = 1$, $K_M = 1$, с учетом (14) получим:

$$I_R = 100 \left(\frac{1}{R_{ea} \delta_{T_B} + \delta_{ЭЭБ} + \delta_{M_B}} - 1 \right).$$

Предположим, что $\delta_{T_B} = 0,7$; $\delta_{ЭЭБ} = 0,1$; $\delta_{M_B} = 0,2$ (значения, близкие к получаемым на практике). Тогда при замене нефтяного топлива, например, торфом индекс уровня энергетической эффективности процесса сушки на местном топливе будет равен:

$$I_R = 100 \left(\frac{1}{(1,1 \dots 1,0) \cdot 0,7 + 0,1 + 0,2} - 1 \right) = (-6,5\%) \dots (-1,4\%),$$

т.е. эффективность снизится незначительно, особенно в случае применения более сухого торфа.

Заключение

В действительности, по данным испытаний сушилок на разных видах топлива, значения коэффициентов изменения производительности, расхода тепловой энергии, КПД топочного агрегата, а также массы сушильной установки (за счет дополнительных секций для обеспечения примерно одинаковой производительности при работе на обоих видах топлива) могут варьировать в довольно широких пределах. В связи с этим показатели энергетической эффективности процесса сушки для каждого варианта замены традиционного топлива на местное биотопливо следует определять с учетом этих изменений, оцениваемых коэффициентами $K_{ea}, K_Q, K_\eta, K_{PЭ}, K_M, K_W$.

Библиография

1. Севернев, М.М. Энергосберегающие технологии сельскохозяйственного производства [Текст]. – Мн.: Урожай, 1994. – С.150-216.
2. Жученко, А.А. Энергетический анализ в сельском хозяйстве [Текст] / А.А. Жученко, В.Н. Афанасьев. – Кишинев: «Штиинца», 1988. – 128 с.
3. Методика определения энергетической эффективности применения минеральных, органических и известковых удобрений [Текст] / ААН РБ. БелНИИПА. – Мн., 1996. – 50 с.
4. Методика энергетического анализа в защите растений [Текст] / ААН РБ. БелНИИЗР. – Мн., 1999. – 16 с.
5. Родов, Е.Г. Интенсификация производства продукции – основа ресурсосбережения в растениеводстве [Текст] / Е.Г.Родов, А.В. Ленский, В.С. Костюк // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси». Вып.40. – Мн., 2006. – С. 3-10.
6. Методика биоэнергетической оценки технологий производства продукции растениеводства [Текст] / МСХ СССР. ВАСХНИЛ. – М., 1983. – 45 с.
7. Методические рекомендации по топливно-энергетической оценке технологических процессов в кормопроизводстве [Текст] / ВАСХНИЛ. – М., 1987. – 27 с.
8. ГОСТ 21261 – 91. Нефтепродукты. Метод определения высшей теплоты сгорания и вычисление низшей теплоты сгорания [Текст] – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 28 с.
9. Колос, В.А. Определение удельного расхода топлива зерносушильными установками [Текст] / В.А. Колос, Ю.Н. Сапьян, А.С. Тимошек // Механизация и электрификация сель-

УДК 621.431.7

А.И. Якубович, В.Е. Тарасенко
(УО «БГАТУ»,
г. Минск, Республика Беларусь)

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ КАПОТА НА ПОКАЗАТЕЛИ МОТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Введение

Воздушное пространство вокруг дизеля трактора следует рассматривать как сплошную среду с источником теплоты. Являясь источником теплоты, дизель рассеивает ее через стенки блок-картера путем конвекции. В окружающей среде вокруг него образуется тепловое поле [1]. Границы теплового поля условно определяются капотом, ограничивающим моторный отсек.

Объем, занимаемый дизелем при полном ограждении (капсулировании) или при установке боковин капота, можно рассматривать как отсек ограниченного объема. Отделение дизеля от окружающего пространства стенками капота существенно изменяет условия работы и его температурный режим.

Объект и методы исследований

Часть теплоты от двигателя уносится охлаждающей жидкостью, маслом и рассеивается радиаторами. Рассеиваемая радиаторами теплота в силу конструктивных особенностей воздушного тракта также поступает с нагретым воздухом под капот. В итоге, вокруг дизеля образуется тепловое поле с достаточно высокой температурой. Температура поля уменьшается с увеличением расстояния от источника и на определенном расстоянии становится равной окружающей. Интенсивность рассеивания теплоты поверхностей дизеля увеличивается с понижением температуры окружающей среды. Исследование влияния конструкции капота на мощностные и экономические показатели моторной установки трактора, в том числе в совокупности с температурным режимом дизеля, представляется актуальным.

Расчет температурного режима дизеля. Воздушный тракт современного трактора представляет собой насыщенный конструктивными элементами отсек. Это в значительной степени увеличивает сопротивление проходимых воздушных масс, нагнетаемых вентиляторной установкой.

Количество воздуха, которое должно проходить через воздушный тракт, определяется по формуле:

$$W_{BT} = \frac{\sum Q_{W.BT}}{c_{PW} \cdot \rho_W \cdot (T_{W2} - T_{W1})}, \quad (1)$$

где $\sum Q_{W.BT}$ – количество теплоты, передаваемое от блока радиаторов потоку воздуха, Дж;

c_{PW} – удельная теплоемкость воздушного теплоносителя, Дж/кг·К;
 ρ_W – плотность теплоносителя, кг/м³;
 T_{W1} – температура потока воздуха на входе в воздушный тракт, °С;
 T_{W2} – температура потока воздуха на выходе из воздушного тракта, °С.

Общее количество теплоты, передаваемое от блока радиаторов потоку воздушного теплоносителя, равно [2]:

$$\sum Q_{W.BT} = Q_{M.ДВ.} + Q_{M.ТР.} + Q_K + Q_{ОХЛ.},$$

где $Q_{M.ДВ.}$ – тепло, отводимое от масляного радиатора дизеля, Дж;

$Q_{M.ТР.}$ – тепло, отводимое от масляного радиатора трансмиссии или узлов гидропривода, Дж;

Q_K – тепло, отводимое от радиатора кондиционера, Дж;

$Q_{ОХЛ.}$ – тепло, отводимое от водяного радиатора дизеля, Дж.

Поскольку формула аэродинамического сопротивления (напора) имеет вид [3]

$$\Delta P_{BT} = \xi_B \cdot \rho_W \frac{g_W^2}{2}, \quad (2)$$

где ξ_B – коэффициент аэродинамического сопротивления;

g_W – средняя скорость воздуха через воздушный тракт,

становится очевидным, что аэродинамическое сопротивление повышается с увеличением скорости воздуха. На основании этого, а также учитывая, что скорость воздуха перед фронтом блока радиаторов определяется по формуле:

$$g_W = \frac{W_B}{F_{ФР.БТ}},$$

где W_B – производительность вентиляторной установки, м³/с;

$F_{ФР.БТ}$ – фронтальная площадь воздушного тракта, м²,

представляется возможным записать выражения для определения скорости воздуха и производительности вентиляторной установки. Формула скорости воздуха примет вид:

$$g_W = \sqrt{\frac{2\Delta P_{BT}}{\xi_B \cdot \rho_W}}, \quad (3)$$

а формула производительности вентиляторной установки предстанет в следующем виде:

$$W_B = F_{ФР.БТ} \sqrt{\frac{2\Delta P_{BT}}{\xi_B \cdot \rho_W}}. \quad (4)$$

Полученные зависимости позволяют записать условие обеспечения охлаждения блока радиаторов, установленных в воздушном тракте, т.е. $W_B \geq W_{BT}$ или в виде:

$$F_{ФР.БТ} \sqrt{\frac{2\Delta P_{BT}}{\xi_B \cdot \rho_W}} \geq \frac{\sum Q_{W.BT}}{c_{PW} \cdot \rho_W \cdot \Delta T_W}. \quad (5)$$

Параметры системы охлаждения трактора «Беларус-80.1» с дизелем Д-243 при полном и частичном ограждении капота и в серийном исполнении приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнительные показатели различных конструкций капота

Параметры	Капсулирование	Капотирование боковинами	Серийное капотирование
Температура воды на выходе из дизеля, °С	91,2	93,5	91,6
	103,4	105,6	105
Перепад температур воды в радиаторе	3,6	3,9	3,8
	4,8		5,0
Температура масла на выходе из дизеля, °С	94	96	93,8
	90		90
Перепад температур масла в радиаторе	19	19	18,5
	13		17,5
Температура воздуха на выходе из радиатора, °С	64,5	66,3	64,9
	73,5		75,9
Перепад температур воздуха между входом и выходом из водяного радиатора	23,7	23,9	23,3
	32,5		31,9
Температура воздуха под капотом, °С	67	74	77,5
	77		89
Статический напор под капотом, Па	+63	+73	+27
Расход воздуха через воздушный тракт, м ³ /ч	3700	4300	4650
			3100

Примечание – в числителе – режим максимальной мощности, в знаменателе – режим максимального крутящего момента, $K = 17,8\%$.

Сравнение вариантов – полного ограждения капота (далее – капсулирования) с продувочным окном $0,16 \text{ м}^2$ в верхней части, частичного ограждения капота боковинами (далее – капотирования) и серийного капота показывает (таблица 3), что исследуемые варианты при максимальной мощности в температурном режиме дизеля равноценны и практически не отличаются от серийного исполнения. В режиме максимального крутящего момента ($K = 17,4\%$) при капотировании боковинами температурный режим охлаждающей жидкости превышает допустимое значение 105°C .

Эффективность теплопередачи от водяного радиатора при капсулировании и капотировании боковинами выше серийного исполнения. Этому способствует организованное движение воздушного потока через блок радиаторов и под капотом моторного отделения.

Следует отметить, что температурный режим дизеля можно регулировать путем изменения производительности вентилятора, а также за счет выбора ра-

циональных параметров отдельных элементов воздушного тракта. Одним из таких элементов является капот моторной установки.

Анализ вариантов капотирования моторных установок тракторов

Фактором, определяющим температурный режим дизеля, является температура воздуха внутри отсека моторного отделения. Тепловое состояние дизеля, работа находящихся в моторном отделении обслуживающих его агрегатов, напрямую зависят от организации воздушного потока, проходящего через блок радиаторов и отсек моторного отделения. Роль воздушного потока в подкапотном пространстве существенна, так как он отводит тепло от стенок дизеля, выпускного коллектора, масляного картера. Однако поток нагретого воздуха повышает температуру топлива в топливном насосе, фильтрах и топливопроводах. В результате уменьшается цикловая подача топливного насоса, изменяется начало впрыска, и растет неравномерность подачи топлива по цилиндрам [4, 5]. Температурные поля под капотом оказывают значительное влияние на топливно-экономические показатели работы дизеля. Температура воздуха в отсеке зависит от режима работы дизеля, температурного режима системы охлаждения, конструкции капота, температуры окружающей среды.

Температурный режим под капотом оценивается перепадом температур потока воздуха на входе в воздушный тракт и выходе из моторного отсека. Перепад температур зависит от количества теплоты, переданной потоку воздуха узлами охлаждения, и количества теплоты, введенной в моторный отсек прямым теплоотводом от дизеля.

Температура воздуха под капотом зависит от расходных характеристик вентилятора. Исследования [3] показывают, что температура воздуха в воздушном тракте и под капотом повышается по мере уменьшения расхода воздуха через блок радиаторов. При уменьшении расхода воздуха через блок радиаторов с $4650 \text{ м}^3/\text{ч}$ до $3700 \text{ м}^3/\text{ч}$ средняя температура воздуха под капотом повышается на $10,5^\circ\text{C}$. Дальнейшее снижение расхода воздуха через блок радиаторов приводит к более интенсивному увеличению температур (рисунок 6).

Анализ тепловыделения в моторном отсеке показывает, что теплота в моторный отсек поступает с потоком воздуха, нагретого при прохождении блока радиаторов от стенок блока дизеля и наиболее нагретых его элементов – выпускного коллектора, турбокомпрессора.

Анализ конструкций капотов моторного отсека ведущих зарубежных производителей тракторной техники (рисунок 7) свидетельствует о новых тенденциях в конструировании капотов дизеля. Для снижения шума работы дизеля очевидно преобладание конструкции с полным капотированием моторного отсека, а также с применением металлопластиковой облицовки, обеспечивающей требования современного дизайна.

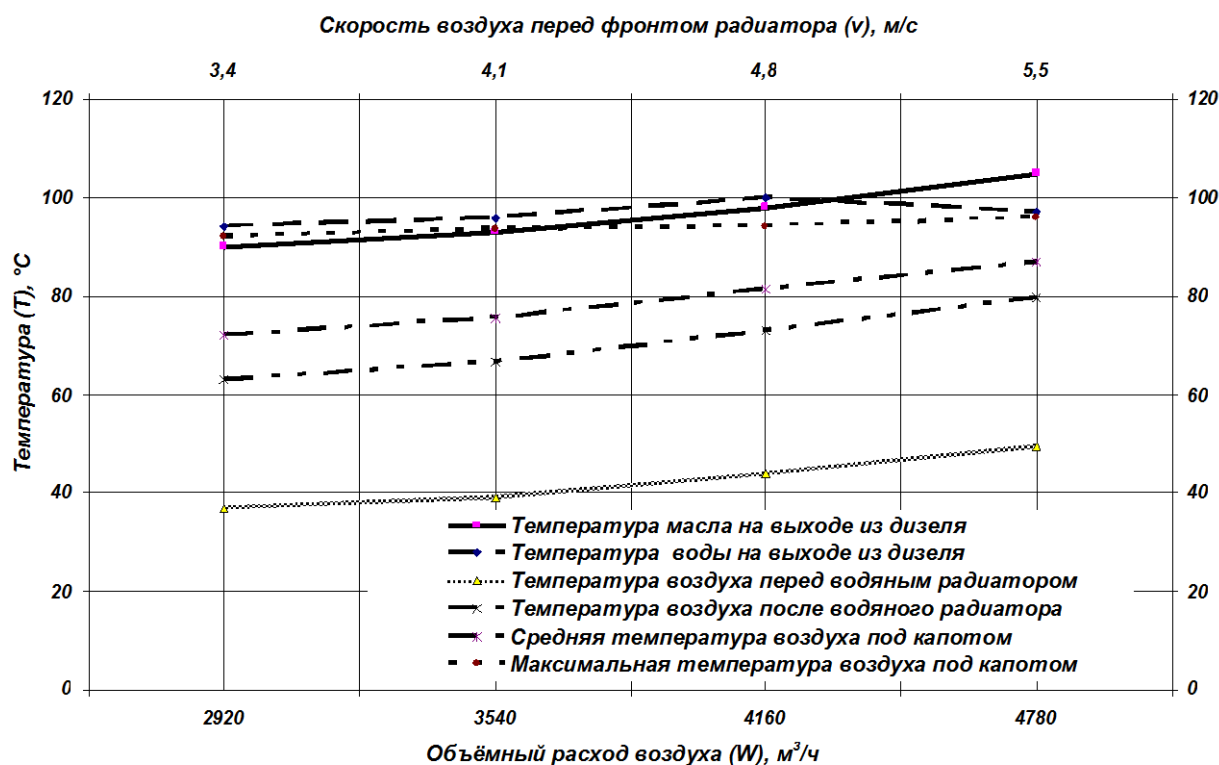


Рисунок 6 – Зависимость температуры воздуха под капотом и температурного режима дизеля Д-243 от расхода и скорости воздуха перед фронтом радиатора (часовая подача топлива 13,4 кг/ч, температура окружающей среды 35°C, барометрическое давление 740...744 мм рт. ст.)



а)



б)

Рисунок 7 – Конструктивное исполнение капотов моторного отсека немецкой фирмы «CLAAS» (а) и американской «JOHN DEERE» (б)

Однако полное капотирование моторного отсека влечет за собой ряд негативных явлений. Учитывая, что воздушный тракт тракторов загружен как тепловыделяющими узлами, так и другими деталями и устройствами, полное капотирование дизеля создает неблагоприятные условия для прохождения воздушного потока от радиатора. В связи с этим растет теплонапряженность дизеля, а также требуются дополнительные затраты мощности на привод вентилятора, что никак не соответствует требованиям экономичности.

При полном капотировании боковинами, которыми снабжаются моторные установки тракторов, исключается свободный выход воздуха из-под капота, нарушается организация воздушного потока моторного отсека для обеспечения вентиляции. Нагретые потоки воздуха повышают температуру топлива в топливоподводящей системе и топливном насосе, воздуха в воздушном фильтре и всасывающем коллекторе, которые размещены под капотом моторного отделения и подвержены воздействию микроклимата подкапотного пространства. Температура в зонах расположения этих агрегатов может быть различной и зависит от внешних условий, в которых работает трактор, от режима загрузки. Так, например, с повышением температуры окружающей среды на 1°C температура в моторном отсеке повышается примерно на $0,8^{\circ}\text{C}$ [2].

Влияние капота в обеспечении охлаждения моторной установки. По результатам проведенных исследований [3] воздушного тракта трактора с дизелем Д-260.1 мощностью $110,3 \text{ кВт}$ (рисунок 8) отмечено, что с созданием жалюзи динамическое давление под капотом снижается в среднем в 2-3 раза, выравнивается массовая скорость воздуха. Однако с правой стороны дизеля проходу воздуха препятствует турбокомпрессор, вследствие чего поток выходит перед турбиной, а так как за ней вентиляция пространства под капотом недостаточна, то образуется зона нагретого воздуха.

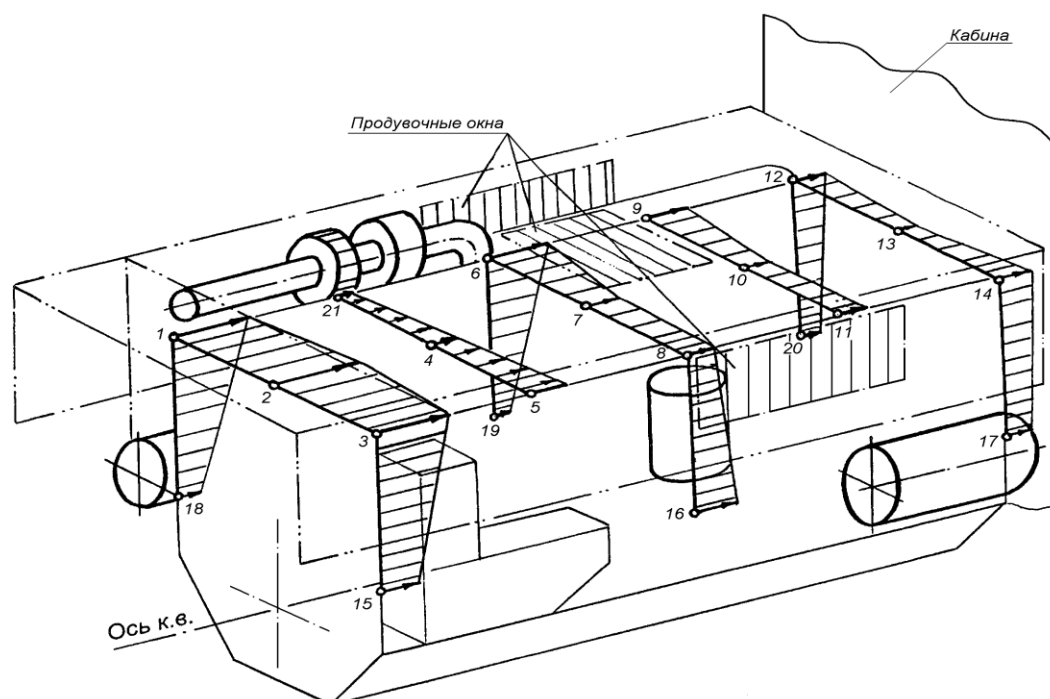


Рисунок 8 – Распределение массовой скорости воздуха под капотом моторной установки с дизелем Д-260.1

Анализ величин полей массовой скорости потока под капотом с жалюзи в моторном отсеке дизеля, укомплектованного 6-лопастным вентилятором диаметром 540 мм , при частоте вращения коленчатого вала двигателя 2100 мин.^{-1} (рисунок 9) показывает, что самая высокая массовая скорость на выходе воздушного потока из кожуха вентилятора – в точках 1, 2, 3. В последующих зо-

нах вдоль продольной оси дизеля она несколько снижается. В конце капота, в точках 12, 13 и 14, массовая скорость в 2,5-3 раза меньше, чем в его начале. Это свидетельствует о том, что часть воздушного потока вышла из-под моторного отделения через жалюзи боковин. Наиболее интенсивно обеспечивается выход воздуха с левой стороны дизеля. С правой стороны наличие впускного и выпускного коллекторов, турбокомпрессора и других узлов затрудняет выход воздуха из-под капота, создает завихрение воздушного потока.



Рисунок 9 – Массовая скорость потока воздуха по точкам замера

Сравнение распределения воздушных потоков в моторном отделении дизеля с капотом, выполненным без продувочных жалюзи и с ними, показывает, что с жалюзи вентиляция моторного отделения значительно улучшается. Снижение динамического давления под капотом позволяет повысить производительность вентилятора на 4,5% (в сравнении с производительностью вентилятора при капоте без жалюзи). При этом массовая скорость воздуха под капотом с левой и правой сторон дизеля выравнивается. За вентилятором массовая скорость воздуха уменьшается и в конце капота перед кабиной увеличивается при использовании жалюзи, что свидетельствует об активной вентиляции моторного отделения.

Таким образом, капот является одним из элементов, совершенствование которого улучшает эффективность системы охлаждения без каких-либо изменений в дизеле и радиаторах и снижает удельный расход топлива. Для обеспечения выхода горячего воздуха из-под капота целесообразно создавать жалюзи на боковинах в верхней панели капота.

Влияние капотирования на показатели моторной установки. Подогрев топлива в топливоподающей системе, как отмечалось ранее, оказывает существенное влияние на мощность дизеля. Подтверждением этому являются результаты исследований [4, 5, 6], которые сводятся к тому, что с помощью усовершенствования конструкции и улучшения технологии изготовления следует свести к минимуму влияние подогрева топлива на величину цикловой подачи топливного насоса, а также необходимо улучшить охлаждение агрегатов топливной аппаратуры. Стендовые исследования моторной установки трактора «Беларус-80.1» выявили изменение расхода топлива и мощности дизеля при изменении температурного режима установки, укомплектованной боковинами капота. Влияние боковин капота на мощностные и экономические показатели дизеля Д-243 определено путем снятия серии регуляторных характеристик для серийного исполнения капота, обеспечивающего свободный выход нагретого воздуха по сторонам, и капота с боковинами, при температуре окружающей среды 15, 25, 35 и 40°C.

Проведенные исследования показали, что боковины капота повышают аэродинамическое сопротивление под капотом трактора, ухудшая его вентиляцию; производительность вентилятора дизеля Д-243 снижается; средняя температура воздуха в номинальном режиме дизеля повышается на 2...3°C. Температурный режим дизеля в диапазоне температур окружающей среды от 17,5 до 40°C повышается на 3...4°C. Температура воды на выходе из дизеля при этом находится в пределах от 80°C ($t_{окр.} = 17,5°C$) до 102°C ($t_{окр.} = 40°C$), в устройстве без боковин температура воды соответственно от 76°C до 99°C (рисунок 10).

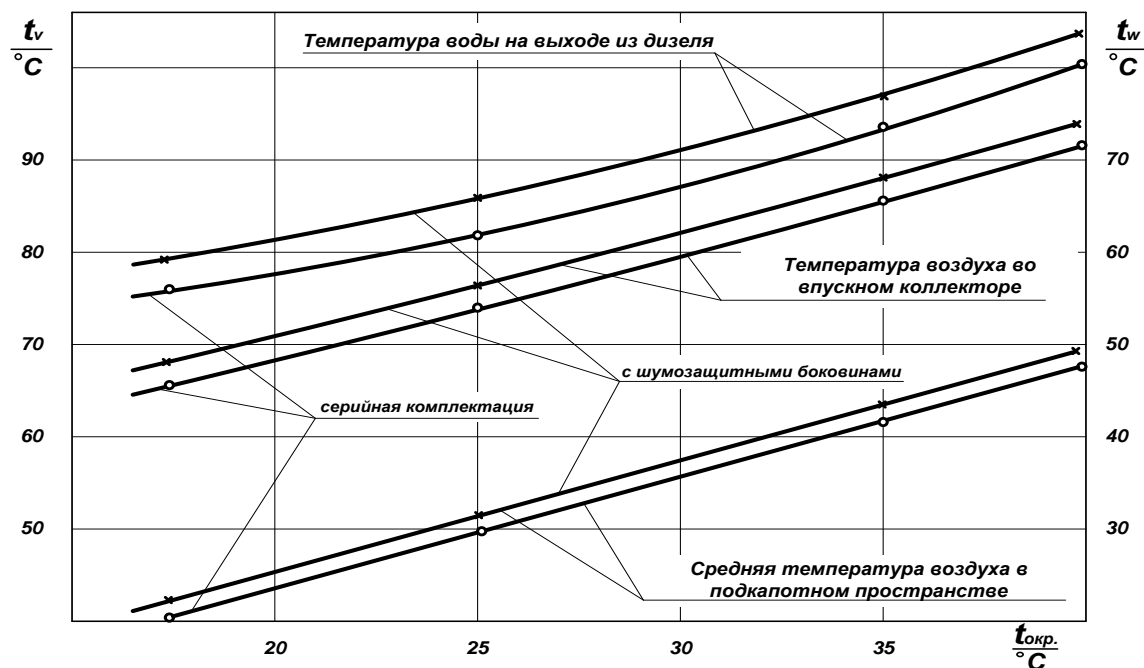


Рисунок 10 – Значения температур теплоносителей и температуры воздуха во впускном коллекторе дизеля Д-243 на номинальном режиме в зависимости от температуры окружающей среды

Из-за снижения цикловой подачи, увеличения количества дренажного топлива через форсунки и увеличения внутренних потерь в самом насосе на $2,5...3,5^{\circ}\text{C}$ повышается температура топлива в головке топливного насоса (рисунок 11) и, как следствие, снижается часовая подача топлива на дизеле. Снижение часовой подачи топлива насосом приводит к уменьшению мощности дизеля с $60,1 \text{ кВт}$ при $t_{\text{окр}} = 17,5^{\circ}\text{C}$ до $55,15 \text{ кВт}$ при $t_{\text{окр}} = 40^{\circ}\text{C}$. Без боковин в идентичных условиях мощность дизеля составила соответственно $61,76$ и $56,82 \text{ кВт}$.

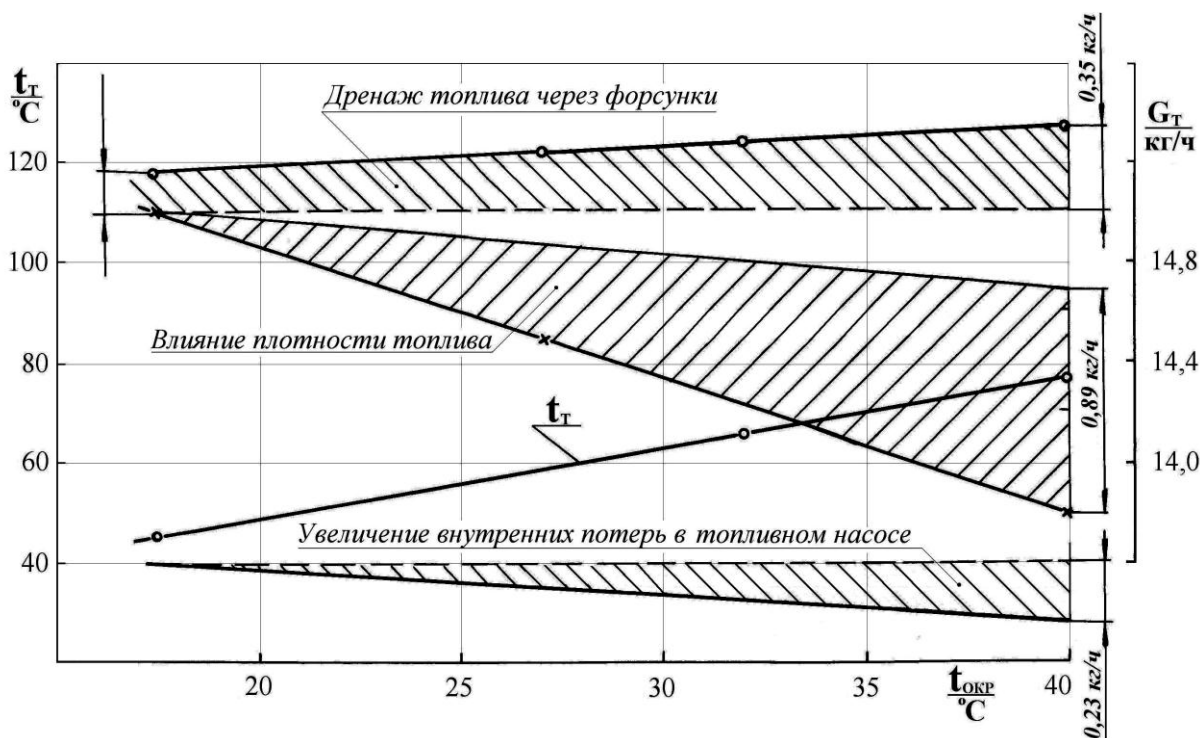


Рисунок 11 – Составляющие потерь производительности топливного насоса УТН-5 в номинальном режиме работы дизеля в зависимости от температуры окружающей среды

Исследованиями установлено, что температурный режим дизеля в условиях умеренного климата в номинальном режиме увеличивается по воде на 10°C , а по маслу – на 7°C , что является следствием повышения аэродинамического сопротивления под капотом моторного отсека и, соответственно, снижения расхода воздуха через воздушный тракт, повышения его температуры под капотом из-за ухудшения вентиляции и выхода из-под капота нагретого воздуха. Повышение температурного режима дизеля и температуры воздуха под капотом с боковинами повлияло на повышение температуры топлива в головке топливного насоса и снизило эксплуатационную мощность дизеля.

Боковины повышают статическое давление под капотом, что увеличивает аэродинамическое сопротивление воздушного тракта при одновременном снижении на $4,16\%$ производительности вентиляторной установки в номинальном режиме дизеля, а также на $2...3^{\circ}\text{C}$ повышают среднюю температуру воздуха под капотом.

По результатам исследований опытной боковины капота, менее влияющей на выходные рабочие параметры моторной установки, наблюдается уменьшение часовой подачи топлива на 0,23 кг/ч, снижение мощности дизеля на 1,6% и повышение температуры воды и масла на выходе из дизеля на 1,5°C.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что в случае капотирования двигателя боковинами уменьшение часовой подачи топлива насосом на 2,52...2,96% снижает максимальную мощность двигателя на 2,46...2,74%, снижение расхода охлаждающего воздуха и повышение температуры воздуха в моторном отсеке под капотом повышает температурный режим моторной установки на 3°C. Боковины капота должны иметь продувочные окна для вентиляции пространства под капотом. Оптимальными следует считать боковины с регулируемым положением открытых продувочных окон, что позволит регулировать как шум, так и температурный режим моторной установки в зависимости от условий работы трактора и загрузки двигателя.

Также весьма существенно влияние температурного режима под капотом на подогрев воздуха, поступающего через воздухоочиститель дизеля. Положение воздухоочистителя, когда он находится под капотом, а также положение моноциклона в зоне выхода нагретого воздуха из-под капота следует считать нерациональным.

Заключение

Полное капотирование и боковины капота моторных установок тракторов повышают температурный режим охлаждающей жидкости, снижают мощностные показатели дизелей. Это является следствием повышения аэродинамического сопротивления и исключения вентиляции под капотом, а также снижения расхода воздуха через воздушный тракт, повышения температуры топлива в топливном насосе и воздуха под капотом.

При установке боковин капота следует считать целесообразным поддержание температуры топлива в пределах, исключающих влияние на мощностные и экономические показатели дизеля трактора, обеспечив изоляцию или обдув топливной аппаратуры потоком воздуха.

Библиография

1. Якубович, А.И. Воздушные тракты моторных установок сельскохозяйственных тракторов и пути их совершенствования [Текст] /А.И. Якубович, П.А. Амельченко, И.П. Цаюн. – М.: ЦНИИТЭИТракторосельхозмаш, 1992. – 46 с.
2. Якубович, А.И. Тепловой режим тракторов класса 1,4 – 2. Проектирование, расчет и исследование систем охлаждения [Текст]: автореф. д ис. ...д-ра техн. наук. – Мн., 1993. – 46 с.
3. Якубович, А.И. Аэродинамика потока воздуха в воздушном тракте трактора [Текст] /А. И. Якубович, В. Е. Тарасенко // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П.О. Сухого. – Гомель, 2007. – С. 38-42
4. Пономарев, О. П. Исследование влияния повышенных температур окружающего воздуха и топлива на показатели рабочего процесса четырехтактного дизеля и возможности корректирования топлива [Текст] / О.П. Пономарев, В.Я. Колупаев // Сборник научных трудов ЦНИТА. Вып. 13. – М., 1962. – с. 286

5. Карпов, Л. Н. Влияние температуры топлива и противодавления за форсункой на показатели работы топливного насоса распределительного типа ОНМ-3 (НЗТА-НАТИ) [Текст] / Л.Н. Карпов, Е.С. Комерзан // Сборник научных трудов ЦНИТА. Вып. 15. – М., 1962.
6. Филимонов, А. И. Влияние температуры топлива на мощностные показатели тракторных дизелей [Текст] / А.И. Филимонов, А.И. Шведский // Тракторы и сельхозмашины. 1972. – №4.

УДК [674.815/816:631.879]:633/635

А.А. Жешко

*(РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РОТОРНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА НА КАЧЕСТВО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МУЛЬЧИРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА В ЛЕНТЕ

Введение

Как показали теоретические исследования [1], на качество работы распределяющего рабочего органа оказывает влияние значительное количество факторов, учесть которые аналитически не всегда представляется возможным.

Зависимости, полученные теоретически, позволяют определить некоторые конструктивные параметры распределителя, выявить уровни, на которых следует варьировать факторы. Но они не дают целостного представления о совместном влиянии взаимодействующих факторов на качество распределения материала в ленте.

Факторы, непосредственно влияющие на качество распределения материала, можно разделить на две категории: зависящие и независящие от конструктивных параметров роторного распределяющего рабочего органа. К первой категории относятся высота слоя материала на поперечном транспортере, взаимное расположение вала распределителя относительно вала поперечного транспортера, частота вращения, количество и угол скоса лопастей, радиусы, описываемые лопастями ротора.

Погодные условия, физико-механические, аэродинамические свойства вносимого материала следует считать факторами второй категории, их влияние также учитывается.

Программой экспериментальных исследований предусматривалось изучить влияние основных конструктивных параметров и режимов работы роторного распределяющего рабочего органа на качество формирования ленты.

Основная часть

Для проведения экспериментальных исследований была разработана установка, смонтированная на базе кормораздатчика КР-Ф-10. Она представляет собой съемный роторный распределитель, закрепленный под попереч-

ным транспортером 2 посредством кронштейна крепления 1 (рисунок 13). Ротор со скошенными лопастями 5 соединен с рамкой 3 через подшипниковые опоры 4. Для корректировки места подачи материала в ротор 5 над поперечным транспортером 2 установлен дефлектор 6.



1– кронштейн крепления; 2 – поперечный транспортер; 3 – рамка; 4 –подшипниковая опора; 5 – ротор со скошенными лопастями; 6 – дефлектор

Рисунок 13 – Экспериментальная установка

Горизонтальное взаимное расположение ротора 5 относительно поперечного транспортера 2 варьируется за счет смещения подшипниковых опор 4 относительно рамки 3 (рисунки 13 и 14). Вертикальное взаимное расположение – за счет перемещения рамки 3 (рисунок 13) относительно рамы кормораздатчика.

Привод ротора осуществляется от ВОМ трактора через блок звездочек. Для проведения экспериментальных исследований был изготовлен

комплект сменных звездочек, что позволило варьировать частоту вращения ротора (рисунок 15).



Рисунок 14 – Конструкция крепления ротора к рамке



Рисунок 15 – Набор сменных звездочек для варьирования частоты вращения ротора

Ротор состоит из лопастей; вала, вращающегося в шарикоподшипниковых опорах, на выходном конце которого установлена приводная звездочка; боковин с держателями, в отверстиях которых болтами фиксируются лопасти (рисунок 16).

Лопасть представляет собой металлическую пластину, одна из граней которой имеет скос $\varepsilon \approx 9^\circ$. Конструкция установки позволяет изменять положение лопастей относительно оси вращения (рисунок 16).

Для проведения исследований по поиску рационального количества лопастей использовались сменные роторы (рисунок 17).



Рисунок 16 – Конструкция крепления скошенных лопастей



Рисунок 17 – Сменные роторы

Таким образом, конструкция экспериментальной установки позволяла изменять следующие факторы:

- взаимное расположение ротора относительно поперечного транспортера путем перемещения рамки относительно рамы кормораздатчика и подшипниковых опор в отверстиях рамки (рисунки 13 и 14);
- частоту вращения ротора путем смены звездочек привода (рисунок 15);
- радиусы, описываемые лопастями ротора относительно оси вращения, путем перестановки лопастей в отверстиях держателя (рисунок 16);
- количество лопастей ротора путем замены ротора или снятия лопастей (рисунок 17).

Для определения качественных показателей работы распределяющего органа нами была предложена следующая методика.

На месте, где предполагалось формировать ленту материала, устанавливали блоки, состоящие из металлической пластины и прутков, градуированных в единицах длины (рисунки 18 и 19).



Рисунок 18 – Измерительные блоки



Рисунок 19 – Градуированные прутки

Во время движения экспериментальной установки материал засыпался на подготовленную площадку с расставленными на ней блоками. Замеры проводили без нарушения целостности сформированной ленты. Определяемая по шкале высота слоя H материала в данной точке заносилась в лабораторный журнал.

Исходя из того, что прутки располагаются на блоке с одинаковым шагом $0,1$ м, а на пластине нанесена шкала для замера ширины ленты B , одновременно определялась ширина ленты в месте установки блока.

Для характеристики колеблемости высоты слоя H материала в ленте и ширины B ленты сопоставлялось среднее квадратическое отклонение высот (ширин) σ со средней их величиной \bar{y} в процентном отношении. Данный показатель, известный как коэффициент вариации v , исчисляется по известной формуле:

$$v = 100\sigma/\bar{y} .$$

Для характеристики распределения материала в поперечном сечении ленты выставляли блок с 9 прутками. Измерения высот H_i для выявления колеблемости значения данного параметра на ширине ленты B_i проводили по 7 пруткам (рисунок 18).

Показатели физико-механических и аэродинамических свойств мульчирующего материала, использовавшегося при проведении исследований, сведены в таблицу 4 [2, с.89-94].

Таблица 4 – Характеристика опилок древесных, использовавшихся при проведении экспериментальных исследований

Показатель	Единица измерения	Значение показателя
Влажность	%	8
Коэффициент трения скольжения:	–	
по стали	–	0,7...0,9
по резине	–	0,9...1,2
Угол естественного откоса	<i>град</i>	58
Насыпная плотность	<i>кг/м³</i>	350
Коэффициент парусности	<i>м⁻¹</i>	0,13-0,8

При выборе факторов учитывали соответствие следующим требованиям:

- управляемость, т.е. возможность установки требуемого значения и его поддержания в процессе проведения опыта;
- совместимость, т.е. возможное взаимное влияние факторов не должно вызывать нарушение технологического процесса;
- независимость, т.е. возможность установления на любом уровне, независимо от уровней других факторов;
- однозначность, т.е. выбранный фактор не должен являться функцией других.

Таким образом, были выбраны факторы: средний радиус, описываемый лопастями ротора r_{cp} , частота вращения ротора n , вертикальная координата расположения ротора относительно поперечного транспортера h_p .

Первоначально были проведены экспериментальные исследования по определению зависимости коэффициентов вариации высоты и ширины ленты от частоты вращения ротора при различном количестве лопастей z .

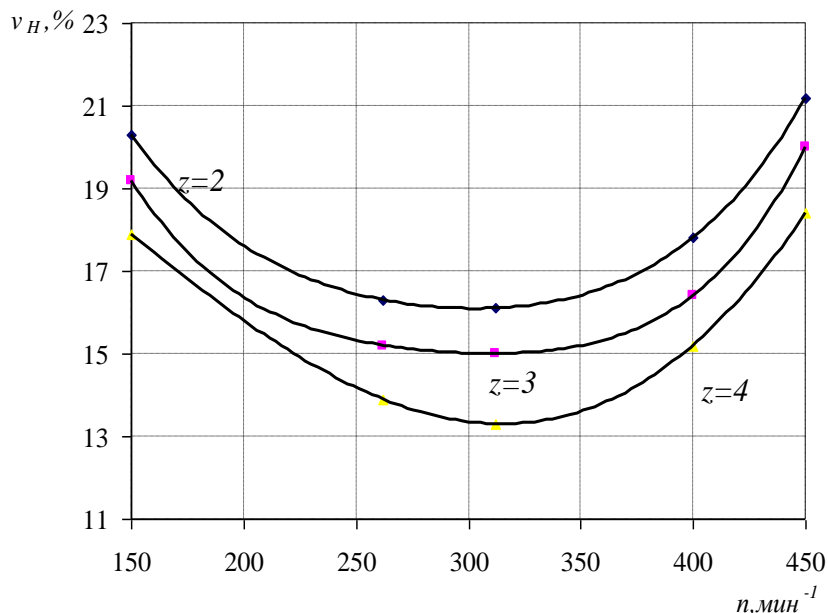


Рисунок 20 – Зависимость коэффициента вариации высоты v_H ленты от частоты вращения ротора при количестве лопастей $z = 2, 3$ и 4

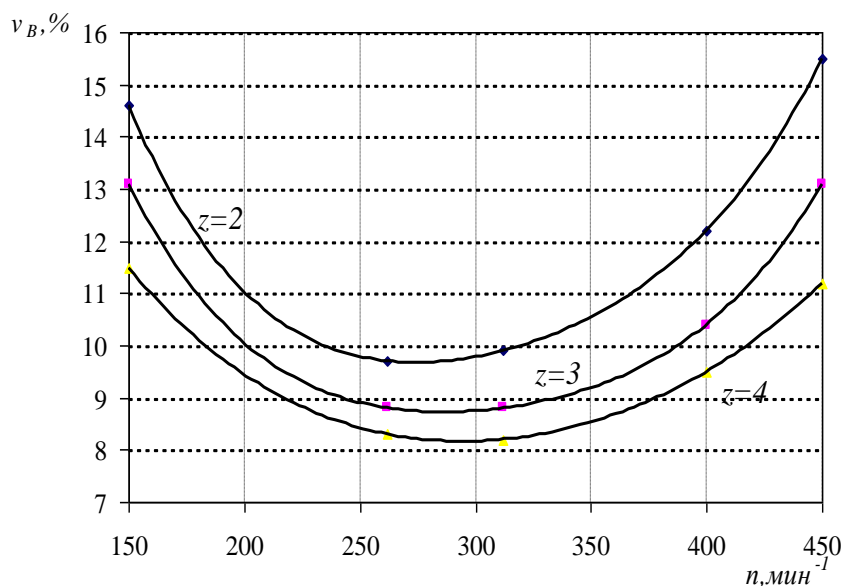


Рисунок 21 – Зависимость коэффициента вариации ширины ленты v_B от частоты вращения ротора при количестве лопастей $z = 2, 3$ и 4

Как видно из рисунков 20 и 21, наименьший коэффициент вариации высоты и ширины ленты наблюдается при использовании ротора с четырьмя лопастями, что подтверждает результат, полученный нами при теоретических исследованиях.

Для получения математической модели процесса проводили планирование эксперимента с использованием ортогонального центрального композиционного плана [3; 4].

После выполнения эксперимента мы получили действительные значения ожидаемого показателя – коэффициента вариации высоты ленты.

По результатам расчета было получено уравнение регрессии:

$$y = 13,92 - 1,02x_1 + 0,40x_2 - 0,47x_3 + 0,54x_1^2 + 0,62x_2^2 + 0,82x_3^2 - 0,39x_2x_3. \quad (1)$$

Подставив в уравнение (1) натуральные значения факторов x_1, x_2, x_3 получили функцию отклика в натуральных показателях:

$$y_{vH} = 289 - 2370r_{cp} - 35,67h_p - 0,06n + 5400r_{cp}^2 + 62h_p^2 + 0,0001n^2 - 0,049h_p n. \quad (2)$$

Чтобы наглядно представить геометрическую поверхность, уравнение (1) было приведено к каноническому виду. Сначала были определены координаты нового центра путем дифференцирования уравнения по каждой из переменных и приравнивания частных производных к нулю. В результате получили: $x_{1S} = 0,94$; $x_{2S} = -0,25$ и $x_{3S} = 0,23$. Подставив полученные значения координат в уравнение (1) получили значение критерия оптимизации в новом центре $Y_S = 13,33$. Решением характеристического уравнения были определены коэффициенты $B_{11} = 0,50$; $B_{22} = 0,54$ и $B_{33} = 0,94$. После этого уравнение (1) было преобразовано к каноническому виду:

$$Y - 13,33 = 0,50X_1^2 + 0,54X_2^2 + 0,94X_3^2.$$

Поскольку все коэффициенты канонического уравнения имеют одинаковые знаки, поверхность представляет собой эллипсоид вращения и имеет экстремум в центре эллипсоида.

Для определения значений факторов, обеспечивающих протекание процесса с наименьшим коэффициентом вариации высоты ленты, по уравнению (2) составляли систему дифференциальных уравнений, представляющих частные производные по каждому из трех факторов:

$$\frac{\partial v_H}{\partial r_{cp}} = 10800r_{cp} - 2370; \quad \frac{\partial v_H}{\partial h_p} = 124h_p - 0,049n - 35,67; \quad \frac{\partial v_H}{\partial n} = 0,0002n - 0,049h_p - 0,057.$$

Приравнявая к нулю частные производные и решая систему уравнений относительно неизвестных, определили значения факторов, при которых обеспечивается формирование ленты с наименьшим коэффициентом вариации высоты ленты: $h_p = 0,4$ м, $r_{cp} = 0,21$ м, $n = 298$ мин⁻¹.

Поочередно подставляя в уравнение (2) значения факторов, при которых обеспечивается формирование ленты с наименьшим коэффициентом вариации высоты ленты ($h_p = 0,4$ м, $r_{cp} = 0,21$ м, $n = 298$ мин⁻¹), построили поверхности, характеризующие зависимость коэффициента вариации высоты ленты от выбранных факторов (рисунки 22 и 23).

Для получения наглядного представления о закономерностях изменения коэффициента вариации высоты ленты при варьировании факторов, а также

для облегчения интерпретации результатов эксперимента, было построено двухмерное сечение поверхности отклика (рисунок 24).

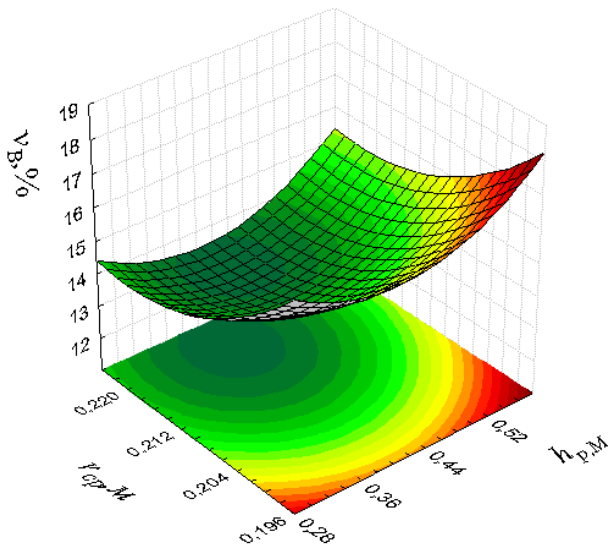


Рисунок 22 – Зависимость коэффициента вариации высоты ленты от среднего радиуса r_{cp} и вертикальной координаты h_p

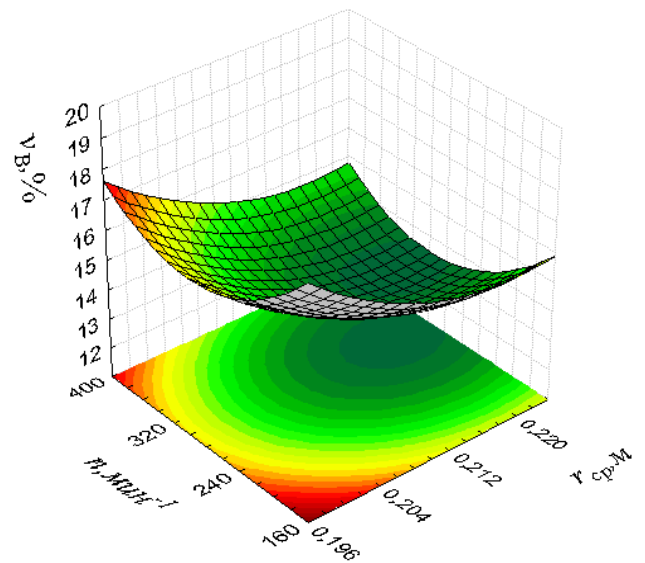


Рисунок 23 – Зависимость коэффициента вариации высоты ленты от среднего радиуса r_{cp} и частоты вращения ротора n

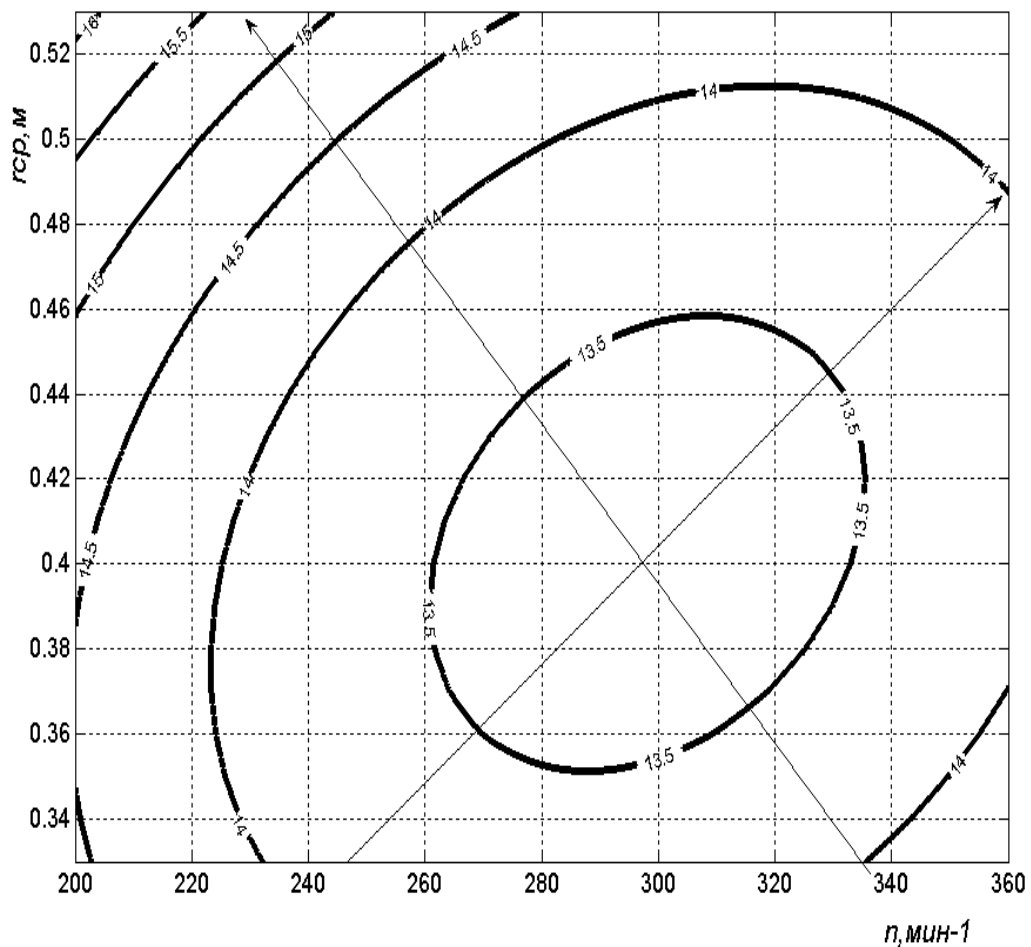


Рисунок 24 – Двухмерное сечение поверхности отклика ($r_{cp} = 0,21$ м)

Заключение

Экспериментальные исследования позволили подтвердить достоверность результатов теоретических исследований роторного распределяющего рабочего органа. В частности, было установлено, что при использовании ротора с четырьмя лопастями наблюдается наименьший коэффициент вариации высоты и ширины ленты. Эксперимент позволил определить значения выделенных для рассмотрения трех факторов, при которых обеспечивается формирование ленты с наименьшим коэффициентом вариации высоты ($h_p = 0,4$ м, $r_{cp} = 0,21$ м, $n = 298$ мин⁻¹).

Библиография

1. Жешко, А.А. Обоснование конструктивно-технологических параметров роторного распределяющего рабочего органа машины для внесения мульчирующих материалов [Текст] / А.А. Жешко // Энергосберегающие технологии и технические средства в сельскохозяйственном производстве: докл. межд. науч.-практич. конф. Минск, 12-13 июня 2008 г. В 2 Ч. Ч.1. – Мн., 2008. – С.84-87.
2. Жешко, А.А. Исследование физико-механических и технологических свойств древесных опилок [Текст] / А.А. Жешко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства». Вып.41. – Мн., 2007. – С.89-94.
3. Спиридонов, А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов [Текст] / А.А. Спиридонов. - М.: Машиностроение, 1981. – 184 с.
4. Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов [Текст] / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рошин: учеб. пособ. – Л.: Колос, 1972. – 198 с.

УДК [674.815/816:631.879]:633/635

А.А. Жешко, Т.П. Кот,

С.А. Антошук

*(РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ
ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ
ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ
ВНЕСЕНИЯ МУЛЬЧИРУЮЩИХ
МАТЕРИАЛОВ ОВМ-10К**

Введение

Производство плодов и ягод в Республике Беларусь ведется в более чем 1500 сельскохозяйственных организаций. Плодово-ягодные насаждения занимают 100,2 тыс. гектаров в хозяйствах всех категорий, из них 43,6 тыс. гектаров в сельскохозяйственных организациях. За 2006 – 2007 годы валовой сбор плодов и ягод в хозяйствах всех категорий составил 716,6 тыс. тонн, в том числе в сельскохозяйственных организациях – 72,7 тыс. тонн [1].

Научно обоснованная медицинская норма производства плодов и ягод на одного жителя республики, составляющая 80 килограмм, не обеспечивается объемами ежегодного производства. В результате, республика в 2007 г. импортировала 355 тыс. тонн плодово-ягодной продукции.

Одной из наиболее значимых причин ежегодного недобора урожая является засоренность приствольных полос, которая может привести к потере от 10 до 28% урожая в зависимости от степени засоренности.

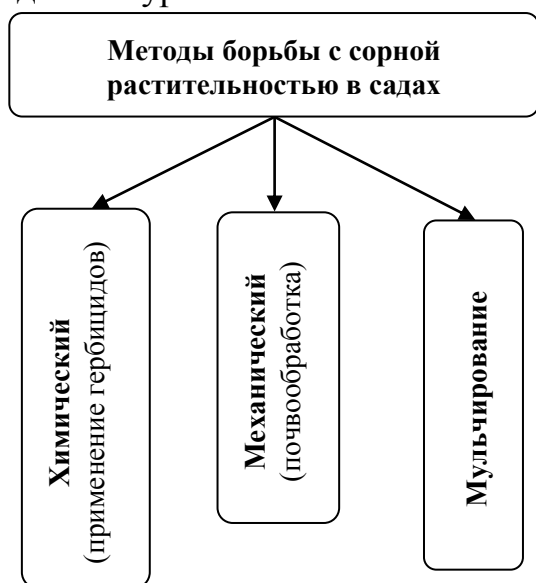


Рисунок 25 – Классификация методов борьбы с сорной растительностью в садах

На сегодняшний день существует несколько методов борьбы с сорной растительностью в садах. Их можно классифицировать следующим образом (рисунок 25).

Борьба с сорной растительностью механическим способом зачастую сопряжена с риском повреждения штамбов и корневой системы деревьев. Кроме того, частые механические обработки приводят к уменьшению содержания гумуса, ухудшению структуры почвы, усилению эрозионных процессов вследствие минерализации органического вещества [2; 3, с.121-125].

Применение гербицидов позволяет быстро и эффективно бороться с сорняками в приствольных полосах плодовых насаждений, однако такой подход экологически небезопасен, сопряжен с затратами денежных средств на закупку дорогостоящих препаратов.

Наиболее перспективным и экологически безопасным способом борьбы с сорной растительностью является мульчирование – покрытие приствольных полос различными материалами. Мульчирование позволяет сохранить естественный процесс почвообразования, предотвратить разрушение почвы водой и ветром.

Основная часть

В настоящее время в странах СНГ процесс внесения сыпучих мульчирующих материалов в приствольные полосы не механизирован. Таким образом, возникает необходимость в разработке нового технического средства для внесения мульчирующих материалов. Решение этой актуальной и важной задачи и внедрение результатов исследования в сельскохозяйственное производство будет иметь большое народнохозяйственное значение в Республике Беларусь и в странах СНГ.

В то же время европейские и американские производители предлагают широкий спектр технических средств для внесения мульчирующих материалов. Их классификация представлена на рисунке 26.

Существующие технические средства для внесения мульчирующих материалов имеют существенные недостатки, которые не позволяют использовать данную технику в садах на слаборослых карликовых подвоях. Например,

принцип действия косилок сопряжен с контактом следящих устройств или секций со штампами деревьев, что не исключает травмирования даже в случае соответствия предельного давления на штамп требуемому диапазону 1,14..1,12 МПа. Настройка следящих устройств требует участия квалифицированных специалистов.

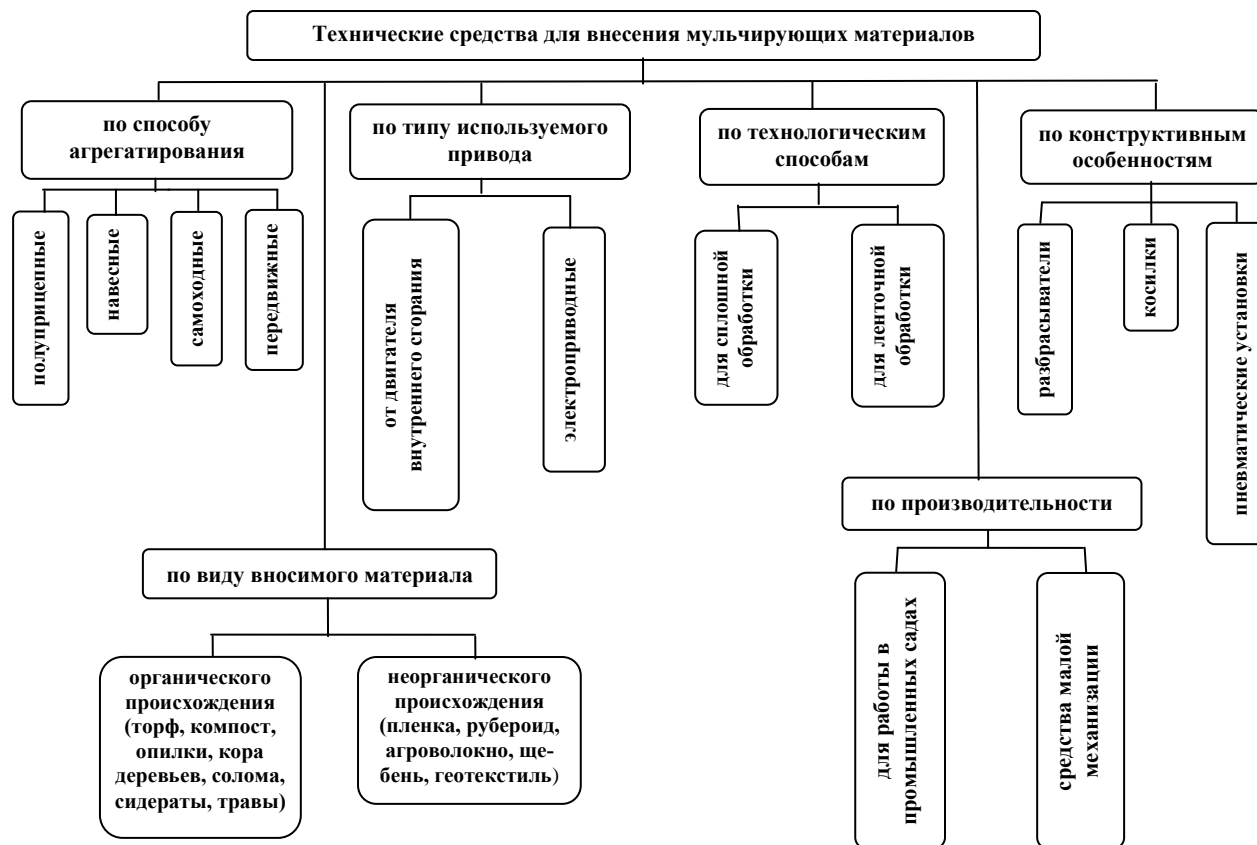


Рисунок 26 – Классификация технических средств для внесения мульчирующих материалов

Пневматические установки конструктивно сложны и энергозатратны.

Существенным недостатком кузовных разбрасывателей является их узкоцелевое назначение и, как следствие, ограниченность применения в сельскохозяйственном производстве. Кроме того, многие из них не позволяют сформировать в приствольных полосах ленту мульчирующего материала требуемой формы и размеров.

Высота слоя мульчирующего материала должна находиться в пределах $H = 0,12 \dots 0,15 \text{ м}$ [1, с.23; 2, с.93-97]. Меньший слой не дает желаемого эффекта от мульчирования, а при бóльшей высоте материал не успевает разлагаться, поскольку для этого требуется достаточное количество кислорода.

Ширина ленты должна находиться в пределах $B = 0,60 \dots 0,75 \text{ м}$. При такой ширине материал закрывает основную часть корневой системы и не препятствует движению техники по междурядьям.

Мульчирующий материал должен распределяться равномерно как по ширине ленты, так и по длине гона.

Сформировать ленту заданной формы и размеров возможно при использовании разбрасывателя, выход материала в котором осуществляется перпендикулярно направлению движения машины, что обусловлено необходимостью формирования ленты в приствольной полосе вдоль штамбов при движении агрегата по междурядью.

В качестве базы для распределителя мульчирующих материалов был выбран серийно выпускающийся в Республике Беларусь кормораздатчик КР-Ф-10, поскольку данная машина удовлетворяет необходимым требованиям маневренности, унификации, надежности, универсальности, удобства эксплуатации. Кроме того, машина по габаритным размерам вписывается в архитектуру крон современного сада, что позволяет использовать ее в кварталах с плотной схемой посадки деревьев, а вместимость кузова, составляющая 10 м^3 , позволяет без дозагрузки машины формировать ленту на длине гона 100–130 м [3, с.187-189].

Использование КР-Ф-10 по новому функциональному назначению возможно лишь при наличии дополнительного устройства – адаптера, включающего распределяющий рабочий орган (ротор) и устройство, обеспечивающее согласованную работу подающих и распределяющего рабочих органов.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования показали, что формирование ленты требуемой формы и размеров обеспечивается использованием ротора со скошенными лопастями. Для согласованной работы продольного и поперечного транспортеров, непрерывной и равномерной подачи материала к ротору и поддержания на поперечном транспортере необходимой для бесперебойной работы ротора высоты слоя мульчирующего материала использован датчик уровня. Изменение его положения относительно поперечного транспортера по вертикали дает возможность варьировать высоту формируемой ленты.

На основании полученных результатов исследований разработан опытный образец машины под маркой ОВМ-10, проведены государственные приемочные испытания в ГУ "Белорусская МИС" (протокол №105 Б 1/2-2007 от 16 октября 2007 г.). По результатам приемочных испытаний специально созданной комиссией принято решение о постановке опытного образца на производство (акт №14-07 от 28 ноября 2007 г.).

В качестве базы для сравнения технико-экономической эффективности машины ОВМ-10 был принят распределитель мульчирующих материалов «Model 1028», выпускающийся североамериканской компанией MillCreek. Данная машина является лучшим зарубежным аналогом для внесения мульчирующих материалов в приствольные полосы, позволяет формировать ленты мульчирующего материала заданной формы и размеров (при работе в садах с междурядьями 3,65 м машина формирует ленту высотой 10,16–15,24 см), вместимость кузова составляет $9,94 \text{ м}^3$, агрегируется с тракторами мощностью двигателя 80 л.с. [4].

При расчете сравнительной экономической эффективности учитывалась совокупная цена кормораздатчика и дополнительных устройств (роторного распределяющего рабочего органа и датчика уровня мульчирующего материала), обеспечивающих использование машины как технического средства для внесения мульчирующих материалов. В результате получено, что при балансовой стоимости машины ОВМ-10 21048500 руб. годовой экономический эффект от ее использования в сравнении с зарубежным аналогом составляет 12051500 руб. Срок окупаемости капитальных вложений составляет 3 года.

Следует отметить, что в крупных хозяйствах с развитой садоводческой отраслью кормораздатчик в течение года может использоваться по его основному назначению, а при наличии адаптера, после несложных переналадок, будет выполнять дополнительную функцию – мульчирование садов. С учетом того, что годовая загрузка кормораздатчика 1051 *ч*, а при использовании машины для мульчирования садов 250 *ч*, годовой экономический эффект новой машины значительно возрастет, а срок окупаемости – снизится.

Заключение

Мульчирование приствольных полос решает проблему засоренности приствольных полос плодовых деревьев сорной растительностью, исключает необходимость применения гербицидов, способствуя тем самым получению экологически чистой и безопасной продукции.

Существующие технические средства для внесения сыпучих мульчирующих материалов в приствольные полосы плодовых деревьев, выпускаемые зарубежными производителями, имеют узкоцелевое назначение и могут использоваться раз в 2-3 года. Наиболее рациональным и экономически эффективным является применение адаптеров к серийно выпускающимся кузовным сельхозмашинам. При таком техническом решении машина может выполнять свою основную функцию в течение года, а при необходимости, после ее нетрудоемкой переналадки, в новом функциональном назначении – для мульчирования приствольных полос плодовых деревьев.

Библиография

1. Хлопцева, Р.И. Мульчирование почвы [Текст] / Р.И. Хлопцева // Защита растений. – 1995. – №6. – С.23.
2. Жирмунская, Н.М. Экологически чистое земледелие на садовом участке (с основами биодинамики) [Текст] / Н.М. Жирмунская. – М.: Маркетинг, 1996. – С.93-97.
3. Степук, Л.Я. Обоснование схемы машины и типа распределяющего рабочего органа для внесения мульчи в садах [Текст] / Л.Я. Степук, А.А. Жешко // Проблемы повышения плодородия почв и эффективности удобрений в современных условиях: материалы междунауч.-практич. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. заслуж. деятеля науки БССР, докт.с.х.наук, профессора. Р.Т. Вильдфлуша. – Мн., 2007. – С.187-189.
4. Mill Creek Manufacturing // Spreaders and Equipment for Commercial Applications // Products – Row Mulcher [Electronic resource]. – The Hague, 2003–2006. – Mode of access: http://www.mill-creekmfg.com/products_rowmulcher.htm – Date of access: 26.12.2006.

УДК 631.3:631.174

С.А. Антошук, Т.П. Кот
(*РУП «Научно-практический
центр Национальной академии
наук Беларуси по механизации
сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь*)

РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ШНЕКОВОГО МНОГОПОТОЧНОГО ДОЗАТОРА ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Введение

В Республике Беларусь на протяжении ряда лет окупаемость 1 кг НРК зерном составляет 4,5–5,0 кг, это 55–60% от их потенциальных возможностей. Одной из главных причин низкой окупаемости является неравномерное распределение удобрений по полю. Парк навесных и прицепных машин, используемых в сельском хозяйстве республики, почти на 100% составляют машины с центробежными распределяющими рабочими органами. Получить требуемое качество распределения удобрений этими машинами практически невозможно. На качество работы разбрасывателей влияют многочисленные факторы: тип рассеивающих дисков, свойства удобрений (спектр размеров и стабильность гранул, масса), рельеф поля, ветер, влажность воздуха, состояние почвы, квалификация механизатора, рабочая скорость, высота стеблестоя и др.

Все это объясняет появление в последние годы на мировом рынке штанговых машин для внесения удобрений и химических мелиорантов. Наиболее простыми и надежными в эксплуатации являются штанги со шнековыми распределителями.

Основная часть

Основными показателями, характеризующими работу шнековых распределителей, являются производительность, неравномерность дозирования по длине шнека и отклонение фактической дозы высева материала от заданной (точность дозирования).

Неравномерность дозирования через высевные отверстия зависит от физико-механических свойств материала, формы и размеров отверстий.

Изменяя площадь сечения отверстий, регулируют производительность штанги или, что одно и то же, высеваемую дозу.

Цель исследований – решение задачи повышения равномерности дозирования сыпучих материалов, в частности минеральных удобрений, шнековым распределителем-дозатором путем выбора формы, места расположения и размеров дозирующих отверстий.

Определение формы и места расположения высевных отверстий. Наиболее рациональными [1,2] являются отверстия прямоугольной формы. Продольная ось отверстий может быть наклонена на некоторый угол от оси шнека, что обеспечит лучшие условия для высыпания удобрений. Однако наклон затрудняет изготовление штанг и усложняет процесс регулировки до-

зы высева. Поэтому более рационально, когда оси высевных отверстий параллельны оси шнека.

Важной проблемой является место расположения высевных отверстий в шнековых распределяющих рабочих органах.

Когда кожух шнека заполнен полностью, частицы, поднявшись на некоторый угол ε (рисунок 27), продолжают свое движение по окружности за счет воздействия нижних слоев материала. При коэффициенте заполнения шнека, близком к 0,5, верхний слой материала перебрасывается через вал шнека. В этих случаях расположение высевных отверстий штанговых распределяющих рабочих органов не имеет большого значения. При коэффициенте заполнения меньше 0,5 частицы, достигшие угла ε , просто скатываются по движущейся призме удобрений. Таким образом, поперечное сечение слоя материала представляет собой сегмент, смещенный в сторону вращения винта шнека на некоторый угол.

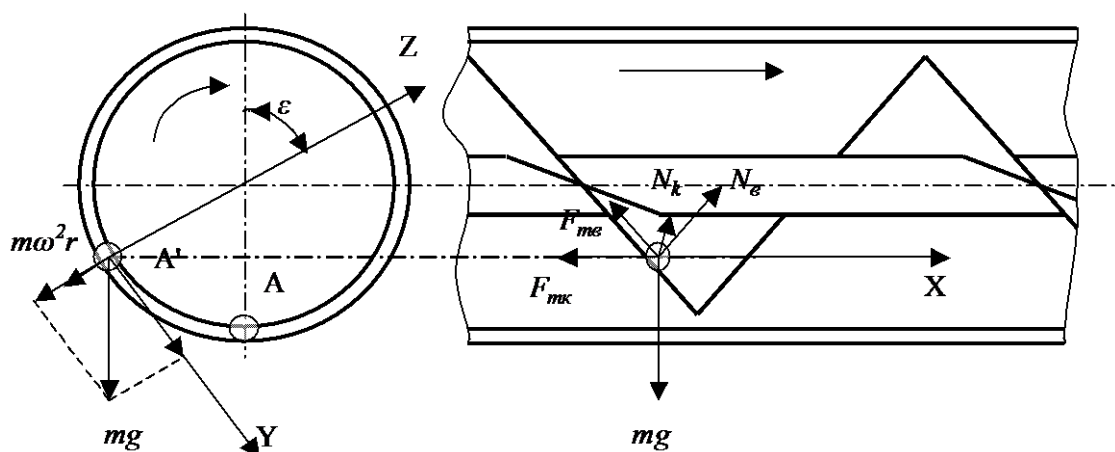


Рисунок 27 – Схема действия сил на частицу материала в шнековом транспортере

Угол ε , на который может подняться частица транспортируемого материала [2]:

$$\cos \varepsilon = \frac{-b + \sqrt{D}}{2a}, \quad (1)$$

где a, b, D – коэффициенты квадратного уравнения, равные:

$$a = f_k^2 g^2 + g^2 \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_\varepsilon),$$

$$b = 2f_k^2 \omega_0^2 gr,$$

$$D = (2f_k^2 \omega_0^2 r)^2 - 4 \cdot [f_k^2 g^2 + g^2 \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_\varepsilon)] \cdot [f_k^2 \omega_0^4 r^2 - g^2 \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_\varepsilon)],$$

где f_k – коэффициент трения материала о кожух шнека;

ω_0 – частота вращения шнека, c^{-1} ;

φ_ε – угол трения материала о винт шнека, $rad.$;

Здесь

$$A = \frac{\omega_0 \cos \alpha \sin \beta}{\sin(\alpha - \beta)},$$

где β – угол между векторами переносной и абсолютной скоростей, *рад*.

Заключение

Приведенные выражения позволяют получить значения площади высевного отверстия круглой формы при любом значении φ . Используя определение гидравлического радиуса, можно определить значение площади отверстия любой формы.

Так как равномерность распределения удобрений обусловлена одинаковой производительностью каждого высевного отверстия, то в идеальном случае коэффициент заполнения ψ будет уменьшаться после каждого отверстия на одну и ту же величину. Поэтому, зная коэффициент заполнения ψ в начале штанги и количество отверстий, можно определить размер любого высевного отверстия.

При регулировании размеров высевных отверстий в соответствии с полученными выражениями обеспечивается максимальная равномерность распределения материала распределителем-дозатором.

Библиография

1. Адамчук, В.В. Обґрунтування параметрів гравітаційних висівних апаратів тукової шнекової сівалки [Текст] / В.В. Адамчук // Вісник сільськогосподарської науки. – №6. – 1983. – С.58–61.
2. Антошук, С.А. Обоснование формы и места расположения высевных отверстий в шнековых распределяющих рабочих органах [Текст] / С.А. Антошук // Ресурсосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве: сб. ст. межд. науч.-практич. конф. Минск, 19–21 октября 2004г. / РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси». ТИ.1. – Мн., 2004. – С.176–184.
3. Агроскин, И.И. Гидравлика [Текст] / И.И. Агроскин, Г.Т. Дмитриев, Ф.И. Пикалов. – Изд. 4-е. М.: «Энергия», 1964. – 352 с.

УДК 631.3:631.174

П.П. Бегун

*(РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

**ОБОСНОВАНИЕ ВЗАИМНОГО
РАСПОЛОЖЕНИЯ
ЛОПАСТНОГО БАРАБАНА
ВЫРАВНИВАТЕЛЯ ПОТОКА
УДОБРЕНИЙ И ПОДАЮЩЕГО
ТРАНСПОРТЕРА**

Введение

Влияние минеральных удобрений на урожай сельскохозяйственных культур зависит не только от их количества и качества, но и от равномерности распределения в почве. Неравномерность внесения удобрений оказывает влияние на свойства урожая (снижает его технологические и биологические достоинства, способствует накоплению нитратов в сельскохозяйственных куль-

турах), значительно ухудшает отзывчивость растений на удобрения, а также приводит к загрязнению окружающей среды.

Значительную часть парка машин в Республике Беларусь, применяемых для поверхностного внесения минеральных удобрений, составляют машины с центробежными рабочими органами [1]. Это обусловлено их невысокой стоимостью, простотой конструкции, надежностью, маневренностью. Но качество распределения такими машинами минеральных удобрений далеко не самое лучшее.

Основной причиной, влияющей на качество внесения удобрений прицепными машинами, является большая пульсация их массового расхода подающим транспортером и, как следствие, высокая неравномерность распределения по рабочей ширине захвата машины [1, 2].

Установка выравнивателя потока удобрений на такие машины позволит снизить их пульсирующую подачу на рабочие органы и повысить качество распределения по полю [3].

Основная часть

Лопастной барабан 2 (рисунок 29) является основным элементом выравнивателя потока минеральных удобрений, подаваемых на распределяющие рабочие органы кузовных машин. Место расположения этого элемента относительно ведущего вала питателя 1 сильно влияет на характер распределения частиц удобрений на выравнивающем транспортере 3 после их броска лопастным барабаном, лопасти которого выполнены со скосом [3]. Изменение взаимного расположения лопастного барабана и вала питателя возможно в двух плоскостях: вертикальной и горизонтальной. Изменение положения оси лопастного барабана в вертикальной плоскости y_a не оказывает заметного влияния на характер распределения удобрений на выравнивающем транспортере после отбрасывания их барабаном, поскольку угол метания α остается неизменным.

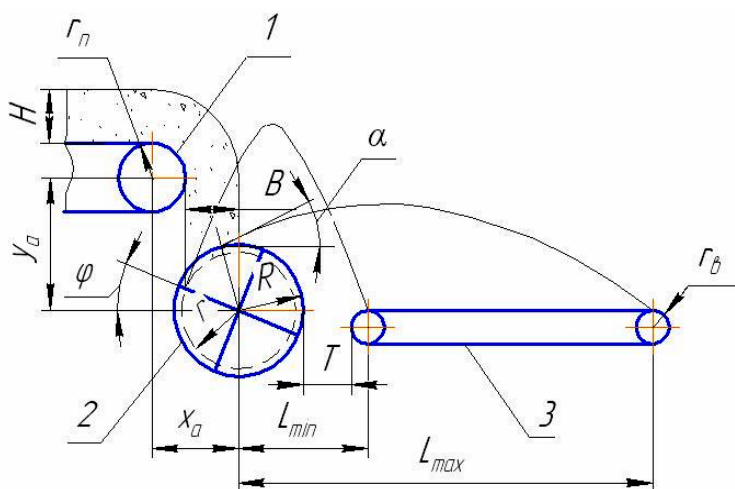


Рисунок 29 – Схема к определению взаимного расположения лопастного барабана и подающего транспортера

Наибольший интерес представляет смещение оси барабана в горизонтальной плоскости x_a , ограниченное минимально необходимой и максимальной дальностью отбрасывания.

Минимально необходимая дальность бросания ограничена конструктивными соображениями, а именно, необходимостью

направления потока удобрений с выравнивающего транспортера на туконаправитель и сохранением расстояния T (рисунок 29) между окружностью, описываемой концами лопаток барабана, и лентой выравнивающего транспортера, равного максимальной высоте слоя удобрений на питателе (100 мм), с целью беспрепятственного прохождения удобрений с выравнивающего транспортера на туконаправитель.

Если удобрения будут попадать в первую четверть барабана, как это изображено на рисунке 30 а, то их основная масса будет отбрасываться по восходящим траекториям, при этом угол метания будет иметь положительное значение, и все удобрения будут укладываться на выравнивающем транспортере.

Если удобрения подавать во вторую четверть барабана (рисунок 30 б), то это приведет к частичной разгрузке минеральных удобрений в туконаправителе, минуя выравнивающий транспортер, так как угол отбрасывания начнет принимать отрицательные значения, что в конечном итоге отразится на неравномерности их внесения.

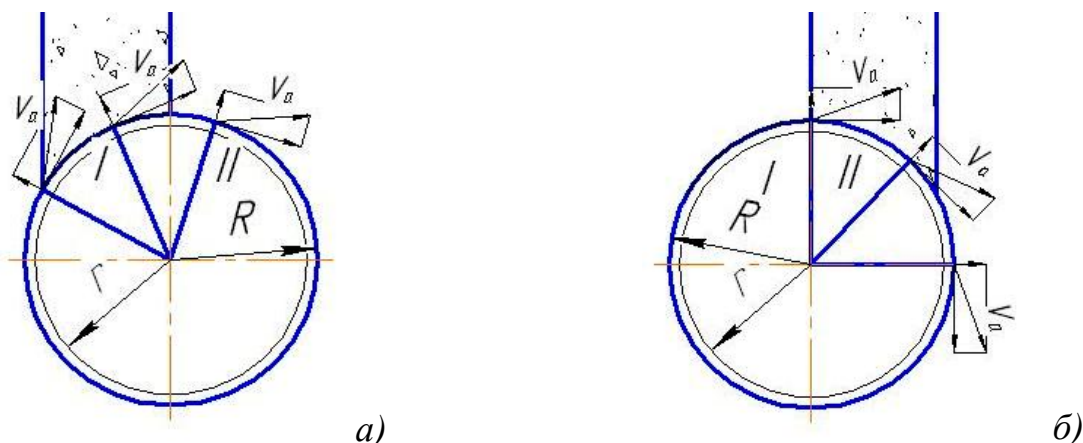


Рисунок 30 – Схема к определению места подачи удобрений на лопастной барабан

Анализ места расположения барабана показывает, что наиболее рационально его располагать в первой четверти.

Радиус лопастного барабана оказывает влияние на дальность отбрасывания частиц удобрений. Он должен обеспечивать полное отбрасывание частиц, поступивших на него с питателя. Принимая во внимание максимальный слой удобрений, который может подаваться на лопастной барабан, можно сказать, что его наименьший радиус должен быть не меньше ширины этого слоя, т.е. $r > H_{max}$. С другой стороны, барабан должен иметь небольшие габариты и массу, что, в свою очередь, позволит увеличить высоту расположения рассеивающих дисков над поверхностью почвы и даст возможность применить машину на подкормке высокорослых растений. Поэтому при известной максимальной высоте слоя $H_{max} = 110$ мм наименьший радиус барабана принимаем равным $r = 110$ мм.

Угол бросания α можно представить следующим образом:

$$\alpha = 180^\circ - \left(\varphi + \varphi' + \arctg \frac{\mathcal{G}_b}{\mathcal{G}_r} \right), \quad (1)$$

где φ' – угол поворота барабана, при котором последние частицы сойдут с лопасти после их выхода из слоя удобрений, град.;

φ – угол входа лопасти в поток удобрений, град.;

\mathcal{G}_r и \mathcal{G}_b – радиальная и окружная скорости движения частиц по лопасти барабана соответственно, м/с.

Поворот барабана на угол φ' определяется временем движения частиц удобрений по лопасти до момента их схода. Он определяется по выражению:

$$\varphi' = \frac{\cos \mu}{1 - \sin \mu} \cdot \ln \frac{2 \cdot \omega \cdot R}{\mathcal{G}_r \cdot \cos \mu + r_1 \cdot \omega (1 + \sin \mu)}, \quad (2)$$

где μ – угол трения материала о лопасть;

r_1 – радиус схода удобрений с лопасти, м.

Угол φ входа лопасти в поток удобрений определим по выражению:

$$\varphi = \arccos \frac{H_{max}}{r}. \quad (3)$$

Горизонтальная координата расположения оси вращения лопастного барабана согласно схеме, приведенной на рисунке 29, определится по формуле:

$$x_a = r_n + R \cdot \cos \varphi, \quad (4)$$

где r_n – радиус ведущей звездочки питателя, м.

Бросание частиц удобрений лопастью барабана на минимальную дальность происходит при больших углах метания, близких к нулю или отрицательных.

Максимальная дальность бросания достигается при угле метания $\alpha = 45^\circ$. Это видно из формулы дальности бросания [4]:

$$L = \frac{\mathcal{G}_a^2 \sin 2\alpha}{g}. \quad (5)$$

В этом случае $\sin 2\alpha$ получает максимальное значение, равное 1. Тогда формула (5) принимает вид:

$$L_{max} = \frac{\mathcal{G}_a^2}{g}.$$

При начальном отрыве частиц от лопасти барабана относительная скорость движения мала, что позволяет принять скорость вылета частиц из барабана равной по величине и направлению переносной скорости. Тогда

$$\mathcal{G}_a = \mathcal{G}_b = R \cdot \omega. \quad (6)$$

Строить траекторию движения частиц, покинувших лопасть со скоростью \mathcal{G}_a , лучше всего в прямоугольной системе координат с началом в соответствующей точке их вылета.

Дальность полета частиц, выброшенных с некоторой высоты h без учета сопротивления воздуха, ориентировочно можно определить по формуле [5]:

$$L = \frac{\mathcal{G}_a^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} \cdot \left(\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{h \cdot g}{2\mathcal{G}_a^2 \cdot \sin^2 \alpha}} \right). \quad (7)$$

Максимальная высота отбрасывания:

$$H_{max} = \frac{v_a \cdot \sin^2 \alpha}{2 \cdot g}. \quad (8)$$

Траекторию движущихся частиц можно определить по уравнению:

$$y = xtg\alpha \cdot \frac{g \cdot x^2}{2\mathcal{G}_a^2 \cdot \cos 2\alpha}. \quad (9)$$

Она представляет собой параболу.

Поскольку координаты угла бросания частиц удобрений будут постоянно изменяться по мере вращения лопастного барабана, формула (5) примет вид:

$$L = \frac{\mathcal{G}_a^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} \cdot \left(\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{h_i \cdot g}{2\mathcal{G}_a^2 \cdot \sin^2 \alpha}} \right) \pm m_i, \quad (10)$$

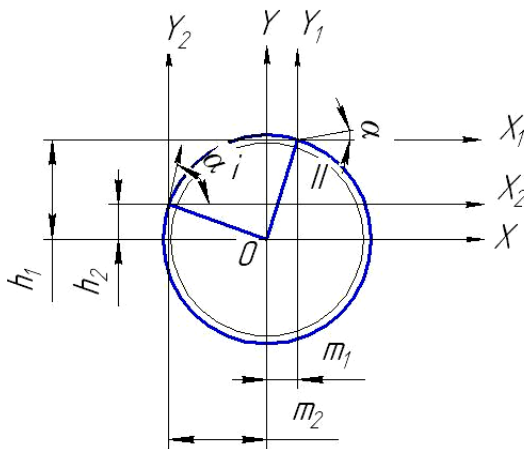


Рисунок 31 – Схема к определению координат угла бросания

После подстановки h_i и m_i в (10) формула примет вид:

$$L = \frac{\mathcal{G}_a^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} \cdot \left(\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{R \cdot \sin \varphi \cdot g}{2\mathcal{G}_a^2 \cdot \sin^2 \alpha}} \right) \pm R \cdot \cos \varphi. \quad (13)$$

Выбор знака "+" или "-" зависит от того, с какой четверти барабана происходит бросание удобрений. Если с первой – знак "+", со второй – знак "-".

Соответственно, формула (8) запишется:

$$H_{max} = \frac{\mathcal{G}_a^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2 \cdot g} + R \cdot \sin \varphi. \quad (14)$$

Используя выражения (13) и (14), построим графики зависимости дальности и высоты отбрасывания частиц удобрений (рисунок 32, 33) для наименьшего $r = 0,11$ м и наибольшего $R = 0,125$ м радиусов лопастного барабана.

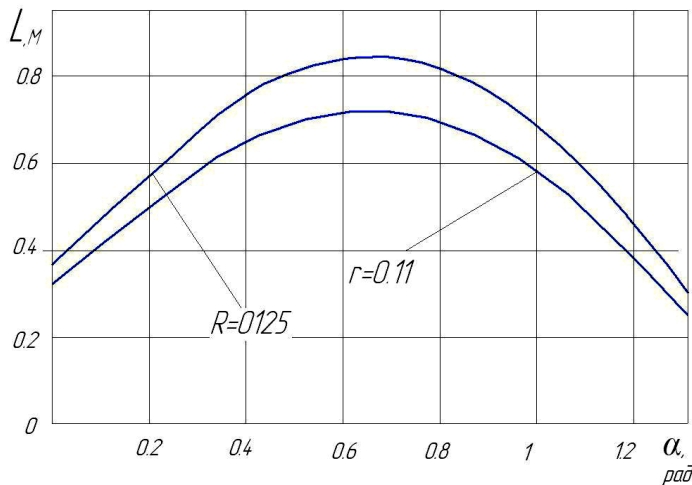


Рисунок 32 – Зависимость дальности отбрасывания частиц удобрений от угла отбрасывания α

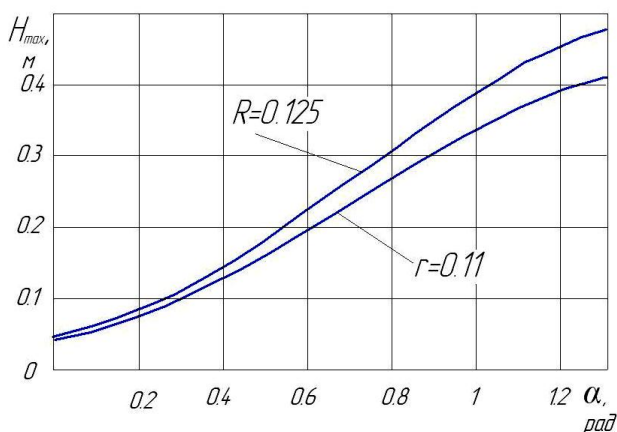


Рисунок 33 – Зависимость высоты полета частиц удобрений от угла отбрасывания α

Из графика (рисунок 32) видно, что максимальная дальность бросания частиц происходит при угле бросания $\alpha = 38^\circ$, а не при угле $\alpha = 45^\circ$, как было сказано выше. Это объясняется тем, что лопасть изменяет свое положение ($m_1 > m_2$) (рисунок 31), и при меньшем угле бросания траектория полета более пологая, что при одинаковой абсолютной скорости вылета частиц приводит к увеличению дальности полета.

Также на графике видно, какой длины необходимо выбрать выравнивающий транспортер, чтобы порции удобрений ложились по всей его длине без перелетов и недолетов. Таким образом, длина выравнивающего транспортера определится как разница

между максимальной и минимальной длинами отбрасывания:

$$L_{\text{выр.тр}} = L_{\text{max}} - L_{\text{min}} + 2 \cdot r_g, \quad (15)$$

где L_{max} – максимальная дальность отбрасывания удобрений, м;

L_{min} – минимальная дальность отбрасывания удобрений, м;

r_g – радиус поддерживающих роликов выравнивающего транспортера, м.

По графику, представленному на рисунке 33, можно судить о выборе размеров и формы отражающего щитка. Для предотвращения дробления гранул частиц удобрений о поверхность он выполняется эквидистантно траектории полета.

Заключение

1. Получены формулы для определения координат места расположения лопастного барабана выравнивателя потока минеральных удобрений относительно вала питателя. Их использование позволяет распределять весь подаваемый материал в пределах выравнивающего транспортера и в дальнейшем равномерно вносить удобрения.

2. Получены формулы, позволяющие определить дальность и высоту полета частиц, отбрасываемых лопастным барабаном. По ним построены графические зависимости, наглядно демонстрирующие, какой длины необходимо выбрать выравнивающий транспортер, чтобы удобрения ложились без перелетов и недолетов, размер и форму отражающего щитка.

Библиография

1. Степук, Л.Я. Механизация процессов химизации и экология [Текст] / Л.Я. Степук, И.С. Дмитрачков, И.С. Нагорский – Мн.: Ураджай, 1993. – 40 с.
2. Михеев, А.В. Исследование процесса подачи удобрений прутковым транспортером машин типа МВУ [Текст] / А.В. Михеев // Технологические процессы и средства механизации применения минеральных удобрений / ВИМ: сб. науч. тр. Т. 126. – М., 1991. – 56 с.
3. Бегун, П.П. Обоснование параметров выравнивателя потока удобрений [Текст] / П.П. Бегун // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. темат. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». Вып.41. – Мн., 2007 – С.71-77.
4. Карякин, Н.И. Краткий справочник по физике [Текст] / Н.И. Карякин, К.Н. Быстров, П.С. Киреев. – М.: Высш. шк., 1964. – 49 с.
5. Назаров, С.И. О дальности полета частиц удобрений в сопротивляющейся среде [Текст] / С.И. Назаров, И.В. Румянцев // Труды ЦНИИМЭСХ. Т.7. – Мн.: Урожай, 1969. – 49 с.

УДК 631.333

Л.Я. Степук, В.В. Голдыбан
(*РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь*)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ
РАЦИОНАЛЬНОЙ ШИРИНЫ
ВЫРЕЗА В КОЖУХЕ
ШНЕКОВОГО ПОДАЮЩЕГО
УСТРОЙСТВА**

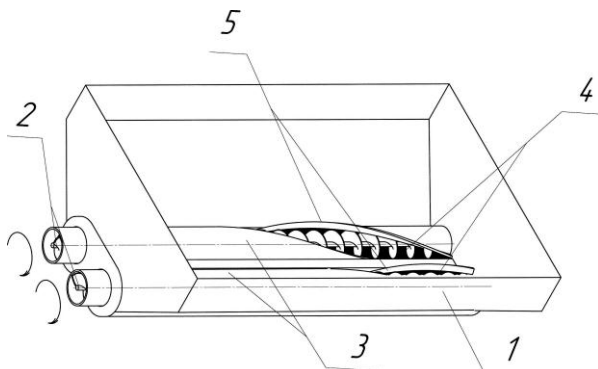
Введение

Следует более детально рассмотреть вопрос о подающих устройствах (ПУ) в кузове прицепных машин для внесения минеральных удобрений. Мало изучены нагрузки на рабочие органы и необходимое количество энергии для их привода. На всех серийных машинах длина выпускного отверстия кузова в несколько раз превышает длину прутков или ширину ленты транспортера, по этой причине сыпучий материал поступает только с одного конца ПУ. Материал, заполняя ПУ в хвостовой части, исключает полезное использование всей его длины. Удобрения, обладающие достаточным сцеплением, образуют над заполненной частью ПУ устойчивый свод. Неподвижный материал в кузове, соприкасаясь с поверхностью ПУ, уплотняется и создает большие нормальные усилия и силу трения на него. Вследствие этого возрастает энергоемкость

процесса, возникает необходимость применения металлоемкого и габаритного привода.

Основная часть

С целью снижения энергоемкости процесса подачи удобрений из кузова к распределяющим рабочим органам нами предложен разбрасыватель минеральных удобрений [1], содержащий шнековое подающее устройство (ШПУ), состоящее из кожухов и винтов (рисунок 34). Кожухи ШПУ цилиндрические, с возможностью вращения, имеют спиралевидные ленточные вырезы с шагом, равным длине кожуха. Кроме того, для обеспечения полной выгрузки удобрений из кузова и устранения заклинивания кожуха шнека, по всей длине выреза в кожухе со стороны, противоположной направлению его вращения, закреплен спиралевидный ленточный скребок.



1 – кузов; 2 – винты; 3 – кожухи; 4 – спиралевидные ленточные вырезы; 5 – ленточный скребок

Рисунок 34 – Разбрасыватель минеральных удобрений со шнековым подающим устройством

Устройство работает следующим образом. При включении вала отбора мощности трактора удобрения, забираемые винтом из кузова, заполняют пространство между витками шнека и стенками кожуха, проникая туда через заборную камеру А, и транспортируются, не подвергаясь давлению столба материала, к выгрузному отверстию.

Заборная камера А представляет собой видимую часть спиралевидного ленточного выреза в кожухе.

Кожух, вращаясь с помощью храпового механизма, вызывает перемещение заборной камеры А к передней части кузова. Это обеспечивает постепенную разгрузку кузова и практически исключает воздействие столба материала на закрытую кожухом основную часть винта.

Для того чтобы в заборной камере шнека не создавался избыток удобрений, а следовательно, была бы исключена возможность забивания, необходимо, чтобы количество удобрений, поступающее в заборную камеру в единицу времени, не превышало пропускной способности шнека $W_{ш}$. Если в заборную камеру в секунду поступает удобрений меньше соответствующей величины $W_{ш}$, то шнек работает с недогрузкой, что приводит к повышению неравномерности внесения.

Оптимальные условия работы шнека обеспечиваются при одинаковом количестве материала, поступающего на шнек и транспортируемого им к выгрузному отверстию:

$$W_{зк} = W_{ш}. \quad (1)$$

Пропускная способность заборной камеры

$$W_{зк} = F_{зк} v_u \gamma_k c,$$

где $F_{\zeta\hat{e}}$ – площадь заборной камеры, m^2 ;

v_u – скорость истечения удобрений, m/c ;

γ – насыпная плотность материала, kg/m^3 ;

$k_c = 0,5 \cdot (1 + \cos \theta)$ – коэффициент, учитывающий угол θ наклона стенки бункера [2];

W_{uu} – весовая производительность горизонтального шнека, kg/c .

$$v_{\hat{e}} = \left(\frac{gR_{\zeta\hat{e}}}{f_0} \right)^{0,5},$$

где $R_{\zeta\hat{e}} = F_{\zeta\hat{e}} / P$ – гидравлический радиус отверстия заборной камеры, m ;

f_0 – коэффициент внутреннего трения материала;

P – периметр заборной камеры, m .

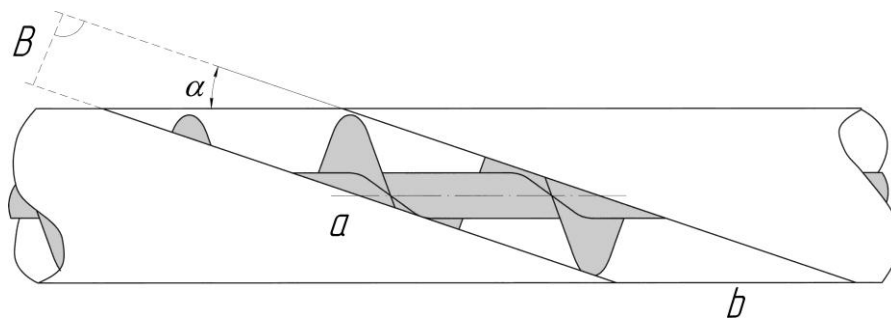


Рисунок 35 – Заборная камера шнекового подающего устройства

В развернутом виде заборная камера представляет собой параллелограмм со сторонами a и b (рисунок 35). Длина большей стороны заборной камеры:

$$a = \frac{L}{2},$$

где $L = \left((2\pi R_{\hat{e}})^2 + h^2 \right)^{0,5}$ – длина полного витка образующей винтовой линии с шагом h , m ;

$R_{\hat{e}}$ – наружный радиус кожуха, m ;

Длина меньшей стороны заборной камеры:

$$b = \frac{B}{\sin \alpha},$$

где B – ширина спиралевидного ленточного выреза в кожухе, m ;

α – угол подъема винтовой линии.

Следовательно,

$$F_{\zeta\hat{e}} = \frac{L}{2} \times \frac{B}{\sin \alpha} \times \sin \alpha = \frac{LB}{2}.$$

Тогда:

$$R_{\zeta\hat{e}} = \frac{BL \sin \alpha}{4B + 2L \sin \alpha}.$$

Откуда:

$$W_{\zeta\hat{e}} = \frac{\gamma k_c LB}{2} \sqrt{\frac{gBL \sin \alpha}{f_0 (4B + 2L \sin \alpha)}}. \quad (2)$$

В общем случае заборную производительность шнекового подающего устройства ($\kappa z/c$) определим по выражению [3, с.97]:

$$W_{\phi} = 13,1(D^2 - d^2)Sn\psi\gamma\tilde{n}, \quad (3)$$

где D – диаметр наружной кромки винта, мм;

d – диаметр внутренней кромки винта, мм;

S – шаг витков шнека, мм;

n – число оборотов шнека, c^{-1} ;

ψ – коэффициент заполнения;

c – поправочный коэффициент, учитывающий угол наклона шнекового транспортера к горизонту [4, с. 359].

Подставив в формулу (1) W_{ϕ} и W_{ϕ} из (2) и (3), получим:

$$\frac{gL^3B^3k_c^2 \sin \alpha}{f_o(4B + 2L \sin \alpha)} = \left[26,2(D^2 - d^2)Sn\psi\tilde{n} \right]^2.$$

Откуда:

$$B^3 = \frac{\left[26,2(D^2 - d^2)Sn\psi c \right]^2 \times f_o \times (4B + 2L \sin \alpha)}{gL^3k_c^2 \sin \alpha}. \quad (4)$$

Результаты исследований

Имеем уравнение третьей степени вида $x^3 - px - q = 0$. Решив его относительно x , найдем необходимую ширину спиралевидного ленточного выреза в кожухе для заданных параметров подающего устройства (рисунок 36):

радиус наружной кромки винта $R = 0,075$ м;

радиус внутренней кромки винта $r = 0,022$ м;

угол подъема винтовой линии $\alpha = 7^\circ$;

шаг образующей винтовой линии $h = 4,71$ м;

коэффициент заполнения $k = 0,96$;

угол наклона стенок бункера $\theta = 50^\circ$;

угол наклона ШПУ к горизонту $\beta = 5^\circ$;

коэффициент внутреннего трения материала $f_0 = 0,64$.

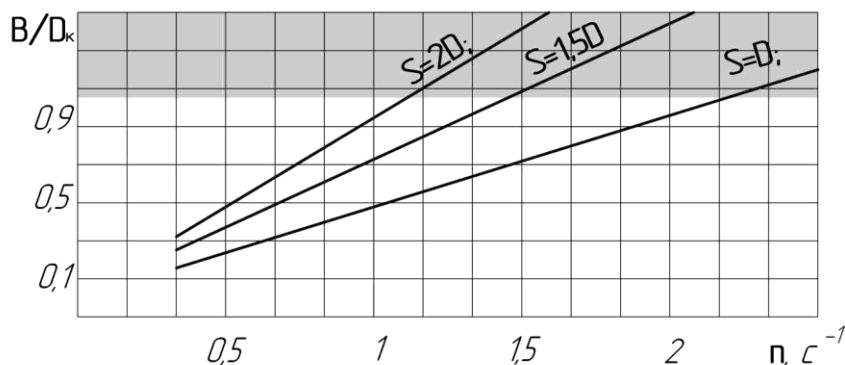


Рисунок 36 – Зависимость ширины ленточного выреза заборной камеры от частоты вращения для различного соотношения S/D

Так, для ШПУ с соотношением $S = D$ при частоте вращения винта $n = 1 \text{ с}^{-1}$, $B/D_k = 0,48$ создаются оптимальные условия для поступления материала в кожух ШПУ и его дальнейшего перемещения к распределяющим рабочим органам. Для установленной ширины выреза B увеличение частоты вращения винта выше оптимальной приводит к снижению коэффициента забора материала, ухудшаются условия проникновения материала в кожух ШПУ. При этом уменьшается производительность ШПУ и возрастает энергоёмкость перемещения материала. Изменение $B/D_k \geq 1$ для данной конструкции ШПУ не имеет смысла.

Заключение

Полученное выражение (4), учитывающее конструктивные и скоростные параметры кожуха и винта, а также свойства транспортируемого материала, позволяет определить рациональную ширину выреза в кожухе и обеспечить устойчивую работу и необходимую пропускную способность ПУ.

Эксперименты подтвердили правомерность наших теоретических расчетов.

Библиография

1. Разбрасыватель минеральных удобрений: пат. 4143 Респ. Беларусь, МПК 6 A01C15/00 / Л.Я. Степук, В.В. Голдыбан, С.А. Казаченок, П.И. Нитиевский; заявитель Респуб. унитар. предпр. «НПЦ НАН Беларуси по механизации сел. хоз». – №20070502; заявл. 07.09.2007; опубл. 10.15.2007.
2. Обертышев, А.И. Влияние длины загрузочного окна шнекового транспортера на потребную мощность: автореф. дис. ... канд. технич. наук: 05.20.01. / А.И. Обертышев. – Саратов, 1972 – 25 с.
3. Борисов, А.М. Сельскохозяйственные погрузочно-разгрузочные машины [Текст] / А.М. Борисов. – М.: Машиностроение, 1973. – 160 с.
4. Спиваковский, А.О. Транспортирующие машины [Текст] / А.О. Спиваковский, В.К. Дьячков. – М.: Машиностроение, 1968. – 504 с.

УДК 631.3.072.3: 629.3.014.2

**В.Г. Шевцов, А.А. Соловейчик,
В.А. Колос, А.В. Лавров**
(ГНУ ВИМ Россельхозакадемии
г. Москва, Россия)

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ
КОМБИНИРОВАННЫХ
МАШИНО-ТРАКТОРНЫХ
АГРЕГАТОВ**

Введение

Технической основой совмещения технологических операций при возделывании полевых культур являются комбинированные машины и машинно-тракторные агрегаты.

Вопросы эффективности применения комбинированных агрегатов наиболее полно рассмотрены в работах [1-3].

В работе [3] дается классификация комбинированных агрегатов по принципу применения рабочих органов:

- составленные из существующих однооперационных машин;
- имеющие новые комбинированные рабочие органы;
- включающие существующие однооперационные машины и новые комбинированные рабочие органы.

Несмотря на прогрессивность применения комбинированных агрегатов, исследователи отмечают, что при совмещении операций, направленном на повышение производительности труда, более производительные машины объединяются с менее производительными и теряют свои преимущества. Снижается надежность агрегата, ухудшается маневренность, при небольшом количестве совмещаемых операций в случае значительно большей ширины захвата однооперационные машины могут иметь меньшее количество проходов по полю.

Для рассмотрения этих особенностей при обеспечении агротехнической совместимости были методически обоснованы принципы сравнения комбинированных агрегатов с набором машин, выполняющих те же технологические операции отдельно – по производительности (часовой выработке), полезной энергоемкости (количеству прямых затрат энергии на обработку единицы площади), затратам труда и другим показателям.

В настоящее время комбинированные агрегаты находят все более широкое применение, однако остаются нерассмотренными методические особенности оценки эффективности их работы, связанные с соблюдением агротехнических сроков совмещенных операций и влиянием их использования на формирование тракторного парка.

При определении эффективности комбинированных агрегатов по отношению к сумме погектарных затрат заменяемых однооперационных агрегатов, без учета агротехнических сроков совмещаемых операций, однозначно следовал вывод о необходимости максимального увеличения количества совмещаемых операций. Многократно возрастающее в этом случае удельное сопротивление комбинированного агрегата требовало применения трактора более высокого класса тяги, что изменило бы структуру парка тракторов, увеличив количество тракторов высокой мощности.

В работе [3] отмечается, что главными условиями создания комбинированных агрегатов являются:

- агротехническая совместимость одновременного выполнения различных операций;
- техническая возможность реализации комбинированного агрегата.

Рассматривая первое условие, необходимо отметить, что каждая из технологических операций имеет свои агротехнические сроки и нормативную продолжительность выполнения [4, 6]. Поэтому при совмещении нескольких операций, выполняемых за один проход агрегата, агросроки отдельных из них

смещаются, а продолжительность синхронного выполнения нескольких операций должна определяться по одной, наиболее важной [3]. Например, продолжительность работы комбинированного почвообрабатывающего посевного агрегата не должна превышать нормативной продолжительности посева [7] (таблица 5).

Таблица 5 – Нормативная продолжительность посева зерновых культур

Экономический район, республика	Озимые	Ранние зерновые	Рис	Кукуруза на зерно	Зернобобовые
РСФСР	4	4	9	5	2
Северо-Западный	4	4	–	–	3
Центральный	4	4	–	–	3
Волго-Вятский	4	4	–	–	3
Центрально-Черноземный	8	3	–	5	2
Поволжский	3	3	10	5	2
Северо-Кавказский	7	4	10	5	2
Уральский	4	4	–	–	2
Западно-Сибирский	4	4	–	–	2
Восточно-Сибирский	–	4	–	–	2
Дальневосточный	–	4	8	–	2

Представленная методика оценки энергетической эффективности комбинированных агрегатов, в отличие от ранее применявшихся, учитывает, вписываются ли такие агрегаты в агротехнические сроки при обработке заданных площадей с определенной структурой полевых участков. Кроме этого, при определении энергетической эффективности комбинированных машинно-тракторных агрегатов предлагается в соответствии с [4, 5] учитывать перенос энергии, затраченной на создание как энергосредства, так и комбинированной машины исходя из их годовой занятости и общего ресурса работоспособности.

При этом следует учитывать, что для всех культур недобор урожая прямо пропорционален увеличению сроков проведения полевых работ. Таким образом, для комбинированного агрегата условие агротехнической совместимости связано с необходимостью сокращения продолжительности проведения работ. Вместе с этим, из-за возрастающего удельного сопротивления производительность комбинированного агрегата всегда меньше, чем однооперационного (с тем же трактором).

Предлагаемая методика основана на построении эксплуатационно-энергетической характеристики машинно-технологической операции, представляющей собой систему взаимосвязанных энергетических, кинематических, агротехнических и хозяйственных показателей использования МТА.

Методика учитывает влияние годовой занятости машин и тракторов, их энергетическую эффективность.

Построение эксплуатационно-энергетической характеристики машинно-технологической операции

Для оценки энергетической эффективности комбинированных агрегатов предлагается характеристика машинно-технологической операции, устанавливающая связь между удельным сопротивлением агрегата q (от 2 до 10 $кН/м$), рабочей шириной захвата B (от 4 до 20 $м$), площадью поля A (от 5 до 60 $га$), площадью под возделываемой культурой S_k от (100 до 2000 $га$) и требуемыми для реализации в этих условиях агрегатами с мощностью двигателя N ($кВт$), коэффициентом использования времени смены τ , производительностью в час сменного времени W , общей продолжительностью работ T (час) и погектарным расходом топлива g ($кг/га$) при постоянной рабочей скорости $V_p = 10$ $км/ч$.

Алгоритм расчета заключается в следующем:

$$1) N = \frac{q \cdot B \cdot V}{\eta_m}, \quad \text{при } V = 10 \text{ км/ч (2,78 м/с); } \eta_m = 0,7,$$

$$2) \tau = \tau(B, A) = \frac{0,95}{1 + \frac{7,8B_p}{\alpha} + 0,15B_p V_p}$$

$$3) W = B \cdot V \cdot \tau,$$

$$4) T = \frac{A}{W},$$

$$5) g = g(g_e, \tau), \quad \text{при } g_e = 165 \text{ г/л.с.} \cdot \text{ч (2 г/кВт} \cdot \text{ч)}.$$

Результаты выполненных расчетов (таблица 6) могут быть представлены в виде номограммы (рисунки 37–39), на которых в качестве примера дано сравнение показателей однооперационного посевного и комбинированного почвообрабатывающего посевного агрегатов.

Сравниваемые агрегаты

1) Однооперационный посевной агрегат:

$$q_n = 3 \text{ КН/м; } B_n = 20 \text{ м;}$$

$$F_{кр} = 60 \text{ кН; } N = 270 \text{ кВт;}$$

$$\tau_n = 0,45; W_n = 8,3 \text{ га/ч;}$$

$$\text{при } A = 60 \text{ га; } S = 500 \text{ га;}$$

$$T_n = 60 \text{ ч.}$$

Продолжительность посева при 20 часах работы агрегата в сутки составит 3 дня, $g = 6,5$ $кг/га$.

2) Комбинированный почвообрабатывающе-посевной агрегат:

$$q_k = 10 \text{ кН/м; } B_k = 6 \text{ м; } F_{кр} = 60 \text{ кН; } N = 270 \text{ кВт; } \tau_k = 0,74; W_k = 4,0 \text{ га/ч;}$$

$$\text{при } A = 60 \text{ га; } S = 500 \text{ га; } T_k = 125 \text{ ч.}$$

Продолжительность посева при 20 часах работы агрегата в сутки составит 6,25 дня, $g = 13,8 \text{ кг/га}$.

Для соблюдения 3-дневной продолжительности посева (агросрок) вместо одного однооперационного потребуется 2 комбинированных агрегата с такой же мощностью двигателя.

При сохранении условия выполнения заданного объема посева 500 га в течение трех дней необходим агрегат с шириной захвата $B = 20 \text{ м}$ на базе трактора с двигателем мощностью 880 кВт при $g = 21 \text{ кг/га}$. В этом случае возникает дополнительная проблема годовой загрузки такого трактора, величина которой существенно влияет на энергоемкость выполнения операций. Решение проблемы представляется крайне сложным, поскольку связано с изменением сложившейся структуры МТП хозяйств.

Таблица 6 – Эксплуатационно-энергетическая характеристика машинно-технологической операции (при $V = 10 \text{ км/ч}$)

Входные параметры (условия)				Выходные показатели					
Энерго-ем-кость опера-ции, кН/м	Ши-рина захва-та, м	Пло-щадь поля, га	Пло-щадь под куль-турой, га	Номи-нальная мощность двигателя, кВт	Кэффи-циент ис-пользова-ния вре-мени сме-ны	Произво-дитель-ность в час смен-ного вре-мени, га/ч	Общая продол-жительность обра-ботки, ч	Погек-тарный расход топлива, кг/га	
q	B	A	S_k	N	τ	W	T	g	
2	4	5	100	35,6	0,73	2,92	34,2	2,74	
			2000	35,6	0,73	2,92	684,6	2,74	
	60	5	100	35,6	0,788	3,15	31,7	2,54	
			2000	35,6	0,788	3,15	634,4	2,54	
		20	5	100	178	0,379	7,59	13,2	5,28
				2000	178	0,379	7,59	263,6	5,28
60	5	100	178	0,469	9,37	10,7	4,27		
		2000	178	0,469	9,37	213,4	4,27		
10	4	5	100	178	0,73	2,92	34,2	13,71	
			2000	178	0,73	2,92	684,6	13,71	
	60	5	100	889,9	0,469	9,37	10,7	21,36	
			2000	889,9	0,469	9,37	213,4	21,36	
		20	5	100	889,9	0,379	7,59	13,2	26,39
				2000	889,9	0,379	7,59	263,6	26,39
60	5	100	889,9	0,469	9,37	10,7	21,36		
		2000	889,9	0,469	9,37	213,4	21,36		

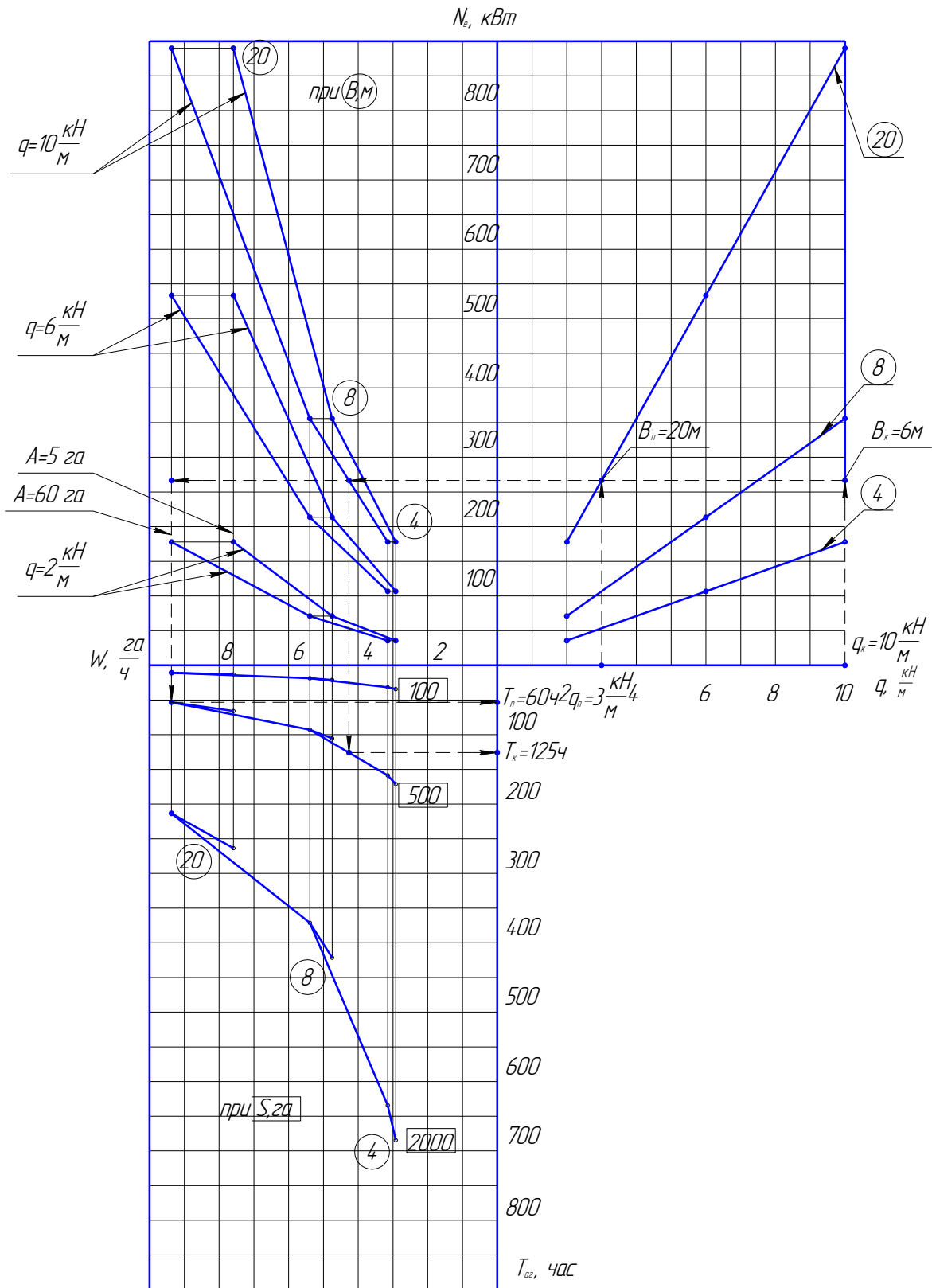


Рисунок 37 – Номограмма для определения основных показателей эксплуатационно-энергетической характеристики машинно-технологической операции (при $V = 10 \text{ км/ч}$)

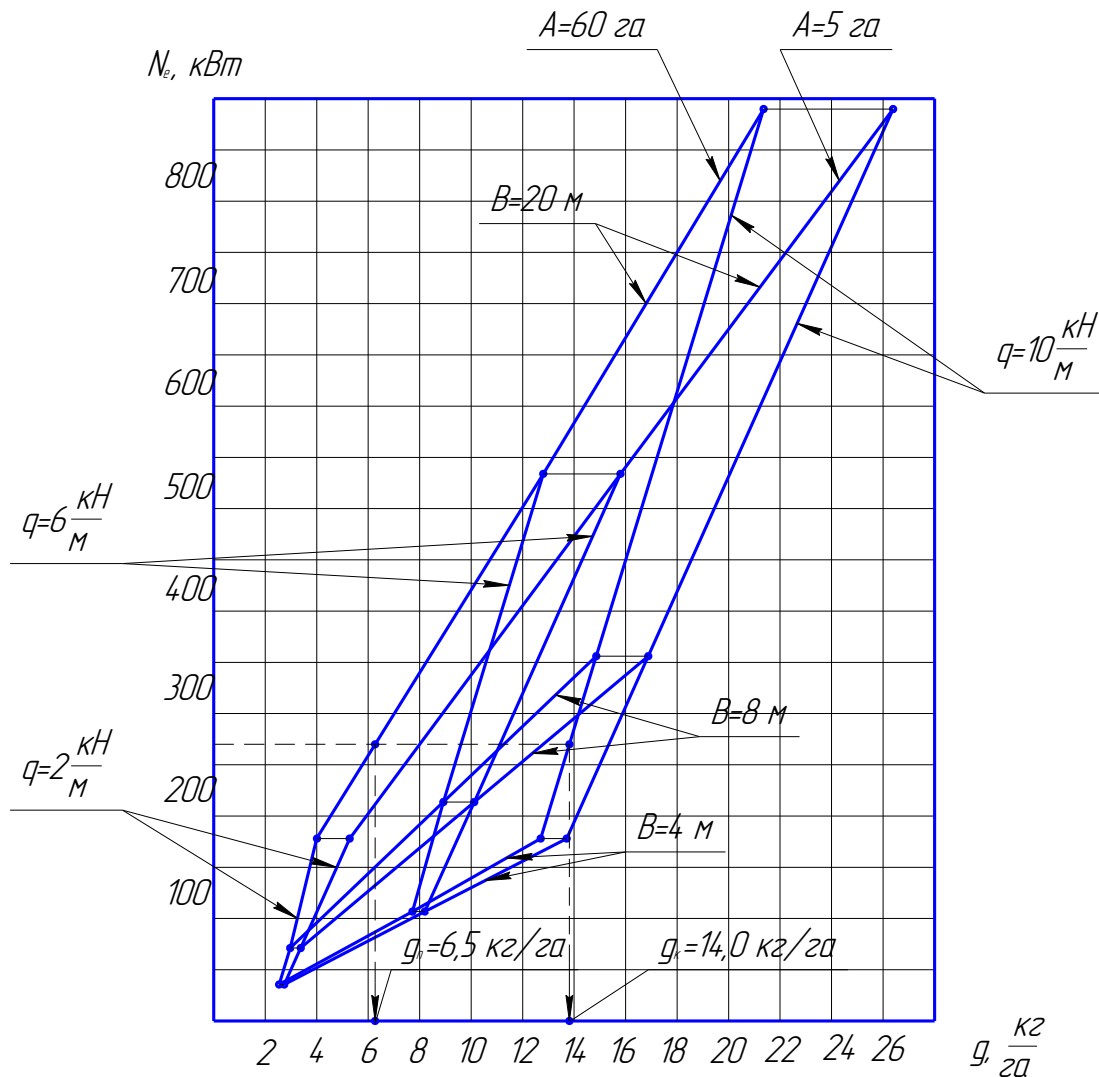


Рисунок 38 – Номограмма для определения погектарного расхода топлива в зависимости от рабочей ширины захвата B и удельного сопротивления почвы q

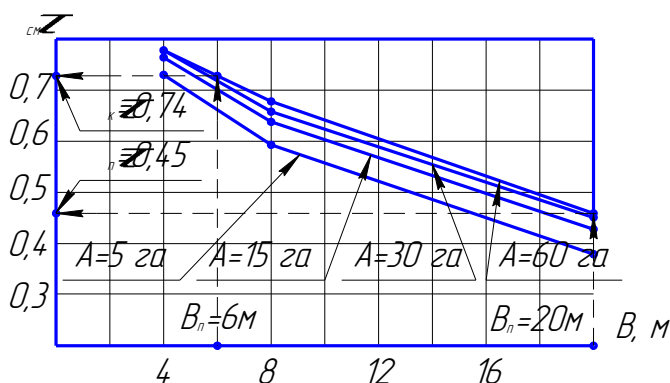


Рисунок 39 – Зависимость τ_{cm} от рабочей ширины захвата B площади поля A

совмещаемых технологических операций [8]:

Оценка энергетической эффективности комбинированных машинно-тракторных агрегатов

Оценку эффективности комбинированных и однооперационных агрегатов предлагается проводить по относительному снижению полных удельных топливно-энергетических затрат $\bar{\Delta \mathcal{E}}_W^k$ на выполнение

$$\bar{\Delta}\mathcal{E}_W^{\kappa} = \frac{\sum_{i=1}^n \mathcal{E}_{wi}^o - \mathcal{E}_W^{\kappa}}{\sum_{i=1}^n \mathcal{E}_{wi}^o},$$

где $\sum_{i=1}^n \mathcal{E}_{wi}^o$, \mathcal{E}_W^{κ} – полные топливно-энергетические затраты при работе одно-
операционных и комбинированного агрегатов соответственно.

Полные удельные топливно-энергетические затраты на технологическую операцию без учета затрат энергии на живой труд составляют:

$$\mathcal{E}_{Wi}^o = \frac{\mathcal{E}_{mpi}^o + \mathcal{E}_{mi}^o + \mathcal{E}_{xi}^o + \mathcal{E}_{moni}^o}{W_{cmi}},$$

где $\mathcal{E}_{mpi}^o, \mathcal{E}_{mi}^o, \mathcal{E}_{xi}^o, \mathcal{E}_{moni}^o$ – энергозатраты по i -ой технологической операции, отнесенные к 1 часу работы трактора, машины, средств химизации и топлива соответственно;

W_{cmi} – сменная производительность.

Аналогичным образом определяются полные удельные топливно-энергетические затраты при работе комбинированного агрегата:

$$\mathcal{E}_W^{\kappa} = \frac{\mathcal{E}_{mp}^{\kappa} + \mathcal{E}_m^{\kappa} + \mathcal{E}_x^{\kappa} + \mathcal{E}_{mon}^{\kappa}}{W_{cm}^{\kappa}},$$

где $\mathcal{E}_{mp}^{\kappa}, \mathcal{E}_m^{\kappa}, \mathcal{E}_x^{\kappa}, \mathcal{E}_{mon}^{\kappa}$ – энергозатраты при работе комбинированного агрегата, отнесенные к 1 часу работы трактора, машины, средств химизации и топлива соответственно;

W_{cm}^{κ} – сменная производительность.

Расчеты энергозатрат выполняются по методике [5].

Заключение

На основании анализа результатов исследований по определению эффективности комбинированных агрегатов разработана методика, которая, в отличие от ранее созданных, позволяет оценить их эффективность с учетом нормативной продолжительности технологических операций и годовой загрузки машин и тракторов в хозяйстве.

Подготовлено программное обеспечение для определения показателей эксплуатационно-энергетической характеристики технологической операции в среде Mathcad.

Библиография

1. Кабаков, Н.С. Эффективность использования комбинированных агрегатов [Текст] / Н.С. Кабаков // ВИМ: труды. Т.56. – М., 1974. – С.32-36.
2. Бычков, Н.И. Эксплуатационная целесообразность применения комбинированных агрегатов [Текст] / Н.И. Бычков // МИИСП: труды. Т.XV. Вып.3. – М., 1979. – С.121-124.

3. Спирин, А.П. Минимальная обработка почвы [Текст] / А.П. Спирин. – М., ВИМ, 2005. – 167 с.
4. Ксеневиц, И.П. Концепция непрерывной информационной поддержки жизненного цикла (CALS-технологии) сельскохозяйственных мобильных энергетических средств [Текст] / И.П. Ксеневиц, Л.С. Орлик, В.Г. Шевцов. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – 142 с.
5. Елизаров, В.П. Методика топливно-энергетической оценки производства продукции растениеводства [Текст] / В.П. Елизаров, В.А. Колос, Ю.Н. Сапьян и др. – М.: ВИМ, 2005. – 185 с.
6. Бейлис, В.М. Продолжительность проведения механизированных полевых сельскохозяйственных работ [Текст] / В.М. Бейлис. – М.: ВИМ, 2005. – 163 с.
7. Нормативная продолжительность механизированных полевых сельскохозяйственных работ [Текст] / Госагропром СССР. ВАСХНИЛ. ВИМ. – М., 1987.
8. Шевцов, В.Г. Оценка энергетической эффективности применения перспективного экологически безопасного трактора класса 1,4 с комплексом машин [Текст] / В.Г. Шевцов, А.А. Соловейчик // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: мат. межд. науч.-практ. конф. – Мн., 2007. – С.138-143.

УДК 631.312.44

Н.Д. Лепешкин, А.В. Китун

*(РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОМБИНИРОВАННОГО АГРЕГАТА ДЛЯ МИНИМАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Введение

В современных экономических условиях наращивание производства продукции растениеводства в Республике Беларусь невозможно без существенного снижения ее себестоимости, что напрямую зависит от затрат ресурсов. Особенно ресурсоемкими в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур являются процессы обработки почвы. Как одно из направлений их совершенствования рассматривается широкое применение нетрадиционных минимальных систем обработки почвы. Отечественными и зарубежными исследователями установлено, что на дерново-подзолистых почвах Республики Беларусь наиболее эффективными и приемлемыми являются системы, предусматривающие чередование в севообороте 50 на 50% традиционных глубоких



Рисунок 40 – Агрегат комбинированный для минимальной обработки почвы АКМ-4

(до 25 см) и мелких (до 16 см) обработок [1]. Для реализации данного направления РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства» был разработан специальный агрегат, представленный на рисунке 40.

Он обеспечивает в соответствии с агротехническими требованиями [2] неглубокую основную и мульчирующую предпосевную обработку почвы [3].

Очевидно, что время использования данного агрегата в хозяйствах по прямому назначению будет ограничено. Поэтому важно определить его эксплуатационно-экономические показатели на других видах обработок, а также установить экономическую эффективность в сравнении с существующими комплексами машин.

Основная часть

Эксплуатационные и экономические показатели применения агрегата АКМ-4 и базовых комплексов машин определялись в ходе следующих видов работ: подготовки почвы под посев озимых зерновых по стерне; подготовки почвы под посев яровых зерновых по зяби; лущении стерни; обработки почвы после уборки кукурузы. При этом АКМ-4 агрегатировался с отечественным трактором «Беларус 1522», а базовые комплексы машин – с имеющимися в хозяйстве тракторами Т-150К и К-701, ранее поставлявшимися в республику.

Агрегат АКМ-4 включает два ряда дисковых батарей, между которыми установлены два ряда лап на чизельных стойках, и один ряд прикатывающих спирально-трубчатых катков. Технологический процесс обработки почвы осуществляется следующим образом: первый ряд дисков измельчает, перемешивает растительные остатки и аэрирует почву; лапы подрезают пласт ниже уровня, разработанного дисками; задние дисковые батареи оборачивают подрезанный пласт, улучшая тем самым заделку растительных остатков, рыхление почвы и ее перемешивание; задние катки выравнивают и прикатывают почву, создавая семенное ложе. Учитывая набор рабочих органов и перечень операций, которые выполняет за один проход по полю агрегат АКМ-4, с целью получения аналогичных поверхностных обработок в качестве базовых машин были приняты: при проведении операции лущения стерни – дисковая борона БДТ-3 и чизельный культиватор КЧ-5,1 с двухрядной катковой приставкой ПКД-5,1; при обработке почвы после уборки кукурузы – дисковая борона БДТ-3; при подготовке почвы под посев яровых зерновых по зяби – чизельный культиватор КЧ-5,1 с приставкой ПКД-5,1 и агрегат комбинированный для предпосевной обработки почвы АКШ-7,2. Подготовка почвы под посев озимых зерновых по стерне осуществлялась агрегатом АКМ-4 за два прохода, что позволило заменить операцию лущения стерни бороной БДТ-3, вспашку плугом ППП-7-40 и предпосевную подготовку агрегатом АКШ-7,2.

Определение эксплуатационных показателей

Эксплуатационные показатели агрегата АКМ-4 и сравниваемых машин определялись в период весенне-осенних посевных кампаний 2004–2005 гг. на полях СПК «Каганец» Столбцовского района Минской области. Почвы были супесчаные и суглинистые нормальной влажности, средне засоренные камнями.

ми. Основные эксплуатационные показатели работы сравниваемых машин определены по методике [4] и представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Эксплуатационные показатели

Вид работы, исследуемые агрегаты	Производительность за 1 час времени, га			Коэффициент использования		Расход топлива	
	основного	сменного	эксплуатационного	сменного времени	эксплуатационного времени	часовой, кг/ч	удельный, кг/ч
Подготовка почвы под посев озимых зерновых по стерне «Беларус 1522» + АКМ-4 (2 прохода)	2,00	1,41	1,39	0,71	0,70	17,20	12,20
Базовый комплекс: Т-150К + БДТ-3	3,40	2,34	2,26	0,69	0,66	9,36	4,00
К-701 + ПГП-7-40	2,19	1,56	1,53	0,71	0,70	31,82	20,4
Т-150К + АКШ-7,2	6,71	4,80	4,73	0,72	0,70	27,36	5,70
Подготовка почвы под посев яровых зерновых по зяби «Беларус 1522» + АКМ-4 (1 проход)	3,00	2,18	2,16	0,73	0,72	17,33	7,95
Базовый комплекс: Т-150К + КЧ-5,1 + ПКД-5,1	3,54	2,56	2,41	0,72	0,68	14,59	5,70
Т-150К + АКШ-7,2	9,18	6,37	6,28	0,69	0,68	26,75	4,20
Лушение стерни «Беларус 1522» + АКМ-4	4,00	2,82	2,79	0,71	0,70	18,61	6,60
Базовый комплекс: Т-150К + БДТ-3	3,40	2,34	2,26	0,69	0,66	9,36	4,00
Т-150К + КЧ-5,1 + ПКД-5,1	4,36	2,97	2,76	0,68	0,63	16,2	5,46
Обработка почвы после уборки кукурузы «Беларус 1522» + АКМ-4	3,60	2,50	2,48	0,70	0,69	15,23	6,09
Базовый комплекс: Т-150К + БДТ-3 (2 прохода)	1,53	1,07	1,06	0,70	0,69	16,34	7,64

Из данных таблицы 7 видно, что наибольший расход топлива (30,1 кг/га) дает подготовка почвы под посев озимых базовым комплексом машин с использованием плуга. На этом фоне расход топлива при подготовке почвы за два прохода агрегатом АКМ-4 составляет 12,2 кг/га, что в 2,5 раза меньше, чем при традиционной технологии. При использовании агрегата в других ви-

дах обработок также наблюдается экономия топлива, которая колеблется от 19,7 до 30,2%. Наряду с экономией топлива отмечается и увеличение производительности. В зависимости от обработки она изменяется от 16,3 до 56,9%.

Определение экономических показателей

Расчет экономических показателей выполнен на основании эксплуатационных показателей, паспортных данных машин и другой нормативно-технической документации [5].

Показатели экономической эффективности агрегата АКМ-4 в сравнении с существующими комплексами машин в различных видах работ представлены в таблице 8 и на рисунке 41.

Из данных таблицы 8 и рисунка 41 видно, что самые высокие затраты труда – при подготовке почвы под посев озимых зерновых культур по традиционной технологии – 1,28 чел.ч/га, что на 44,6% выше, чем при использовании АКМ-4. В других видах обработок затраты труда при использовании существующих машин также выше, чем при использовании АКМ-4. Так, при подготовке почвы под посев по зяби они составляют 0,55 чел.ч/га, на лущении стерни – 0,77 чел.ч/га и при обработке почвы после уборки кукурузы – 0,93 чел.ч/га, что в сравнении с АКМ-4 выше на 16,3, 53,5 и 56,9% соответственно.

Таблица 8 – Показатели сравнительной экономической эффективности агрегата АКМ-4 в сравнении с существующими комплексами машин в различных видах работ

Наименование показателей	Значения показателей			
	подготовка почвы под посев озимых зерновых по стерне	подготовка почвы под посев яровых зерновых по зяби	лущение стерни	обработка почвы после уборки кукурузы
Годовая экономия затрат труда, чел.ч	266,0	63,4	375,6	433,8
Степень снижения затрат труда, %	44,6	16,3	53,5	56,9
Годовой приведенный экономический эффект, тыс. руб.	35 952,9	5 160,7	13 718,4	6 432,6
Годовая экономия топлива, т	8,2	1,4	2,6	1,3
Степень снижения расхода топлива, %	59,5	19,7	30,2	20,3
Годовая экономия металла, т	10,2	5,9	8,2	6,2
Степень снижения расхода металла, %	67,2	54,3	62,4	55,5
Годовая экономия себестоимости механизированных работ, тыс. руб.	25 994,5	3 535,5	9 299,1	4 771,2
Степень снижения себестоимости механизированных работ, %	54,4	13,9	29,4	18,5

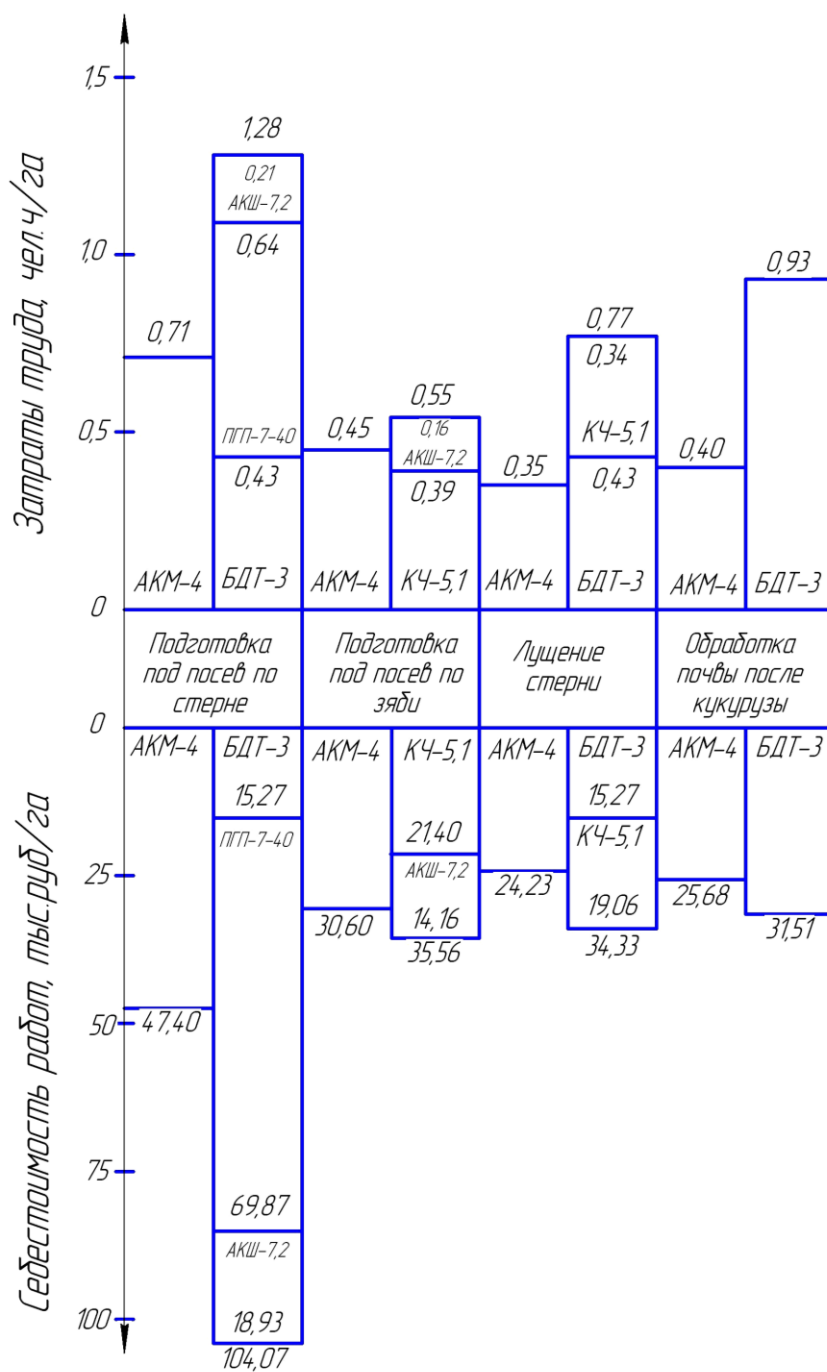


Рисунок 41 – Затраты труда и себестоимость выполнения различных видов работ агрегатом АКМ-4 и базовым комплексом машин

5 160,7, при лушении стерни – 9 299,1 и при обработке почвы после уборки кукурузы – 4 771,2.

Выводы

1. Подтверждена эффективность замены традиционной отвальной обработки почвы под посев озимых зерновых культур на минимальную безотвальную обработку.

Использование АКМ-4 снижает себестоимость выполняемых работ в сравнении с базовыми машинами с 104,0 до 47,4 тыс. руб./га при подготовке почвы под посев озимых (54,4%), с 35,56 до 30,60 тыс. руб./га при подготовке почвы под посев яровых по зяби (13,9%), с 34,33 до 24,23 тыс. руб./га при лушении стерни (29,4%) и с 31,51 до 25,68 тыс. руб./га при обработке почвы после уборки кукурузы (18,5%).

На фоне существующих комплексов машин годовой приведенный экономический эффект (тыс. руб.) от применения агрегата АКМ-4 составляет: при подготовке почвы под посев озимых зерновых – 35 952,9, при подготовке почвы под посев яровых зерновых по зяби –

2. Агрегат АКМ-4 может эффективно использоваться наряду с подготовкой почвы под посев озимых для подготовки почвы под посев яровых, для лущения стерни, а также для обработки почвы после уборки кукурузы.

При этом в зависимости от выполняемого вида работ по сравнению с существующими базовыми комплексами машин экономия топлива составляет: при подготовке почвы под посев озимых зерновых по стерне – 8,2 т, при подготовке почвы под посев яровых зерновых по зяби – 1,4 т, при лущении стерни – 2,6 т и при обработке почвы после уборки кукурузы – 1,3 т; экономия затрат труда соответственно 266 чел.ч, 63,4 чел.ч, 375,6 и 433,8 чел.ч.

Библиография

1. Пупонин, А.И. Обработка почвы в интенсивном земледелии Нечерноземной зоны [Текст] / А.И. Пупонин. – М.: Колос, 1984. – 184 с.
2. О введении нормативов на показатели назначения и надежности сельскохозяйственной техники [Текст]: Постановление Минсельхозпрода Республики Беларусь № 46 от 5 ноября 2003 г. – Мн., 2003. – 37 с.
3. Протокол № 103-2005 от 12 декабря 2005 года приемочных испытаний опытного образца агрегата комбинированного для минимальной обработки почвы АКМ-4 [Текст] / ГУ «Белорусская МИС». - Мн., 2005. – 53 с.
4. ГОСТ 24055-88 – ГОСТ 24059-88. Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки. [Текст] – М.: Издательство стандартов, 1975. – 15 с.
5. ГОСТ 23728-88 – ГОСТ 23730-88 Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки [Текст] – М.: Изд. стандартов, 1985. – 26 с.

УДК 631.33.024.2

Н.Д. Лепешкин, С.Ф. Лойко
(*РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь*)

**АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ
ТИПОВ СОШНИКОВ
ДЛЯ СЕВА ЗЕРНОВЫХ
КУЛЬТУР**

Введение

Возделывание зерновых культур должно соответствовать агротехническим требованиям. Выполнение этих требований зависит и от конструкции сельскохозяйственных машин, в том числе посевных, и их рабочих органов.

Качество распределения семян в посевном слое является результатом сочетания ряда факторов: уровня предпосевной подготовки почвы, технологических свойств семян, типов и конструкций дозирующих систем, семяпроводов, сошников и заделывающих устройств.

Высокий урожай зерновых культур достигается высокой полевой всхожестью семян и равномерным развитием всех растений до момента их полного созревания. Для этого семена должны равномерно заделываться на уплотненное ложе и на требуемую глубину; равномерно распределяться по площади поля с учетом их площади питания; плотность посевного слоя должна быть оптимальной в зависимости от почвенных условий.

Равномерность заделки семян на требуемую глубину и плотность почвы в посевном слое зависят от качества формирования этого слоя при предпосевной подготовке почвы. Равномерность распределения семян и питания по площади поля можно изменять, регулируя норму высева и выбирая способ посева. Теоретически оптимальной с точки зрения использования влаги, солнечного света, углекислоты, воздуха и питательных веществ, а также ослабления отрицательного взаимодействия растений является площадь питания каждого из них, приближенная к кругу. На практике достичь этого требования при посеве зерновых культур невозможно. Наиболее приемлем вариант, при котором площадь питания приближается к квадрату.

Предпосевной обработкой почвы должны формироваться посевной слой и семенное ложе такой структуры, при которой заделанные семена смогут использовать в нужном количестве воду, кислород, тепло и полезные вещества. Оптимальное сочетание этих факторов достигается при формировании посевного слоя с плотным нижним и рыхлым верхним слоями. При этом семена при посеве должны укладываться на их границе. Оптимальная плотность рыхлого верхнего слоя должна составлять $0,9-1,1 \text{ г/см}^3$, а плотного нижнего – $1,1-1,3 \text{ г/см}^3$.

В 60-е годы прошлого столетия Л.С. Роктэнэном был предложен новый способ обработки почвы и посева, сущность которого заключается в создании чередующихся уплотненных (прикатанных) и рыхлых (неприкатанных) полосок в пахотном горизонте, с высевом семян на их границе [1]. В этом случае часть корней растений попадает в рыхлый слой, где быстро достигает глубоких горизонтов, получая хорошее развитие в сухие периоды. В уплотненной бороздке, благодаря хорошей капиллярной связи с подпочвой, режим влажности более устойчив, а анаэробные условия способствуют структурообразованию. В рыхлой полосе хорошо усваиваются осадки, а в результате повышенной аэрации создаются окисленные формы азота. Посев и прикатывание в открытой бороздке предупреждают раздавливание структурных комочков верхнего, более сухого слоя. При засыпке борозды загортачами создается рыхлое состояние мульчирующего слоя, и одновременно происходит сортировка структурных комочков, благодаря чему комочки меньшего диаметра попадают вниз, а сверху остаются более крупные и менее склонные к образованию почвенной корки. Отдельные элементы этого способа находят широкое применение в настоящее время.

Сев зерновых культур в нашей республике осуществляется рядовым с междурядьями $12,5-15 \text{ см}$, узкорядным с междурядьями $7,5-10 \text{ см}$, полосовым и разбросным способами.

При разбросном севе семена в большинстве случаев разбрасываются по поверхности поля, а затем заделываются боронами, волокушами и т.д. В результате часть семян остается незаделанной на требуемую глубину, а другая, наоборот, глубоко заделывается в почву, что приводит к снижению полевой

всхожести и излишнему расходу посевного материала. Из-за перечисленных недостатков этот способ чаще всего применяется при неблагоприятных погодных условиях.

Рядовой посев с междурядьями 12,5–15 см не является агротехнически обоснованным. При таких междурядьях семена в рядке располагаются на расстоянии 1,3–2,3 см, а площадь питания растений имеет форму вытянутого прямоугольника. Неравномерное распределение семян по площади приводит к неправильному формированию корневой системы, ухудшению кущения, угнетению дальнейшего развития растений. Кроме этого, растения не используют питательные вещества, находящиеся в междурядьях, что способствует активному прорастанию сорняков.

Узкорядный посев позволяет значительно улучшить равномерность распределения семян по площади питания. В этом случае меньше испаряется влага, благодаря затенению междурядий культурными растениями, ими лучше используются питательные вещества, что уменьшает засоренность полей. В настоящее время посев осуществляется с междурядьями 75–80 мм, а семена в рядке располагаются на расстоянии 2,6–4,6 см. Агрономические исследования показывают, что ширина междурядий менее 60 мм нецелесообразна. При этом урожайность зерновых культур увеличивается до 1% на каждый сантиметр сужения. Еще лучшие условия для развития растений предоставляет полосовой (ленточный) посев [2].

В обеспечении перечисленных требований, оптимальном взаимодействии факторов, влияющих на развитие семян и в последующем растений, а также выборе способа сева важную роль играют тип и конструкция применяемых сошников.

Анализ типов сошников и их элементов

В настоящее время на сеялках и комбинированных почвообрабатывающе-посевных агрегатах применяются различные типы и конструкции сошников. Основное назначение сошника состоит в формировании уплотненной бороздки на определенной (заданной) глубине, укладке в нее семян и закрытии их слоем рыхлой почвы.

По принципу действия сошники можно разделить на три группы: скольжения (наральниковые), качения (дисковые) и комбинированные (наральниково-дисковые).

К первой группе относятся килевидные, ленточные и анкерные.

Для рядового сева зерновых и других культур на современных сеялках и посевных агрегатах широко применяются килевидные сошники (рисунок 42а). Наральники на них имеют тупой угол вхождения в почву. Технология образования этими сошниками бороздки заключается в следующем. При движении сошника наральники с рабочей поверхностью в виде параболического профиля раздвигают почву и формируют бороздку с уплотненным дном. Вокруг бороздки при деформации почвы также образуется уплотненная зона, величина

уплотнения которой с удалением уменьшается. Наилучшие условия создаются, если при предпосевной подготовке почвы семенное ложе сформировано на глубину заделки семян, т.к. при смыкании зоны деформации, образованной наральником с семенным ложем, обеспечивается постоянный подход капиллярной влаги к семенам (рисунок 42 б). При формировании посевного слоя практически невозможно обеспечить его равномерную плотность, и при выполнении технологического процесса на сошники действуют изменяющиеся силы сопротивления, что приводит к нарушению равномерности его хода и, следовательно, глубины заделки семян. Килевидные наральники за счет своего профиля позволяют уменьшить воздействие негативного явления. Это подтверждают результаты многочисленных испытаний, проведенных ГУ «Белорусская МИС». Они показали, что при установочной глубине заделки семян 20–40 мм фактическая глубина заделки составляла 21–42 мм, а среднеквадратическое отклонение – 3–7 мм.

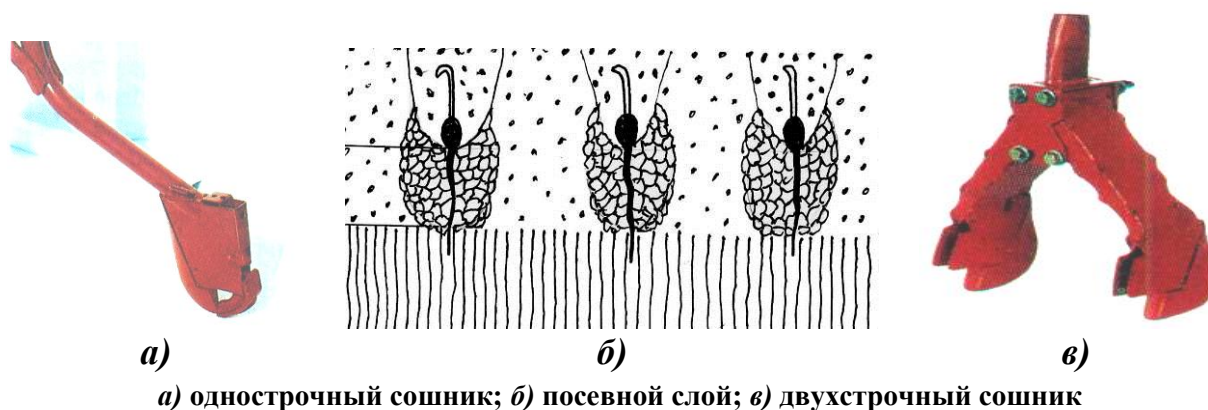


Рисунок 42 – Килевидные сошники и вид сформированного посевного слоя

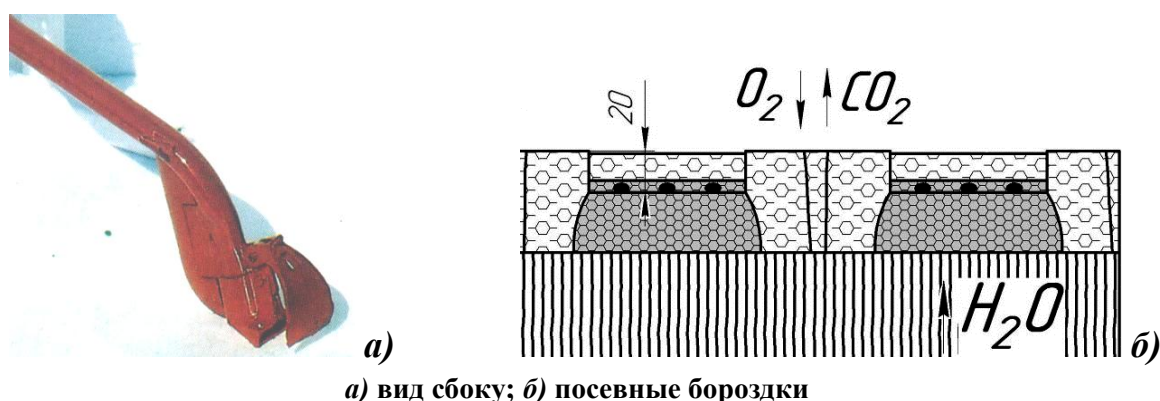
Качественной работы килевидных сошников можно добиться только при работе на окультуренных отвальных фонах с допустимой влажностью. Их использование нецелесообразно на засоренных и сильно увлажненных фонах из-за обволакивания растительными или стерневыми остатками и залипания на них почвы. Это ведет к сгуживанию почвы, выглублению сошников и, соответственно, к нарушению равномерной глубины заделки семян.

На условия прохождения почвы через сошниковую группу существенно влияет расстояние между сошниками. Если у двух соседних сошников, расположенных в одном ряду, зоны напряженного состояния почвы смыкаются, и в стыках зон сжимающие напряжения превосходят предел прочности, то перед сошниками образуется сплошной почвенный вал. У килевидных сошников при глубине хода 40 мм зоны напряженного состояния достигают 100 мм впереди наральника и 50 мм в стороны. Поэтому при ширине междурядий 125–150 мм для исключения слияния этих зон сошники располагаются в два ряда. Расстояние между ними тогда составляет 250–300 мм.

Для узкорядного сева применяются однострочные и двухстрочные килевидные сошники. При однострочном посеве они располагаются, как минимум,

в три ряда, что ведет к увеличению габаритов и массы посевной машины. Наибольшее применение здесь находят двухстрочные сошники (рисунок 42 в). Существующие конструкции двухстрочных сошников удовлетворительно работают только при глубине заделки семян 2–3 см. С увеличением глубины заделки семян, даже в условиях качественной подготовки, существенно увеличивается гребнистость поверхности после его прохода и образование почвенных призм, что приводит к ухудшению заделки семян.

Наральниками с тупым углом вхождения в почву оборудуются сошники для полосового (ленточного) сева (рисунок 43). Принцип образования бороздки этими сошниками такой же, как и килевидными, но наральники для ленточного посева более широкие (50–60 мм). Для качественного выполнения технологического процесса эти наральники должны использоваться только на подготовленных фонах с полным исключением растительных остатков в посевном слое почвы. При увеличении глубины образуемой бороздки существенно возрастает сопротивление перемещению. При образовании полосы на глубину заделки семян зерновых (3–5 см) требуется значительный объем почвы для последующего их закрытия и создания выровненной поверхности поля. Поэтому сошники для полосового сева, главным образом, применяются при заделке семян на глубину 1–2 см.



а) вид сбоку; б) посевные бороздки
Рисунок 43 – Сошник для полосового (ленточного) посева и сформированные посевные бороздки

Разновидность наральниковых – анкерные сошники. В основном они имеют те же конструктивные элементы, что и килевидные, но угол вхождения наральников в почву – острый. Опираясь при работе только на носки наральников, сошники прокладывают рыхлые бороздки и выносят на поверхность поля влажные слои почвы. Поэтому они весьма чувствительны к неровностям поля. Их применение целесообразно лишь в зонах избыточного увлажнения на тщательно обработанных почвах. Поэтому в почвенно-производственных условиях хозяйств Беларуси на посеве зерновых культур они практически не используются и частично применяются для заделки минеральных удобрений.

К группе сошников качения относятся дисковые. Наибольшее применение получили двухдисковые (рисунок 44 а). Они пригодны для работы на

твердой, грубо обработанной, комковатой, с наличием растительных и пожнивных остатков почве; менее подвержены залипанию и забиванию. Раскрытие посевной бороздки происходит за счет установки дисков под углом крена и атаки. В то же время они не обеспечивают равномерной глубины заделки семян, при раскрытии бороздки перемешивают влажные и сухие слои почвы, не уплотняя бороздки (рисунок 44 б). Плотность дна посевной бороздки напрямую зависит от предварительной подготовки почвы. При некачественно сформированном во время предпосевной обработки почвы посевном слое существенно ухудшается равномерность заделки семян по глубине и развитие растений. Это подтверждается результатами многочисленных испытаний, проведенных ГУ «Белорусская МИС». При установочной глубине заделки семян 20–40 мм фактическая глубина заделки семян двухдисковыми сошниками составляла 30–85 мм при рядовом севе и 28–76 мм – при узкорядном севе. Среднеквадратическое отклонение составляло 11–19 мм, что не соответствует агротехническим требованиям.

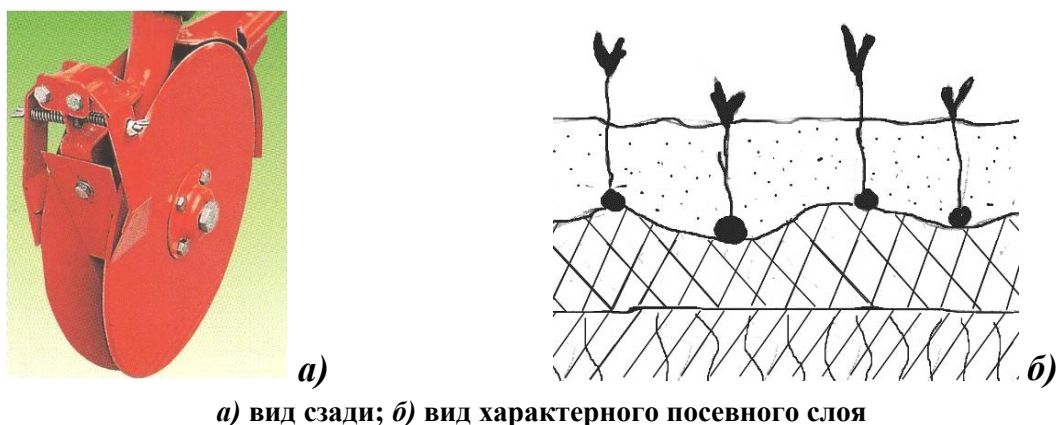


Рисунок 44 – Сошник двухдисковый и вид сформированного посевного слоя

Двухдисковые сошники для рядового сева устанавливаются на посевных машинах, как правило, в два ряда. Распространение зон напряженного состояния, в отличие от килевидных, здесь происходит в меньших пределах. В то же время из-за сил трения, возникающих при взаимодействии диска с почвой, происходит ее существенный отброс в стороны, усиливающийся с увеличением скорости посевного агрегата. При этом почва от первого ряда сошников попадает под сошники второго ряда, а почва от второго ряда закрывает рядок с семенами от первого ряда сошников. Это также существенно ухудшает равномерность заделки семян по глубине.

Для лучшего распределения семян по площади питания применяются двухстрочные дисковые сошники, обеспечивающие высев с междурядьями 75–80 мм. В отличие от килевидных двухстрочных сошников они удовлетворительно работают на больших глубинах заделки семян. При образовании бороздки и укладке семян им присущи недостатки двухдисковых сошников. Из-

за увеличенных углов атаки и крена дисков они образуют большую гребнистость и зоны напряженного состояния.

Третью по принципу действия группу сошников представляют комбинированные (однодисковые) сошники (рисунок 45 а). Они сочетают в себе элемент скольжения (наральник одностороннего действия) и элемент качения (диск). В своей конструкции они объединяют преимущества килевидных и дисковых сошников, так как формирование бороздки осуществляется совместным действием наральника и диска, установленного под углом атаки и крена. Благодаря такой комбинации, эти сошники менее требовательны к качеству предпосевной подготовки почвы, влажности и наличию растительных и пожнивных остатков в сравнении с килевидными; более качественно в сравнении с дисковыми формируют посевную бороздку и укладывают в нее семена. Но в формировании посевных бороздок основная роль здесь отводится диску, что не позволяет в полной мере обеспечить их оптимальные параметры, а также добиться требуемой равномерности заделки семян по глубине.

Комбинированные сошники также распространяют зоны напряженного состояния и образуют гребни. Со стороны наральника они расходятся на большее расстояние, а со стороны дисков происходит существенный отброс почвы, как и у двухдисковых сошников. Для исключения негативного влияния этих недостатков на качество посева сошники устанавливаются в два ряда.

Среди всех типов сошников комбинированный более полно выполняет требования посева, создавая чередующиеся уплотненные и рыхлые полосы (рисунок 45 б). При движении килевидного наральника одностороннего действия осуществляется уплотнение почвы, а дисковый элемент образует рыхлую боковину. Для формирования чередующихся бороздок расстановка сошников осуществляется таким образом, чтобы зоны деформации при уплотнении килевидным наральником распространялись в направлении друг друга, а укладка семян происходила в зоне соприкосновения чередующихся полосок.

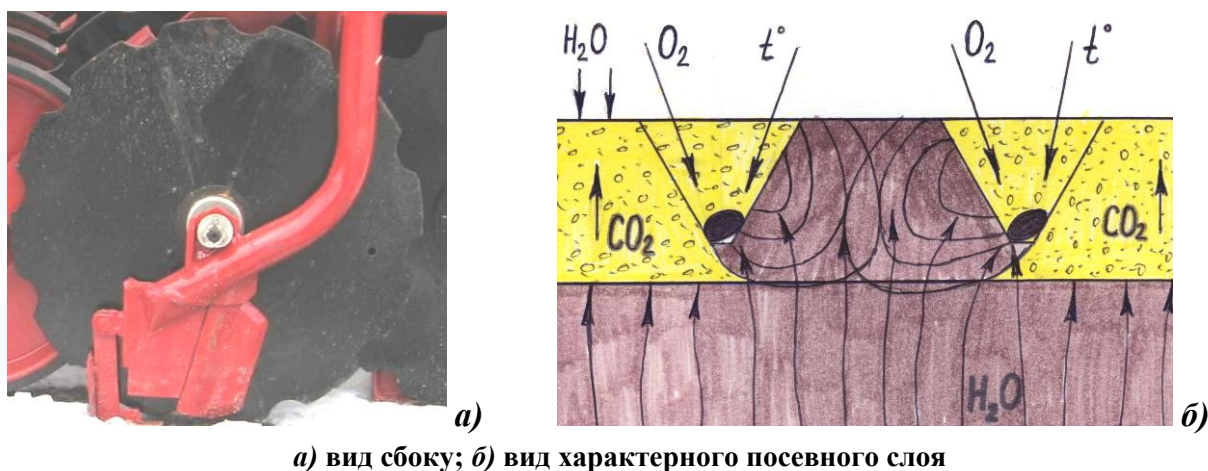


Рисунок 45 – Комбинированный (однодисковый) сошник и вид сформированного посевного слоя

Заключение

Анализ различных типов сошников и их элементов показывает, что каждый из них имеет преимущества только в определенных почвенных и производственных условиях:

- сошники с килевидными наральниками обеспечивают формирование уплотненной бороздки и равномерно заделывают семена только при работе по качественно подготовленным отвальным фонам, без наличия растительных и стерневых остатков. Узкорядный посев на глубину заделки зерновых культур в данном случае может производиться только при их трехрядном и более расположении;

- двухдисковые сошники хорошо работают на некачественно подготовленных и мульчированных фонах, меньше подвержены забиванию растительными и стерневыми остатками. Они обеспечивают узкорядный посев с двухстрочной заделкой семян, что позволяет улучшить распределение семян по площади питания. В то же время их существенным недостатком является значительная неравномерность заделки семян на требуемую глубину;

- комбинированные сошники сочетают преимущества килевидных и дисковых. Они могут использоваться как по отвальным, так и безотвальным фонам. Эти сошники более полно обеспечивают требования посева с чередующимися уплотненными и рыхлыми бороздками. Но, так как основная роль в формировании бороздки здесь отводится диску, они не в полной мере обеспечивают равномерную заделку семян по глубине. Известные в настоящее время конструкции комбинированных сошников могут обеспечить узкорядный посев только при расположении их в три и более ряда.

Все существующие сошники образуют на поверхности поля гребни различной высоты, поэтому должны использоваться специальные устройства для их разравнивания.

Библиография

1. Роктанэн, Л.С. Общие принципы системы обработки почвы [Текст] / Л.С. Роктанэн // Земледелие. – №4. – 1965. – С.84-89.
2. Лепешкин, Н.Д. Агротехнические требования в аспекте обработки почвы и посева [Текст] / Н.Д. Лепешкин, С.Ф. Лойко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. темат. сб / РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». Вып. 40. Т.1. – Мн., 2006.– С.60-67.

Введение

Посев любой сельскохозяйственной культуры является важной составной частью технологического процесса ее возделывания. От качества его проведения во многом зависит будущий урожай.

Основным агротехническим требованием для посевных агрегатов является равномерность распределения материала. Выделяют неравномерность распределения материала вдоль рядка (продольная неравномерность), между рядками (поперечная неравномерность) и неравномерность по глубине заделки. Главными элементами посевных агрегатов с пневматической системой высева, оказывающих влияние на распределение материала, являются питатель и распределитель. Питатель, в основном, оказывает влияние на продольную равномерность, распределитель – на поперечную [1]. Снижение равномерности распределения семян приводит к образованию участков с высокой и низкой плотностью размещения растений по площади поля. На участках с высокой плотностью стеблестоя их развитие затрудняется, на изреженных продуктивность отдельных растений может увеличиваться, но она не компенсирует недостаток общей продуктивности с единицы площади поля. Поэтому повышение продольной и поперечной равномерности распределения семян оказывает положительное влияние на развитие растений, одновременное их созревание и, в итоге, на конечный урожай.

Благоприятное влияние на первоначальной стадии развития растений оказывает фосфор [2], которого по данным Института почвоведения и агрохимии НАН Беларуси [3] в почвах Республики Беларусь недостаточно. В последние годы в республике активно ведутся работы по созданию посевных агрегатов с пневматической системой высева, обеспечивающих одновременный высев семян с припосевной дозой фосфорных гранулированных удобрений. Однако процесс совместного пневматического транспортирования смеси семян и минеральных удобрений имеет свои особенности, выявление которых – актуальная задача.

Основная часть

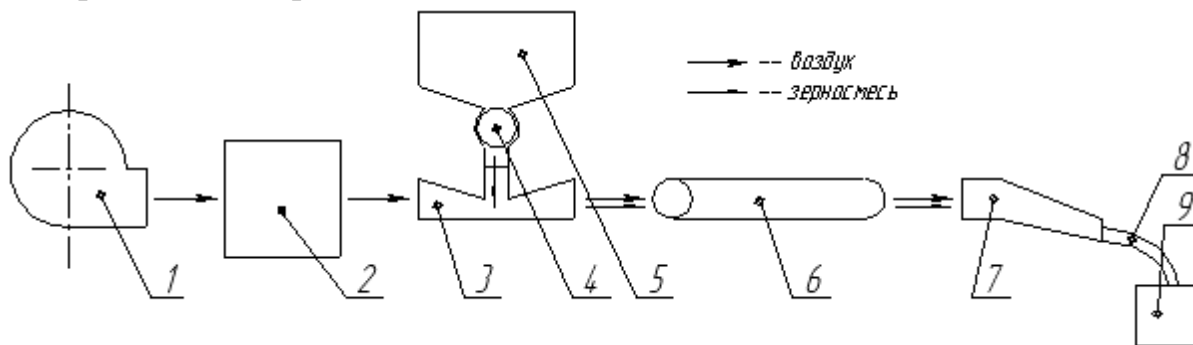
На отечественных агрегатах (С-6, С-6Т, АПП-3 и др.) применяют пневматическую систему высева группового дозирования с горизонтальным расположением материалопроводов и с делительными головками горизонтального типа. Исследованию работы распределителей потока материала горизонтального типа на высевах однородных по составу материалов посвящены работы ученых БГСХА К.К. Куриловича, А.С. Сентюрова, В.С. Астахова, Г.Н. Лысев-

ского. Во всех этих исследованиях обосновываются конструктивные параметры распределителей для высева однородных по составу материалов (семян зерновых, зернобобовых и овощных культур, минеральных удобрений). Однако они не касались многокомпонентных полидисперсных материалов (смесь семян и минеральных удобрений), высев которых значительно отличается. Также не устанавливалась зависимость распределения материала от технологических параметров схемы применяемой системы высева, таких, как высота подъема распределителя относительно питателя и угол входа материалопровода в распределитель. Недостаточно изучено влияние выравнивания потока семян по сечению материалопровода перед вводом его в распределитель.

На отечественных агрегатах применяют комбинированный выравниватель [4], принцип работы которого основан на отражательно выравнивающим действии: частицы высеваемого материала, скользящие по поверхности стенки вдоль оси трубопровода, попадают на отражатели, отрываются от стенки и перемешиваются с частицами, движущимися ближе к центру. Образуется горизонтально перемещающийся поток взвешенных частиц высеваемого материала, достаточно равномерно распределенный по сечению трубопровода. Аналогичные устройства применяются и на зарубежных посевных агрегатах. Их используют фирмы Lemken, Amazone, Kverneland и др. Однако высев многокомпонентных полидисперсных смесей требует уточнения и определения оптимальных конструктивных параметров выравнивателей потока.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования выступает пневматическая система высева группового дозирования, применяемая на отечественных агрегатах С-6, С-6Т. Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 46. Она состоит из вентилятора 1 с частотой вращения 3850 с^{-1} , цилиндрического ресивера 2 диаметром 170 мм с восемью отверстиями (семь отверстий диаметром 22 мм, одно отверстие (выходное) диаметром 50 мм), трубопровода 6 диаметром 50 мм и длиной 5,0 м, бункера с дозатором 4 катушечного типа, шестиканального распределителя 7 горизонтального типа конструкции БГСХА, семяпроводов 8 диаметром 32 мм, сборника семян 9.



1 – вентилятор; 2 – ресивер; 3 – эжектор; 4 – дозатор; 5 – семенной ящик;
6 – трубопровод; 7 – распределитель; 8 – семяпроводы; 9 – сборник

Рисунок 46 – Схема экспериментальной установки

При проведении опытов в качестве высеваемого материала использовалась смесь озимой ржи с гранулированным суперфосфатом в соотношении 3:1. Влажность семян соответствовала агротехническим требованиям. Принималась трехкратная повторность опытов как наиболее распространенная при технологических исследованиях исходя из 95% надежности показаний. Исследования проводились при значениях атмосферного давления, влажности и температуры воздуха, равных или близких стандартным.

Для оценки равномерности распределения высеваемого материала по семяпроводам до начала опыта устанавливался требуемый режим работы установки. Необходимая норма высева обеспечивалась изменением частоты вращения катушки и длиной ее рабочей части. Контрольный высев проводили в течение одной минуты, что достаточно для стабилизации процесса. Высеянный в отдельные сборники материал взвешивали с точностью до одного грамма на весах ВЭУ-6-1/2 (ТУ 25-7724-010-98). Численные значения массы высеваемого материала, попавшего из каждого из шести семяпроводов в сборник, рассматривались как вариационный ряд.

Для нахождения зависимости равномерности распределения материала по семяпроводам (коэффициента вариации) от конструктивных (высоты сферического отражателя b) и технологических параметров (подачи материала q , угла входа материалопровода в распределитель γ и высоты подъема распределителя относительно эжекторного питателя h) применялся метод планирования эксперимента при оптимизации многофакторных процессов.

Функциональная зависимость между параметром оптимизации и факторами записывается выражением:

$$\delta = f(b, q, \gamma, h),$$

где f – функция отклика.

Как показали результаты предварительных исследований, влияние данных факторов на коэффициент вариации носит нелинейный характер. Поэтому для более точной формализации используется полный ротатабельный центральный композиционный план второго порядка типа 2^4 , при котором варьирование факторов осуществляется на двух уровнях.

Перед началом эксперимента факторы кодировались. При этом происходит линейное преобразование факторного пространства с переносом начала координат в центр эксперимента и введение новых единиц измерения по осям. Кодирование факторов осуществлялось по формуле [6]:

$$X_i = \frac{C_i - C_{oi}}{\varepsilon}$$

где X_i – кодированное значение фактора;

$C_i - C_{oi}$ – натуральные значения фактора (его текущее значение и значение на нулевом уровне соответственно);

ε – натуральное значение интервала варьирования фактора.

Согласно требованиям ортогональности для четырех переменных, устанавливались следующие значения уровней в принятом масштабе: -2; -1; 0; +1; +2, и заносились в таблицу 9 основные уровни изменения факторов. Центр эксперимента (нулевая точка) определялся на основании рекомендаций [5].

Таблица 9 – Значение факторов в кодированном и натуральном виде

Факторы	Обозначение		Интервал варьирования	Уровни факторов в кодированном виде				
	натуральное	кодированное		-2	-1	0	+1	+2
Высота сферического отражателя, мм	<i>b</i>	X_1	0,5	2	2,5	3	3,5	4
Подача материала, г/с	<i>q</i>	X_2	15	20	35	50	65	80
Угол входа материалопровода в распределитель, град.	γ	X_3	22,5	0	22,5	45	67,5	90
Высота подъема распределителя относительно питателя, мм	<i>h</i>	X_4	100	0	100	200	300	400

Для центрального композиционного планирования второго порядка общее число точек плана при *k*-факторах равно:

$$N = 2^k + 2 \cdot k + n_0,$$

где 2^k – число точек ядра плана;

$2 \cdot k$ – число звездных точек (при величине плеча $\alpha = 2$ для ротатабельного плана при $k = 4$);

n_0 – число точек в центре плана эксперимента;

k – число факторов.

В соответствии со схемой проведено двадцать пять опытов: шестнадцать точек с варьированием факторов на уровнях (+1; -1) сочетаются с девятью точками, из которых восемь звездных точек с плечами (+2; -2) и одна центральная (0). Для оценки кривизны поверхности отклика добавлялись шесть параллельных точек в центре плана.

Все эксперименты проводились с трехкратной повторностью. Полученные результаты усреднялись и округлялись. С целью обеспечения равномерного внесения элемента случайности влияния неуправляемых и неконтролируемых факторов на отклик использовался принцип рандомизации, предусматривающий случайный порядок проведения опытов. Для этого применялись таблицы случайных чисел [5]. Оценка воспроизводимости эксперимента осуществлялась по критерию Кохрена. Адекватность полученной математической

модели проверяли по критерию Фишера с доверительной вероятностью, равной 95%. Значимость коэффициентов регрессии определялась по критерию Стьюдента [6].

Результаты исследований

Полученные экспериментальные результаты обрабатывались по методике, представленной В.Б. Тихомировым [6] для ротатбельного центрального композиционного плана второго порядка. В результате обработки было получено уравнение регрессии, адекватно описывающее процесс при 95% значимости. Обработка статистических данных производилась с помощью пакета прикладных программ Statistica 6.0.

Уравнение регрессии, адекватно описывающее процесс, имеет следующий вид:

$$\delta = 2,407 + 0,078 \cdot X_1 + 0,302 \cdot X_2 + 0,215 \cdot X_3 + 0,130 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,069 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,215 \cdot X_2 \cdot X_3 - 0,111 \cdot X_1^2 + 0,250 \cdot X_2^2 - 0,067 \cdot X_3^2 - 0,045 \cdot X_4^2 \quad (1)$$

Из уравнения видно, что фактор X_4 (высота подъема распределителя относительно питателя) является незначимым и не оказывает существенного влияния на изучаемый процесс. Наибольшее влияние (это видно из коэффициентов при линейных членах) оказывают подача материала и угол входа материалопровода в распределитель. Это отражается и в парных взаимодействиях. Фактор X_4 присутствует только при квадратичном члене уравнения.

Для детального рассмотрения процесса на высеве различных культур совместно с гранулированными минеральными удобрениями, смешанными в соотношении 3:1, что соответствует высеву материала вместе со стартовой дозой гранулированных фосфорных удобрений, были проведены дополнительные исследования. Эксперименты проводились при изменении одного фактора при варьировании остальных на нулевом уровне. Результаты проведенных исследований представлены на рисунках 47–50.

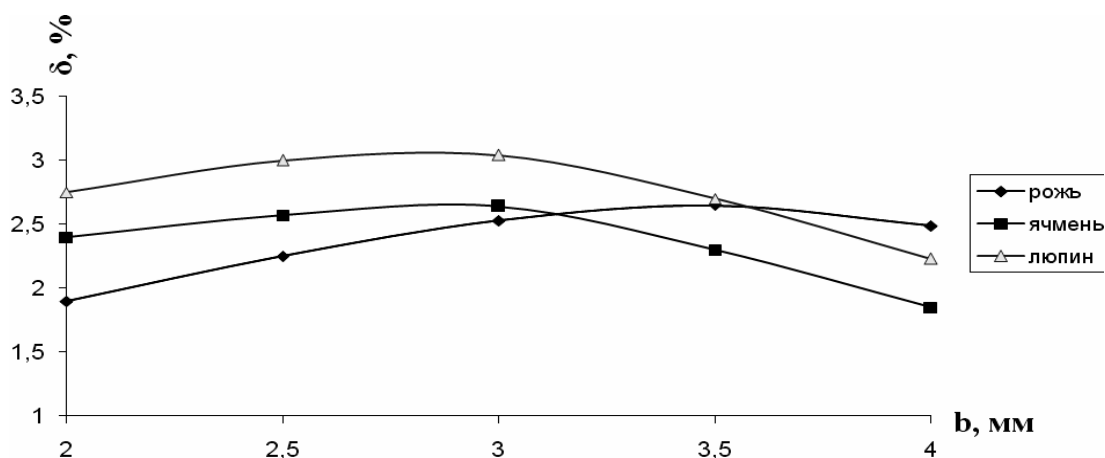


Рисунок 47 – Зависимость неравномерности распределения материала по семяпроводам от высоты сферического отражателя

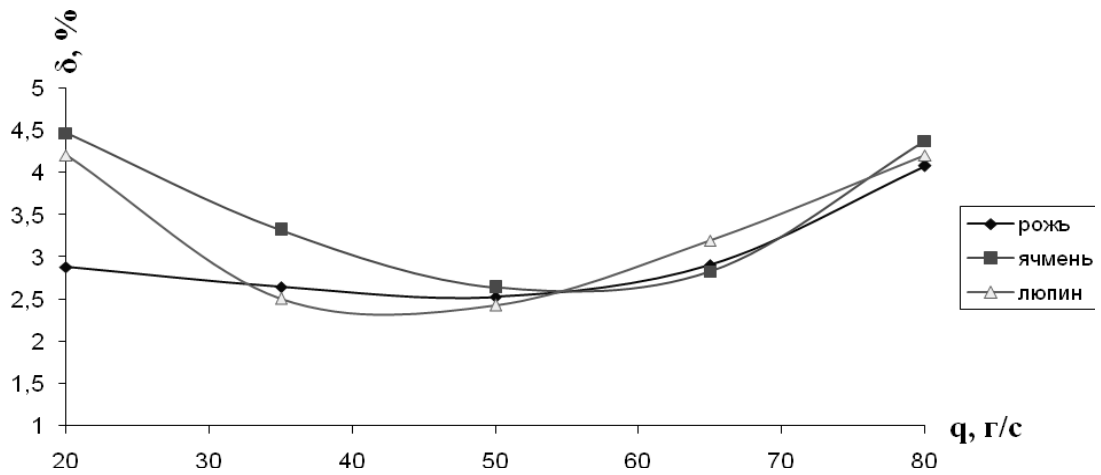


Рисунок 48 – Зависимость неравномерности распределения материала по семяпроводам от подачи материала

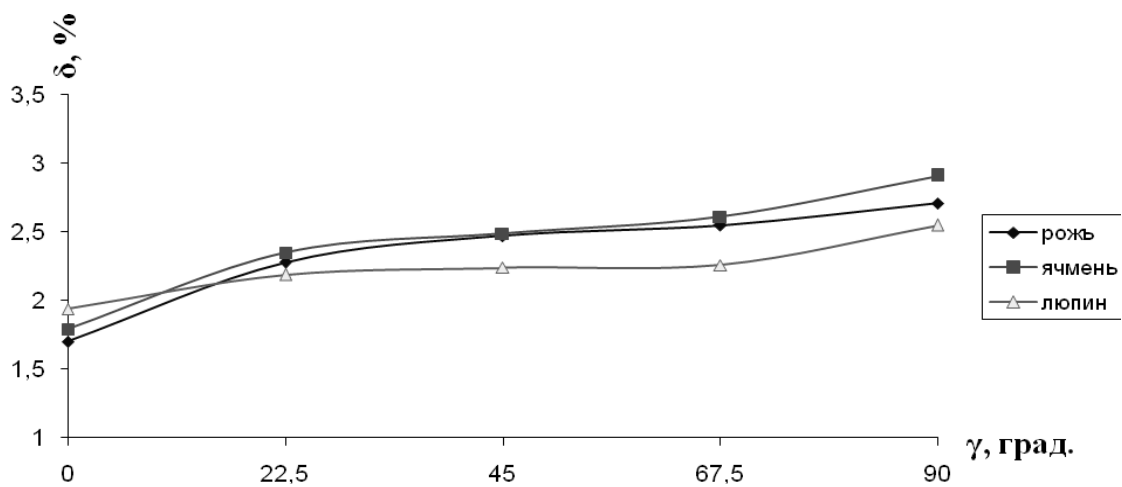


Рисунок 49 – Зависимость неравномерности распределения материала по семяпроводам от угла входа материалопровода в распределитель

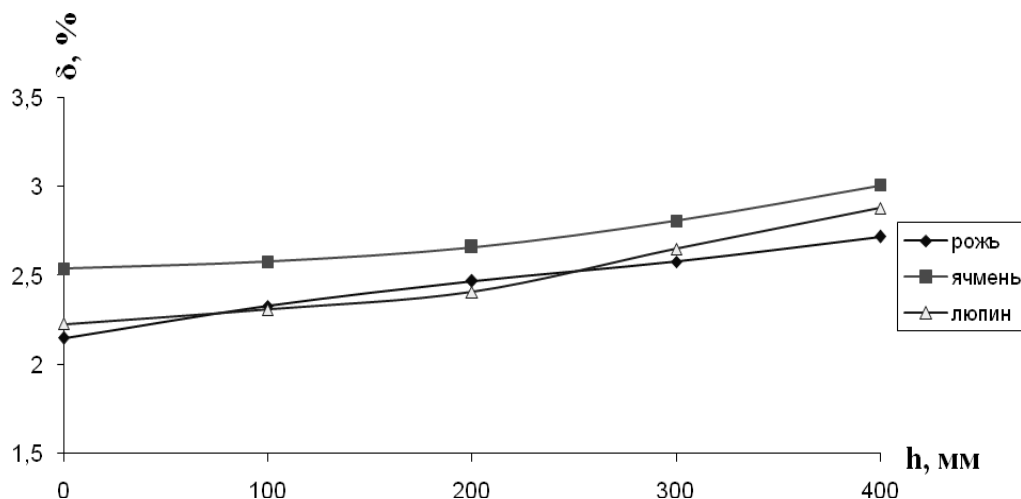


Рисунок 50 – Зависимость неравномерности распределения материала по семяпроводам от высоты подъема распределителя относительно эжектора

Заключение

1. Из анализа уравнения регрессии следует, что указанные выше факторы (за исключением X_4) оказывают существенное влияние на выходной параметр (критерий оптимизации).

2. Анализ графических зависимостей для различных культур показывает, что варьирование фактора X_4 незначительно влияет на процесс распределения материала и отражается фактически линейной зависимостью и колебанием неравномерности распределения от 0,46 до 0,65%.

3. Оба технологических параметра (факторы X_2 и X_3) оказывают наибольшее влияние на изучаемый процесс, это показывают и коэффициенты при линейных членах, чьи зависимости, особенно фактора X_2 , не являются линейными. Варьирование параметра в первом случае составляет от 1,53 до 1,83%, во втором случае от 0,61 до 1,12%.

4. Конструктивный параметр (фактор X_1) также оказывает влияние на описываемый процесс, хотя и в несколько меньшей степени. Варьирование параметра для различных культур составляет от 0,77 до 0,8%.

5. Полученные графические зависимости и уравнение регрессии (1) можно использовать при проектировании пневматических систем посева, а также при технологической наладке посевных машин с целью снижения неравномерности распределения материала по поверхности поля.

Библиография

1. Курзенков, С.В. Обоснование конструкции распределителя пневматической зерновой сеялки [Текст] / С.В. Курзенков, И.А. Шаршук // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2003. – № 3 – С.70-74.
2. Минеев, В.Г. Агрохимия [Текст] / В.Г. Минеев: учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ «Колос», 2004. – 720 с.
3. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси; под ред. И.М. Богдевича. – Мн., 2006. – 288 с.
4. Распределитель высеваемых материалов пневматических сеялок: пат. 3729 Респ. Беларусь, МПК 7 А 01 С 7/00, 15/04 / Н.Д. Лепешкин, А.А. Точицкий, А.Л. Медведев, Ю.Л. Салапура; заявитель РУП «НППЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – № и 20070030; заявл. 18.01.07; опубл. 18.04.07.
5. Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов [Текст] / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рощин. – Л.: Колос, 1972. – 200 с.
6. Тихомиров, В.Б. Планирование и анализ эксперимента (при проведении исследований в легкой и текстильной промышленности) [Текст] / В.Б. Тихомиров. – М.: Легкая индустрия, 1974. – 262 с.

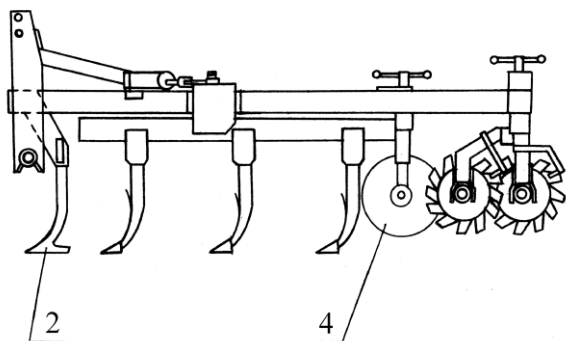
П.П. Казакевич,
Н.Д. Лепешкин, А. Н. Юрин
 (РУП «Научно-практический центр
 Национальной академии наук Беларуси
 по механизации сельского хозяйства»,
 г. Минск, Республика Беларусь)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО- ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВОГО СТАЛКИВАТЕЛЯ ДВУХСЕКЦИОННОГО ПОВОРОТНОГО ПЛУГА-ЛУЩИЛЬНИКА

Введение

Особенностью работы двухсекционного поворотного плуга-луцильника является то, что первый корпус (выгребающий) второго плужного ряда работает в условиях закрытой борозды. Он перемещает пласт почвы с оборотом на поверхность невспаханного поля (рисунок 51). Смещение пласта в борозду последнего корпуса первого ряда выполняет сталкиватель.

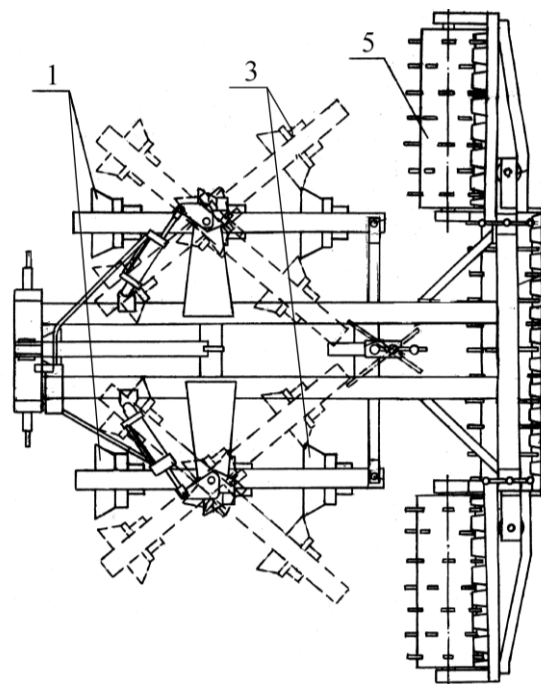
Качество такого перемещения (заделка растительных остатков и выравнивание пашни) зависит от параметров и режимов работы выгребающего корпуса и сталкивателя. Обоснование параметров этих рабочих органов является приоритетным при разработке двухсекционных плугов.



Вид сбоку

- 1 – выгребающие корпуса (поочередно работающие в условиях блокированного резания);
 2 – безотвальный рабочий орган (стрельчатая культиваторная лапа); 3 – корпуса, работающие в условиях полусвободного резания;
 4 – дисковый поворотный сталкиватель;
 5 – секция катков

Рисунок 51 – Двухсекционный поворотный плуг-луцильник



Вид сверху

Обоснование параметров сталкивателя

В первых вариантах двухсекционных плугов применялись сталкиватели, выполненные в виде вертикальной плоскости, установленной под углом атаки α к направлению движения агрегата [1]. Однако такие рабочие органы не нашли применения, так как не обеспечивали выполнение агротехнических требований к вспашке по глубине и степени заделки растительных остатков: перемещаемая ими почва сильно перемещивалась. Попытки уменьшить пере-

мешивание почвы привели к созданию ряда сталкивателей в виде косой поверхности (рисунок 52), характеризующихся углами наклона направляющих в продольно-вертикальной плоскости φ_1 , φ_2 и в поперечно-вертикальной плоскости ψ_1 , ψ_2 , расстоянием между направляющими l .

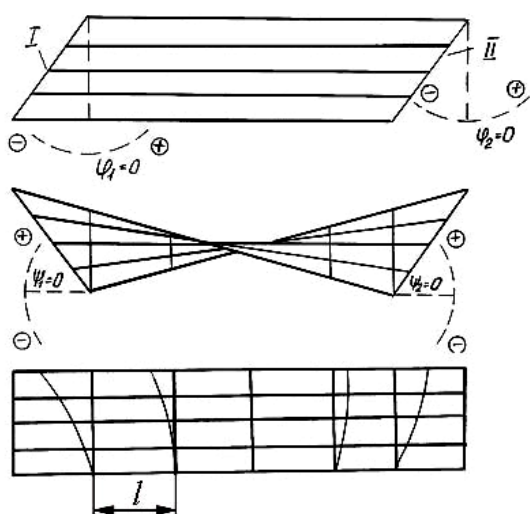
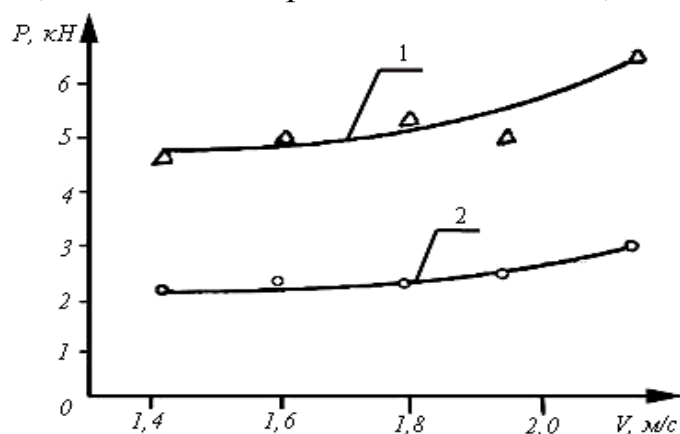


Рисунок 52 – Сталкиватель двухсекционного плуга в виде косой плоскости

сталкиватель необходимо изготавливать в виде подвижного элемента, имеющего горизонтальную ось вращения. В этом случае потери энергии на трение почвенного пласта о его рабочую поверхность сведены к минимуму и определяются сопротивлением перекачиванию в подшипниках подвижных элементов, величина которых настолько мала, что ею можно пренебречь.



1 – плоский сталкиватель; 2 – сталкиватель в виде подвижных элементов

Рисунок 53 – Зависимость тягового сопротивления сталкивателя от скорости движения [5]

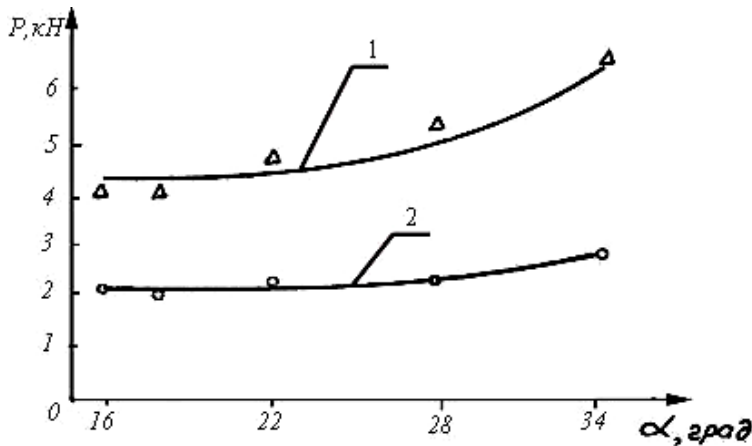
Исследованиями [1] установлено, что наиболее эффективной поверхностью сталкивателя является плоскость со следующими параметрами: $\psi_1 = 0$, $\varphi_1 = 0$; ψ_2 – положительный, φ_2 – отрицательный.

Недостатками плоскостных сталкивателей являются низкая надежность технологического процесса в различных почвенно-климатических условиях, забивание растительными остатками и сорняками при работе на сильно засоренных почвах, а также высокое тяговое сопротивление.

Исследованиями [2] определено, что для уменьшения тягового сопротивления

При перемещении почвы вдоль сталкивателя, без трения о рабочую поверхность, характер движения пласта и энергоёмкость процесса будут определяться свойствами почвы, скоростью движения агрегата и углом установки сталкивателя к направлению движения.

Экспериментальными исследованиями двух типов сталкивателей определены зависимости тягового сопротивления от угла атаки и скорости движения агрегата, графическая интерпретация которых представлена на рисунках 53 и 54.



1 – плоский сталкиватель;
2 – сталкиватель в виде подвижных элементов

Рисунок 54 – Зависимость тягового сопротивления сталкивателя от угла атаки [5]:

трение между почвой и рабочей поверхностью.

Таким образом, применение сталкивателя, выполненного в виде дисков, позволяет вдвое снизить энергоемкость процесса транспортировки почвы. Эффективность его возрастает с увеличением скорости обработки почвы.

Основными характеристиками дискового сталкивателя являются: диаметр диска D , угол атаки α и глубина хода относительно не вспаханной поверхности поля α_0 .

Очевидно, что D и α оказывают значительное влияние как на качество вспашки, так и на тяговое сопротивление.

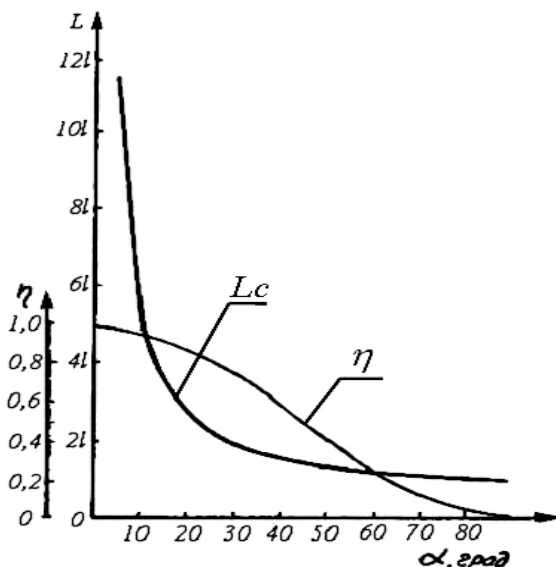


Рисунок 55 – Зависимость длины L_c и коэффициента полезного действия η сталкивателя от его угла атаки α

Из графиков видно, что тяговое сопротивление сталкивателей, выполненных в виде подвижных элементов, в 1,7–2 раза ниже, чем плоских.

Резкое увеличение сопротивления плоского сталкивателя (рисунок 54) при повышенных рабочих скоростях вызвано значительным ростом динамического давления почвы, которое увеличивает потери энергии на

Исследованиями [2] установлена теоретическая зависимость длины L_c и коэффициента полезного действия η сталкивателя от угла его атаки α , представленная графически на рисунке 55.

Из графика видно, что работа сталкивателя наиболее эффективна при установке его с малыми углами атаки. Но при этом длина L_c рабочей части диска, а следовательно, и его диаметр, увеличиваются.

Значительный размер диска сталкивателя при установке его с малыми углами атаки повлечет увеличение длины плуга, что отрицательно скажется на качестве вспашки.

Анализ конструктивно-технологических схем двухсекционных плугов показал, что одним из направлений их совершенствования является использование многодискового сталкивателя, диски которого установлены с перекрытием друг к другу [3]. Однако такой сталкиватель является асимметричным рабочим органом, что делает невозможным его применение в конструктивно-технологической схеме двухсекционного поворотного плуга-луцильника.

Задача выполненного исследования состояла в определении параметров однодискового сталкивателя, удовлетворяющего агротехническим требованиям к гребнистости и выравненности пашни, а также обеспечивающего минимальную энергоёмкость и выполнение агротребований к вспашке при работе плуга-луцильника с опорно-прикатывающим катком.

Результаты исследований

Определение рациональных параметров дискового поворотного сталкивателя выполнено на основе разработанной математической модели движения почвы, перемещаемой диском (рисунок 56), [4, 5]:

$$X^2 \cdot \frac{g}{2 \cdot V_e^2 \left(\cos^2 \alpha - \frac{1}{2} f \cdot \sin 2\alpha \right)^2 \cos^2 \beta} - X \cdot \operatorname{tg} \beta - h_z = 0,$$

и зависимости высоты неровностей h_e от параметров сталкивателя (рисунок 57):

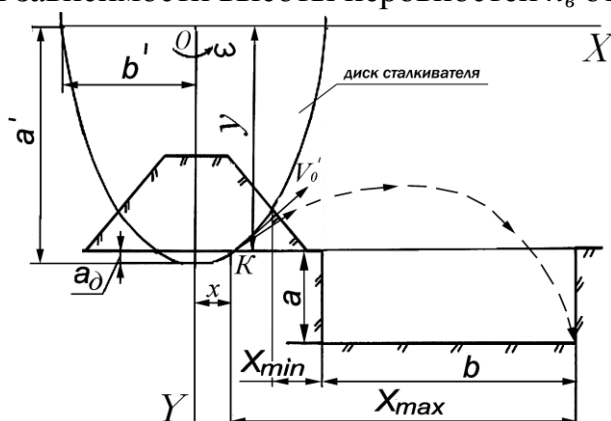


Рисунок 56 – Схема для определения угла атаки α дискового сталкивателя

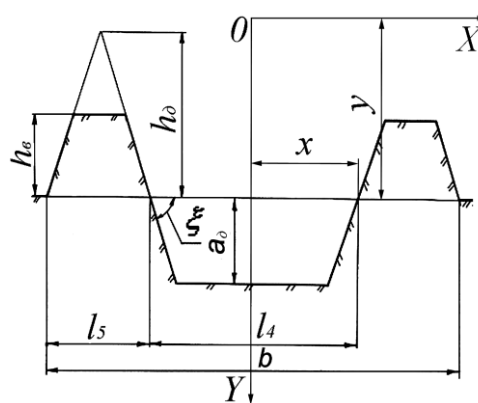


Рисунок 57 – Схема для определения глубины хода a_0 дискового сталкивателя

$$h_e = \frac{1}{6} \left[b - 2 \sqrt{\frac{D^2 \cdot \sin^2 \alpha}{4} \cdot \left(1 - \frac{4 \cdot \left(\frac{D}{2} - a_0 \right)^2}{D^2} \right)} \right] \cdot \operatorname{tg} \xi,$$

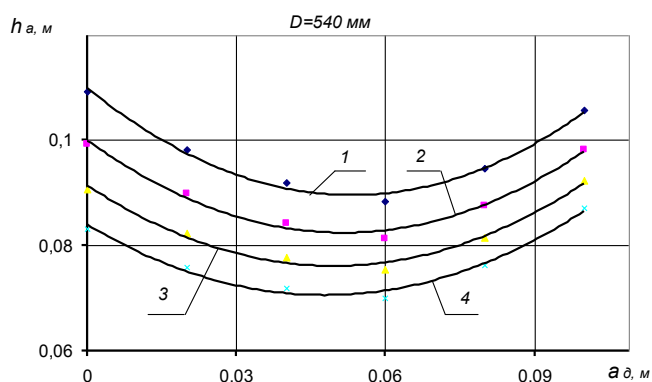
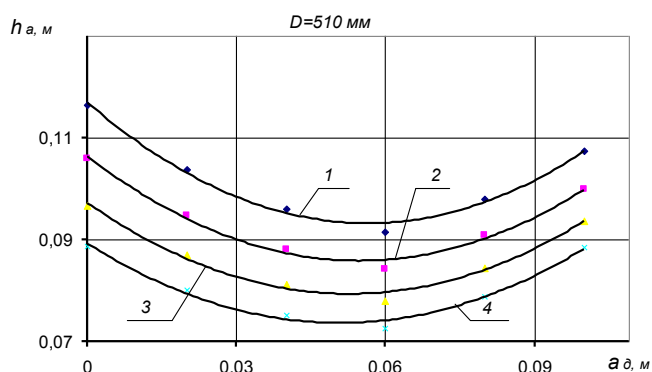
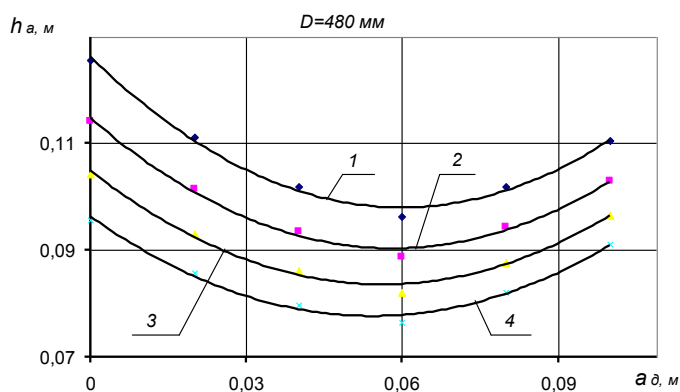
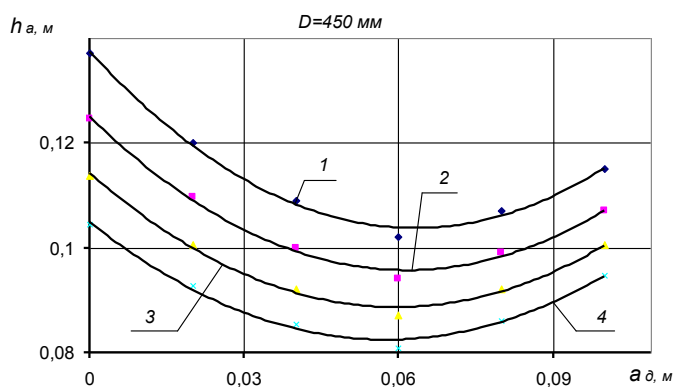
где X – дальность поперечного смещения почвы, сошедшей с диска, м;

h_z – высота гребня почвы, находящегося на диске сталкивателя, м;

f – коэффициент трения почвы о сталь;

β – угол отклонения вектора начальной скорости V_0' от горизонтали, град.;

ξ – угол естественного откоса почвы, град.



1 – $V_e = 1,5 \text{ м/с}$; 2 – $2,0 \text{ м/с}$; 3 – $2,5 \text{ м/с}$; 4 – $3,0 \text{ м/с}$

Рисунок 58 – Зависимость гребнистости пашни h_a от скорости V_e и глубины хода a_d диска сталквателя при $\alpha = 40^\circ$; $a = 16 \text{ см}$; $b = 37,5 \text{ см}$

Решение этих выражений позволило установить рациональные значения угла атаки диска сталквателя $\alpha = 40^\circ$ и глубину его хода $a_d = 5,7 \text{ см}$ (при $a \leq 16 \text{ см}$), обеспечивающие наилучшую полноту заделки открытой борозды и минимальную гребнистость пашни.

Минимальный диаметр диска ($D \geq 44,8 \text{ см}$) определяли, исходя из выражения:

$$D \geq 2 \cdot a \cdot c,$$

где c – коэффициент вспушенности пласта.

Диаметр диска сталквателя определялся экспериментально. Для этого были изготовлены четыре взаимозаменяемых плоских диска с $D = 450; 480; 510$ и 540 мм (размер последнего диска ограничен подрамным пространством орудия). Результат оценивался по гребнистости пашни после прохода сталквателя.

Эксперимент проводили при угле атаки сталквателя $\alpha = 40^\circ$ и глубине вспашки $a = 16 \text{ см}$. Глубина хода диска и скорость движения изменялись в пределах $a_d = 0 \dots 0,1 \text{ м}$, $V_e = 1,5 \dots 3,0 \text{ м/с}$.

Результаты опытов приведены на рисунке 58. Их анализ показывает, что с увеличением скорости вспашки V_e гребнистость h_a пашни уменьшается. Это обусловлено запасом кинетической энергии почвы, сходящей с диска сталквателя и позволяющей ей более равно-

мерно заполнять объем открытой борозды.

С увеличением глубины хода диска a_d гребнистость h_a уменьшается до определенного значения $h_a = 7,3 \dots 8,1$ см (при $a_d = 5,2 \dots 6,3$ см), затем снова начинает возрастать. Данное явление объясняется тем, что в процессе заглабления диск сталкивателя сам становится источником образования бороздки. Это подтверждает правильность теоретических исследований.

По результатам поставленных опытов построен график зависимости минимальной гребнистости пашни, которую обеспечивает сталкиватель, от его диаметра при фиксированных значениях a_d (рисунок 59).

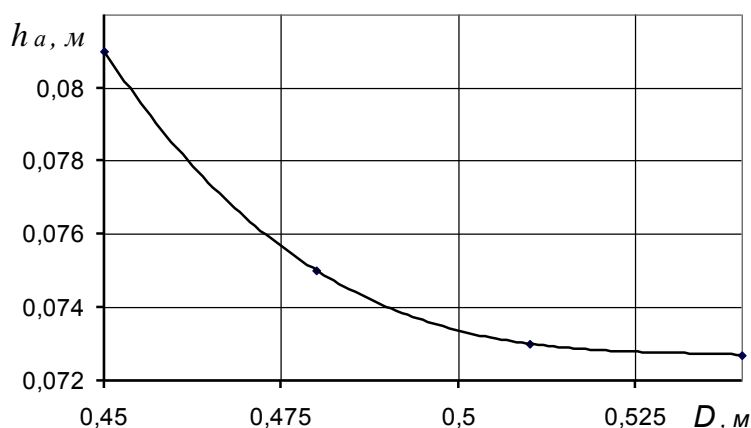


Рисунок 59 – Зависимость гребнистости h_a от диаметра диска сталкивателя D при $a = 16$ см; $V_e = 3,0$ м/с

Из графика видно, что увеличение D более 500...520 мм (при $a = 16$ см и $b = 37,5$ см) не приводит к существенному снижению гребнистости пашни и является нецелесообразным.

Заключение

1. Установлено, что технологический процесс перемещения почвы в открытую борозду в двухсекционном поворотном плуге-луцильнике рационально осуществлять однодисковым поворотным сталкивателем.

2. Определены рациональные параметры дискового поворотного сталкивателя: угол атаки $\alpha = 40^\circ$, глубина хода $a_d = 5,7$ см (при $a \leq 16$ см) и диаметр диска $D = 500 \dots 520$ мм, обеспечивающие максимальную полноту заделки открытой борозды и минимальную гребнистость пашни.

Библиография

1. Кокорин, А.Ф. Исследование возможности применения косых плоскостей в качестве продольного сталкивателя секционного плуга [Текст] / А.Ф. Кокорин, Ф.К. Апостолиди // Почвообрабатывающие машины и динамика агрегатов: науч. тр. / ЧИМЭСХ. Вып. 135. – Челябинск, 1978. – С.26-31.
2. Любимов, А.И. Выбор типа и угла установки сталкивателя двухрядного плуга [Текст] / А.И. Любимов, Ф.К. Апостолиди, В.П. Пороховский // Динамика почвообрабатывающих агрегатов и рабочие органы для обработки почвы: сб. науч. тр. / ЧИМЭСХ. – Челябинск, 1982. – С.19-28.
3. Казакевич, П.П. К вопросу обоснования двухрядной установки корпусов плуга-луцильника [Текст] / П.П. Казакевич, А.Н. Юрин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. Вып. 37 / УП «БелНИИМСХ». Т.1. – Мн., 2003. – С.150-55.

4. Казакевич, П.П.. Обоснование типа и параметров выравнивающего устройства поворотного плуга-луцильника [Текст] / П.П. Казакевич, А.Н. Юрин // Агропанорама. – 2005. – № 6. – С.2-4.
5. Казакевич, П.П. Агротехническое обоснование типа сталкивателя почвы и его параметров в двухсекционном поворотном луцильнике [Текст] / П.П. Казакевич, А.Н. Юрин // Опыт, проблемы и перспективы развития технического сервиса сельскохозяйственной техники: межд. науч. -практ. конф. г.Минск. 6-8 апреля 2004 г.: В 3-х частях. Ч.2. – Мн.: БГАТУ, 2006. – С.70-75.

УДК 631.312.44

**П.П. Казакевич,
Н.Д. Лепешкин, А.Н. Юрин**
*(РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВЫГРЕБАЮЩЕГО КОРПУСА ДВУХСЕКЦИОННОГО ПОВОРОТНОГО ПЛУГА-ЛУЦИЛЬНИКА

Введение

Основным фактором роста производительности пахотных агрегатов является увеличение рабочей скорости и ширины захвата.

Скорость таких агрегатов, ограниченная природно-производственными условиями и агротехническими требованиями к пахоте в республике, составляет обычно 7...10 км/ч.

Увеличение же ширины захвата плуга при традиционной однорядной установке корпусов ведет к интенсивному росту его продольной базы и, как следствие, массы. Большая масса плуга приводит к дополнительным издержкам на его изготовление и эксплуатацию, а длинная продольная база не позволяет обеспечить хорошую приспособляемость к рельефу поля. Это негативно влияет не только на равномерность глубины обработки по ходу агрегата, но и на качество вспашки в целом, усложняя эксплуатацию пахотного агрегата, особенно на мелкоконтурных и сложной конфигурации полях [1].

Меньшей длиной и массой характеризуются двухсекционные или многосекционные плуги (плуги-луцильники), у которых корпуса расположены на двух (и более) параллельных балках. Применение таких орудий позволяет повысить качество вспашки в условиях пересеченного рельефа за счет лучшего копирования поверхности поля. Использование поворотного плуга-луцильника позволяет реализовать принцип гладкой пахоты.

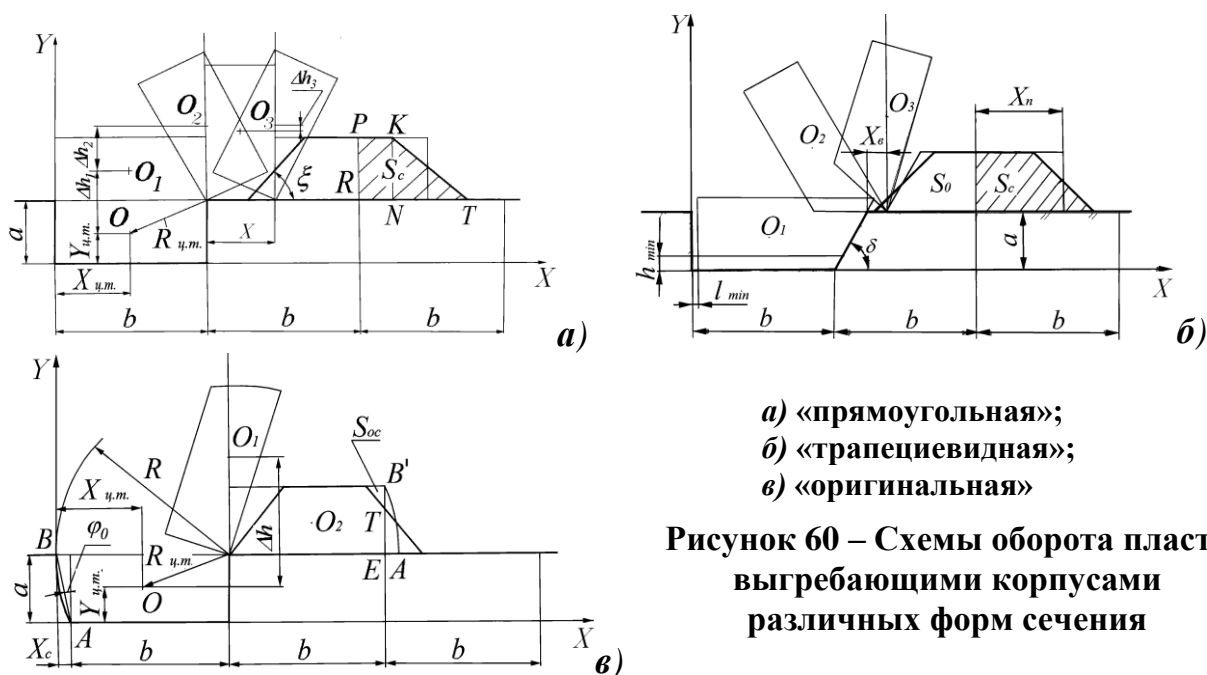
Исследование функционирования экспериментальных выгребающих корпусов

Особенностью работы двухсекционного поворотного плуга-луцильника является то, что первый корпус второго плужного ряда, работая в условиях закрытой борозды, перемещает с оборотом пласт почвы на поверхность необработанного поля. Это ставит ряд требований к его функционированию:

- минимальная энергоемкость работы как в условиях открытой, так и закрытой борозды;

- перемещаемый пласт должен целиком укладываться на полосу недореза.

Теоретический анализ классических схем перемещения пласта различных форм (рисунок 60) и выполненные расчеты показали, что наиболее полно требованиям агротехники отвального лущения и мелкой вспашки соответствует работа выгребающего симметричного корпуса, ортогональное сечение пласта которого имеет специальную («оригинальную») форму [2, 3].



Экспериментальным исследованием различных выгребающих корпусов определено отношение работ по обороту пластов, а также качество их перемещения в открытую борозду.



Рисунок 61 – Экспериментальная установка (вид сбоку)

Для проведения исследований разработана и изготовлена экспериментальная установка (рисунок 61) [4] двух-секционного поворотного плуга-луцильника, выполненная в навесном варианте к оснащённому тензометрическим оборудованием трактору «Беларус-1522В».

Установка состоит из рамы, двух поворотных балок с тремя сим-

метричными корпусами на каждой, безотвального рабочего органа, дискового сталкивателя и катковой секции. Первые корпуса на поворотных балках – выгребальные.

Экспериментальные исследования проводились в 2004 году в СПК «Весе́йский Покров» Слуцкого района Минской области, на стерневом фоне.

Условия проведения экспериментов приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Условия проведения экспериментальных исследований

Параметры		Оценка параметров
Агрофон		Стерня озимой ржи
Тип почвы и название по механическому составу		Дерново-подзолистая, легкий суглинок
Влажность почвы, %	0...10° см	14,9
	10...20° см	21,3
Твердость, мПа	0...10° см	1,7
	10...20° см	4,8
Густота стерни, шт./м ²		624
Высота стерни, см		15...20

Равнодействующую сопротивления корпуса P можно разложить на две составляющие (рисунок 62):

$$\bar{P} = \bar{P}_X + \bar{P}_Y,$$

где P_X – продольная составляющая (тяговое сопротивление), H ;

P_Y – боковая составляющая, H .

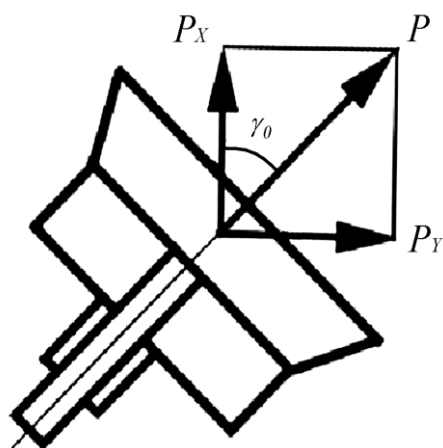


Рисунок 62 – Схема к определению составляющих равнодействующей силы сопротивления корпуса P

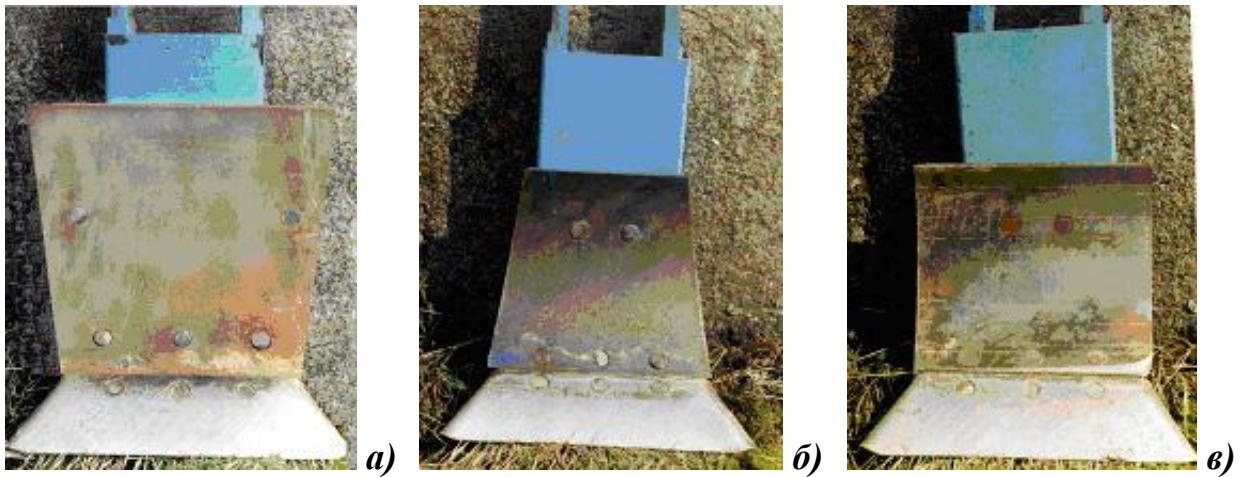
Работа по обороту пласта корпусом определяется выражением:

$$A = P_Y \cdot L_3,$$

где L_3 – дальность смещения центра тяжести пласта, m .

При проведении эксперимента измерялись составляющие сопротивления – P_X и P_Y . Значение P_X – с целью установить техническое совершенство экспериментальных корпусов, а P_Y – для определения работы, совершаемой выгребальными корпусами по обороту пласта на необработанную поверхность поля.

Для исследований были разработаны и изготовлены 3 типа выгребальных корпусов, представленные на рисунке 63.



а) с «прямоугольным» сечением пласта; *б)* с «трапециевидным» сечением пласта; *в)* с сечением пласта «оригинальной» формы

Рисунок 63 – Выгребающие корпуса поворотного плуга-луцильника

Техническая характеристика экспериментальных корпусов приведена в таблице 11.

Таблица 11 – Техническая характеристика экспериментальных выгребающих корпусов

Параметры	Сечение пласта выгребающих корпусов и их номер		
	«Прямоугольное» №1	«Трапециевидное» №2	«Оригинальное» №3
Ширина захвата, см	375		
Глубина вспашки, см	10...16		
Угол лезвия лемеха с полевой стороной корпуса, град.	52		
Угол лемеха с дном борозды в ортогональном сечении, град.	26		
Вылет направляющей кривой, мм	270	250	230
Высота направляющей кривой, мм	430	400	380

Выгребающие корпуса имели равную ширину захвата, а также углы установки лемеха к стенке и дну борозды. Такая методологическая особенность позволила обеспечить постоянство величины и направления элементарных сил, действующих на пласт, его равнозначную деформацию лемехом.

Отвальная поверхность корпуса изменялась за счет установки отвалов различной кривизны и формы обреза.

Выгребающие корпуса были оснащены динамометрическими стойками.

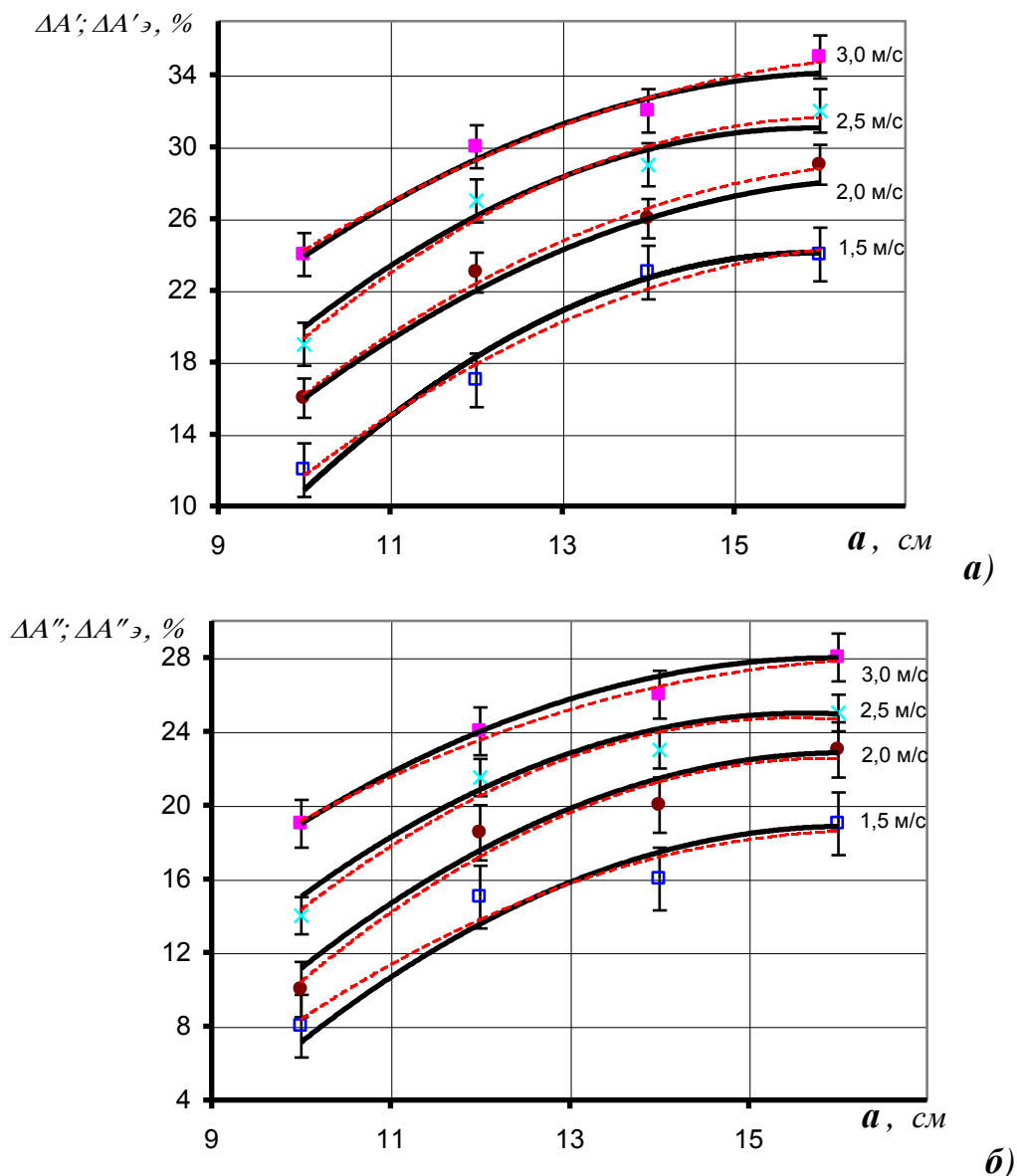
Значение отношения работ по обороту пласта корпусами определяли выражением:

$$\Delta \dot{A}'_y = \frac{\dot{A}_{i\delta}}{\dot{A}_{i\delta}} = \frac{D_Y^{i\delta} \cdot L_y^{i\delta}}{D_Y^{i\delta} \cdot L_y^{i\delta}}, \quad \Delta \dot{A}''_y = \frac{\dot{A}_{o\delta}}{\dot{A}_{i\delta}} = \frac{D_Y^{o\delta} \cdot L_y^{o\delta}}{D_Y^{i\delta} \cdot L_y^{i\delta}},$$

где $P_Y^{np}, P_Y^{mp}, P_Y^{op}$ – боковые составляющие силы P выгребающих корпусов при перемещении пластов «прямоугольного», «трапециевидного» и «оригинального» сечений соответственно;
 $L_3^{np}, L_3^{mp}, L_3^{op}$ – смещения центров тяжести пластов «прямоугольного», «трапециевидного» и «оригинального» сечений соответственно.

Результаты исследований

На основании полученных данных построены графики зависимости отношения работ по обороту пластов для выгребающих корпусов от глубины и скорости вспашки (рисунок 64).



— расчетные значения; - - - экспериментальные значения;

а) «прямоугольный» к «оригинальному»; б) «трапециевидный» к «оригинальному»

Рисунок 64 – Зависимость отношения работ по обороту пластов от скорости V_e и глубины вспашки a выгребающими корпусами

Их анализ показывает, что экспериментальный выгребающий корпус №3 обеспечивает наименьшую энергоёмкость оборота пласта [5]. Выгребающие корпуса №1 и №2 более энергоёмки, а отношение работ составляет $\Delta A'_3 = 111...134\%$ и $\Delta A''_3 = 107...127\%$.

Экспериментальные значения отношения работ по обороту пластов отличаются от теоретических несущественно и составляют: $\Delta A'/\Delta A'_3 - 1,03...1,07$, $\Delta A''/\Delta A''_3 - 1,04...1,06$. Такой результат подтверждает достоверность теоретических исследований.

Полученные отклонения объясняются принятыми допущениями при проведении теоретических исследований, а также проявившимися во время эксперимента неучтенными факторами, влияющими на величину тягового сопротивления плужных корпусов.

Тяговое сопротивление выгребающих корпусов измеряли в условиях блокированного и полусвободного функционирования. Для этого два выгребающих корпуса устанавливались друг за другом на одной поворотной балке установки и оборудовались тензометрическими стойками.

Результаты экспериментальных исследований показали, что при работе в условиях первой борозды удельное тяговое сопротивление составляет 0,69, 0,63 и 0,57 $кг/см^2$ для экспериментальных выгребающих корпусов №1, 2 и 3, а в условиях полусвободного функционирования (открытой борозды) корпуса имеют удельное тяговое сопротивление 0,53, 0,5 и 0,46 $кг/см^2$ соответственно.

Исследования качества работы экспериментальных корпусов проводились для установления их соответствия агротехническим требованиям, предъявляемым к технологическим процессам лущения и мелкой вспашки.

Работа корпусов оценивалась по обороту пласта в условиях закрытой и открытой борозды, а также по крошению почвы. Оборот пласта определяли по углу его наклона к горизонту, а его качество – по глубине заделки растительных остатков.

Вспашка проводилась на глубину 10 и 16 $см$ при скорости движения 1,5; 2,25 и 3,0 $м/с$.

Полученные данные (таблица 12 и 13) показывают, что оборот пласта и глубина заделки растительных остатков зависят не только от формы лемешно-отвальной поверхности корпуса, но и от условий работы, глубины и скорости вспашки.

Лучшее крошение пласта на всех режимах работы показал экспериментальный корпус №1. Худшим было крошение почвы корпусами №2 и №3 при вспашке на глубину 10 $см$. Причина этого – более пологая форма их лемешно-отвальной поверхности.

В условии блокированного перемещения пласта его более полный оборот и качественную заделку растительных остатков обеспечил экспериментальный корпус №3. При скорости движения 1,5 $м/с$ и глубине вспашки 10 $см$ глубина заделки растительных остатков составила 4,4 $см$, а угол наклона пласта – 16°.

Таблица 12 – Агротехнические показатели работы выгребающих корпусов

№ корпуса	Условие перемещения пласта	Глубина вспашки, см	Угол наклона отвального пласта, град.			Глубина заделки растительных остатков, см		
			1,5 м/с	2,25 м/с	3,0 м/с	1,5 м/с	2,25 м/с	3,0 м/с
1	блокированное	10	27,5	27,0	25,5	2,5	3,3	3,5
		16	33,6	38,0	36,0	4,0	5,1	6,1
	полусвободное	10	24,0	23,5	21,0	3,0	4,0	5,0
		16	36,0	38,0	32,0	5,2	6,3	7,3
2	блокированное	10	23,0	25,0	26,0	2,8	3,4	3,8
		16	31,5	36,5	35,0	4,5	5,5	6,0
	полусвободное	10	22,0	20,0	18,5	3,2	4,0	5,0
		16	33,1	35,0	30,0	5,1	6,5	8,1
3	блокированное	10	16,0	15,1	13,2	4,4	5,8	6,2
		16	18,8	17,1	16,3	7,4	8,2	9,4
	полусвободное	10	14,2	13,7	12,0	4,6	5,9	6,4
		16	17,4	17,0	15,3	8,6	9,1	9,7

Таблица 13 – Крошение пласта экспериментальными выгребающими корпусами

№ корпуса	Условие перемещения пласта	Глубина вспашки, см	Крошение пласта (фракционный состав при скорости 1,5/2,5 м/с), %			
			до 25 мм	25...50 мм	50...100 мм	более 150 мм
1	блокированное	10	83,2/86,4	14,1/11,3	2,7/2,3	–
		16	85,4/87,6	12,5/10,5	2,1/1,9	
	полусвободное	10	85,7/89,1	12,5/9,2	1,8/1,7	
		16	88,3/90,2	10,2/8,3	1,5/1,5	
2	блокированное	10	82,0/84,1	17,5/17,4	2,9/2,5	–
		16	82,1/86,0	15,6/11,9	2,3/2,1	
	полусвободное	10	86,2/90,0	12,1/8,4	1,7/1,6	
		16	87,3/88,6	11,1/9,8	1,6/1,6	
3	блокированное	10	82,1/83,3	14,8/14,1	3,1/2,6	–
		16	83,0/84,5	14,2/13,1	2,8/2,4	
	полусвободное	10	83,1/84,0	14,9/14,0	2,0/2,0	
		16	85,2/86,9	13,0/11,5	1,8/1,6	

Корпуса №1 и №2 на этих же участках заделывали растительные остатки лишь на глубину 2,5 и 2,8 см, углы наклона пластов составляли 27,5° и 23° соответственно. При увеличении глубины вспашки с 10 до 16 см глубина заделки растительности возрастала на 3...4 см.

С увеличением скорости вспашки для всех корпусов возрастает полнота оборота пласта (угол его наклона уменьшается). Наиболее интенсивное уменьшение угла наблюдалось при работе экспериментального корпуса №3.

Так, при вспашке со скоростью 3,0 м/с и глубине 16 см пласт укладывался под углом 10...15°.

С увеличением глубины вспашки до 16 см крошение почвы всеми корпусами становится практически одинаковым. Рост скорости движения с 1,5 до 3,0 м/с усиливает крошение пласта. При этом показатели крошения соответствуют агротехническим требованиям к вспашке как при блокированном, так и при полусвободном перемещении почвогрунта корпусами.

Заключение

1. Экспериментальными исследованиями оборота пласта различными корпусами установлено, что наименьшую энергоемкость функционирования обеспечивает корпус, перемещающий пласт «оригинального» сечения в плоскости, перпендикулярной направлению движения.

При этом отношение работ по обороту пластов «прямоугольного» и «оригинального» сечений составляет 107...118%, а «трапециевидного» и «оригинального» – 105...112%.

2. Выгребающий корпус, перемещающий пласт «оригинального» сечения, обеспечивает наименьшее тяговое сопротивление и наилучшее качество вспашки как в условиях блокированного, так и полусвободного функционирования, выполняет полный оборот пласта и заделку растительных остатков во всем агротехническом диапазоне глубины обработки и скорости движения.

Библиография

1. Казакевич, П.П. К вопросу обоснования двухрядной установки корпусов плуга-луцильника [Текст] / П.П. Казакевич, А.Н. Юрин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / УП «БелНИИМСХ». Вып.37. – Мн., 2003 – С.150-155.
2. Казакевич, П.П. Формы пласта и энергоемкость его перемещения выгребающим корпусом двухсекционного поворотного плуга-луцильника [Текст] / П.П. Казакевич, А.Н. Юрин // Ресурсосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве: сб. ст. межд. науч.-практ. конф. Минск, 19-21 октября 2004 г. / РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси». Т.1. – Мн., 2004.– С.153-159.
3. Юрин, А.Н. Теоретические основы выбора симметричной лемешно-отвальной поверхности выгребающего корпуса [Текст] / А.Н. Юрин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси». Вып.38. – Мн., 2004. – С.31–35.
4. Юрин, А.Н. Некоторые результаты испытаний двухсекционного поворотного луцильника ПЛН-2,6 [Текст] / А.Н.Юрин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси». Вып. 38. Т. 1. – Мн., 2004. – С.36-40.
5. Казакевич, П.П. Результаты теоретических исследований по определению рациональной формы пласта выгребающего корпуса двухсекционного поворотного плуга-луцильника [Текст] / П.П.Казакевич, А.Н. Юрин // Ресурсосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве: межд. науч.-практ. конф. Минск, 19-21 октября 2004 г. / РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси». Т. 1. – Мн., 2004. – С.145-152.

УДК 631.347

А.Н. Басаревский

*(РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ БАРАБАННО-ШЛАНГОВОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ УД-2500

Введение

Преобразовать сельскохозяйственное производство в высокоразвитый сектор экономики невозможно без ослабления его зависимости от неблагоприятных природно-климатических условий. По данным гидрометцентра Беларуси в последние 2-3 десятилетия наблюдается отчетливый рост температуры, а количество осадков на территории республики характеризуется сезонной непредсказуемостью.

Улучшить условия влагообеспечения сельскохозяйственных культур можно путем орошения сельхозугодий в зоне неустойчивого увлажнения. В условиях дефицита материально-технических ресурсов, в которых находится сегодня агропромышленный комплекс республики, необходим поиск и применение на практике наиболее эффективных технологий, позволяющих уже в первый год внедрения обеспечивать значительную экономическую отдачу и быструю окупаемость затрат на их внедрение. В этом плане большой интерес в условиях Беларуси – при быстрой смене дождливых периодов засушливыми – представляют мобильные барабанно-шланговые дождевальные установки (БШДУ). Они просты в обслуживании, надежны и высокоэффективны в работе. Дождевальные установки такой конструкции выпускаются и успешно работают за рубежом. Лидером по их выпуску в Европе считается Германия (фирмы «Weinlich», «Deierling», «Hüdig» и др.). Для Беларуси использование БШДУ является новым, поэтому в настоящее время в республике отсутствуют исследования, не имеются научно обоснованные технологии, что сдерживает их эффективное применение в сельскохозяйственном производстве.

В результате анализа известных конструкций дождевальных установок и на основании теоретических и экспериментальных исследований, выполненных в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», была разработана отечественная барабанно-шланговая дождевальная установка УД-2500.

Конструкция и рабочий процесс установки УД-2500

БШДУ УД-2500 предназначена для искусственного орошения дождеванием овощных, кормовых, технических культур и многолетних трав. Полив осуществляется в движении по кругу или сектору. Забор воды может осуществляться из открытой или закрытой оросительной сети. В первом случае подключение установки производится от гидранта, во втором – используется дизельнасосный агрегат или водяной насос. Обслуживание установки в про-

цессе работы (транспортирование оросительной тележки по полю при установке в исходное положение, привод водяного насоса от ВОМ трактора при заборе воды из открытой оросительной сети) осуществляется трактором класса 1,4 кН.

Установка состоит из барабан-машины и оросительной тележки с дождевальным аппаратом. В состав барабан-машины входит рама с колесным ходом и барабаном, на который навита полиэтиленовая труба. В задней части установлена полурама со смонтированным на ней гидроприводом. В состав гидропривода входит гидротурбина, редуктор, система трубопроводов с элементами управления. Конец полиэтиленовой трубы с помощью фланцев соединен с оросительной тележкой, представляющей трехколесный штатив, на котором установлен дождевальный аппарат.

На гидропривод установки под давлением подается вода от гидранта закрытой оросительной сети или водяного насоса, установленного возле водоема и приводимого в действие через карданный телескопический вал с помощью ВОМ трактора. От напора нагнетаемой воды турбина гидропривода приводится в действие и через редуктор передает вращение барабану посредством цепной передачи. На барабан может наматываться до 370 м полиэтиленовой трубы диаметром 90 мм, по которой вода подается непосредственно к дождевальному аппарату. Кроме того, полиэтиленовая труба является тяговым элементом, обеспечивающим перемещение распылителя. Скорость наматывания полиэтиленовой трубы на барабан, а значит и скорость перемещения механизма распыления по полю может изменяться от 0 до 100 м/ч за счет направления части потока воды от нагнетающего насоса мимо турбины через регулирующий клапан (дрессель).

Общий вид БШДУ УД-2500 представлен на рисунке 65, а техническая характеристика установки приведена в таблице 14.



Рисунок 65 – Барабанно-шланговая дождевальная установка УД-2500

Вид в транспортном положении

Таблица 14 – Техническая характеристика БШДУ УД-2500

Наименование показателя	Значение
Тип машины	полуприцепная
Агрегатируется с трактором класса, <i>кН</i>	1,4
Габаритные размеры в транспортном положении, <i>мм</i> :	
длина	6800
ширина	2100
высота	3470
Размеры барабана, <i>мм</i> :	
диаметр	2500
ширина	1370
Размеры гибкого трубопровода, <i>м</i> :	
длина	370
диаметр	0,09
Ширина колеи, <i>мм</i> :	
барабан-машины	2100 – 2800
оросительной тележки	1500 – 2100
Дорожный просвет, <i>мм</i>	350
Транспортная скорость, <i>км/ч</i>	6
Удельное давление колес на почву, <i>кПа</i>	280
Рабочее давление на гидротурбину, <i>МПа (кгс/см²)</i> :	
минимальное	0,3 (3)
максимальное	1,0 (10)
Расход воды, <i>м³/ч</i>	50
Скорость перемещения оросительной тележки, <i>м/ч</i>	0 – 100
Тип распылителя	дальнеструйный
Рабочая ширина орошения, <i>м</i>	90
Рабочая длина орошения, <i>м</i>	400
Производительность (при норме полива 200 <i>т/га</i>), <i>га</i> :	
за 1 час основного времени	0,33
за 1 час сменного времени	0,25
за 1 час эксплуатационного времени	0,25
Масса, <i>кг</i>	3850
Количество обслуживающего персонала, <i>чел</i>	1
Срок службы, <i>лет</i>	12

Результаты испытаний

Государственные приемочные испытания БШДУ УД-2500 были проведены на испытательном полигоне РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» и в ГУ «Белорусская МИС».

Агротехническая оценка проводилась при орошении дождеванием почв с многолетними травами. Уклон поля, на котором работала установка, не превышал 0–1 град., что соответствовало требованиям технического задания. Агротехнические показатели качества выполнения технологического процесса по результатам приемочных испытаний на ГУ "Белорусская МИС" приведены в таблице 15 [1].

Таблица 15 – Агротехнические показатели качества выполнения технологического процесса БШДУ УД-2500

Наименование показателя	Значение	
	по ТЗ	по результатам испытаний
Норма полива, $m^3/га$	200	200
Площадь орошения позиции без перекрытия, m^2	–	36000
Средняя интенсивность дождя, $мм/мин$	до 0,30	0,28
Средний слой осадков за проход, $мм$	до 20	19
Средний диаметр капель дождя, $мм$	не более 3,0	1,4
Влажность почвы после полива, %, в слоях, $см$:		
0–10	–	34,7
10–20	–	23,9

В ходе испытаний при определении энергетической оценки получены результаты: расход топлива за основное время составил $7,3 \text{ кг/ч}$; удельный расход топлива за сменное и основное время – $22,1 \text{ кг/га}$ и $30,4 \text{ кг/га}$ соответственно; удельные энергозатраты на физическую единицу наработки за основное время работы составили $75,0 \text{ кВт}\cdot\text{ч/га}$; коэффициент использования эксплуатационной мощности двигателя трактора МТЗ-82 при максимальном напоре в нагнетательной линии установки 120 м составил $30,6 \%$.

За период испытаний установки наработка составила 1600 ч , отказов не зафиксировано. При оценке надежности получены следующие показатели: наработка на отказ – 1000 ч ; ежедневное оперативное время технического обслуживания – $0,015 \text{ ч}$; удельная суммарная оперативная трудоемкость технического обслуживания – $0,007 \text{ чел}\cdot\text{ч/ч}$ (по ТЗ не более $0,015$); коэффициент готовности – $1,00$ (по ТЗ не менее $0,99$). Приведенные данные доказывают высокую степень надежности выполнения технологического процесса полива.

Государственные приемочные испытания БШДУ УД-2500 подтвердили достоверность результатов теоретических и экспериментальных исследований по обоснованию основных конструктивных и режимных параметров [2, 3]. Так, средняя интенсивность дождя по результатам исследований составила $0,3 \text{ мм/мин}$, средний диаметр капель дождя – $1,5 \text{ мм}$, а по результатам приемочных испытаний – $0,28 \text{ мм/мин}$ и $1,4 \text{ мм}$. Несоответствие данных агротехнических показателей качества объясняется различными погодными условиями при проведении исследований и приемочных испытаний.

ГУ «Белорусская МИС» рекомендовала устранить выявленные недостатки и изготовить опытную партию БШДУ УД-2500.

В настоящее время организовано серийное производство установок на РПДУП «Экспериментальный завод» РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», которые находят рынки сбыта в Беларуси и странах дальнего зарубежья (Венесуэла).

Оценка экономической эффективности

Расчет экономических показателей установки УД-2500 проведен по методике экономической оценки новой техники (ОСТ 10.2.18–2001) с использованием нормативно-справочных материалов, действующих тарифных ставок оплаты труда механизаторов и цен на топливо [4, 5]. Для сравнительной оценки выбрана база на основании анализа лучших зарубежных БШДУ. В результате, по основным характеристикам, условиям агрегатирования, конструктивной схеме наиболее близкими аналогами оказались установки ДШ-90 «Агрос» (Россия) и «Monsoon I 2500-100-350» (Германия).

Основные показатели сравниваемых установок взяты из протоколов испытаний, прайс-листов и официальных сайтов производителей [1, 6, 7, 8]. Цена новой установки УД-2500 принята по данным завода-изготовителя, трактора МТЗ-82 – по данным РУП «Минский тракторный завод». Расчет выполнен в ценах на 1 августа 2008 г.

Исходные данные к расчету сравнительной экономической эффективности БШДУ УД-2500 приведены в таблице 16, показатели сравнительной экономической эффективности – в таблице 17.

Таблица 16 – Исходные данные для расчета сравнительной экономической эффективности БШДУ УД-2500

Наименование показателя	Обозначение	Единица измерения	Базовый вариант		Новый вариант УД-2500 +МТЗ-82
			ДШ-90 «Агрос» +МТЗ-82	«Monsoon I 2500-100-350» +МТЗ-82	
1	2	3	4	5	6
Балансовая цена:					
установки	Б	<i>у.е.</i>	56015	65860	40660
трактора	<i>Б_{тр}</i>		16250	16250	16250
Зональная годовая загрузка:					
установки	<i>T_Г</i>	<i>ч</i>	1056	1056	1056
трактора	<i>T_{Гтр}</i>		1300	1300	1300
Количество обслуживающего персонала	<i>Л</i>	<i>чел.</i>	1	1	1
Часовая тарифная ставка оператора V разряда	<i>c_p</i>	<i>у.е./чел.ч</i>	1,25	1,25	1,25
Норма амортизационных отчислений:					
установки	<i>a</i>	<i>отн. ед.</i>	0,1	0,1	0,1
трактора	<i>a_{тр}</i>		0,09	0,09	0,09
Норма отчислений на ремонт и техническое обслуживание:					
установки	<i>r</i>	<i>отн. ед.</i>	0,12	0,12	0,12
трактора	<i>r_{тр}</i>		0,099	0,099	0,099
Нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений	<i>E_н</i>	<i>отн. ед.</i>	0,2	0,2	0,2

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4	5	6
Коэффициент перевода оптовой цены в балансовую	δ	<i>отн. ед.</i>	-	-	1,1
Коэффициент гарантии потребителю экономического эффекта от использования нового оборудования	σ	<i>отн. ед.</i>	-	-	0,85
Зональная годовая наработка	n	<i>га</i>	138	265	265
Удельные затраты топлива	$q_{\text{п}}$	<i>кг/га</i>	22,1	22,1	22,1
Цена топлива	$C_{\text{топ}}$	<i>у.е./кг</i>	1,06	1,06	1,06
Производительность за час эксплуатационного времени	ω	<i>га/ч</i>	0,13	0,25	0,25

Примечание – 1 у.е. = 2115 руб (на 1.08.2008 г)

Таблица 17 – Показатели сравнительной экономической эффективности разрабатываемой техники, рассчитанные на сопоставимый объем работ

Наименование показателя	Значение показателя			Степень снижения затрат, %
	базовый вариант		новый вариант УД-2500	
	ДШ-90 «Агрос»	«MonSun I 2500-100-350»		
Себестоимость механизированных работ, <i>у.е./га</i>	140,93	92,74	71,74	$\frac{49,1}{22,6}$
Удельные капитальные вложения, <i>у.е./га</i>	100,84	59,89	40,80	$\frac{59,5}{31,9}$
Приведенные затраты, <i>у.е./га</i>	161,10	104,72	79,90	$\frac{50,4}{23,7}$
Трудоемкость механизированных работ, <i>чел.ч/га</i>	7,69	4,00	4,00	$\frac{48,0}{-}$
Годовая экономия затрат труда при эксплуатации новой техники, <i>чел.ч</i>	-	-	$\frac{978,46}{-}$	-
Годовой приведенный экономический эффект, <i>у.е.</i>	-	-	$\frac{21517,6}{6576,8}$	-
Лимитная цена новой техники, <i>у.е.</i>	-	-	$\frac{868431}{483594}$	-
Проект оптовой цены, <i>у.е.</i>	-	-	36963,6	-
Срок окупаемости абсолютных капитальных вложений, <i>лет</i>	-	-	$\frac{2,2}{7,3}$	-
Годовая экономия себестоимости механизированных работ, <i>у.е.</i>	-	-	$\frac{183357}{5665,0}$	-
Коэффициент эффективности снижения себестоимости механизированных работ по новой технике, %	-	-	$\frac{49,1}{22,6}$	-

Примечание – в числителе приведено сравнение с базовым российским вариантом, в знаменателе – с базовым немецким

Из расчетов показателей экономической эффективности видно, что в сравнении с российской установкой степень снижения трудоемкости механизированных работ при использовании БШДУ УД-2500 составила 48% с годовой экономией затрат труда 978,46 чел.ч. Это обусловлено более высокой производительностью в час сменного времени: 0,25 га/ч против 0,13 га/ч у установки ДШ-90 «Агрос». Затраты труда на выполнение основной операции у немецкой и испытываемой установок одинаковые и составляют 4,00 чел.ч/га.

Все виды финансовых затрат (себестоимость механизированных работ, удельные капитальные вложения, приведенные затраты) при использовании испытываемой БШДУ УД-2500 с трактором МТЗ-82 ниже, чем при использовании базовых дождевальных установок. Это объясняется более высокой ценой российской и немецкой установок – 56015 у.е. и 65860 у.е. в сравнении с ценой БШДУ УД-2500 – 40660 у.е. Годовая экономия себестоимости механизированных работ составляет соответственно от 18335,7 у.е. до 5665,0 у.е. Лимитная цена новой установки (соответственно 86843,1 у.е. и 48359,4 у.е.) выше балансовой (40660 у.е.), что свидетельствует об окупаемости капитальных вложений и экономической эффективности при данном уровне балансовой цены и производительности.

Заключение

1. БШДУ УД-2500 выполняет технологический процесс полива в соответствии с агротехническими требованиями, что подтверждается результатами государственных приемочных испытаний.

2. Новая БШДУ не уступает по производительности и показателям назначения оросителям ведущих фирм-изготовителей дождевальной техники. Степень снижения себестоимости механизированных работ, удельных капитальных вложений и приведенных затрат в сравнении с российской и немецкой базовыми установками составляет соответственно 49,1% и 22,6%, 59,5% и 31,9%, 50,4% и 23,7%. Коэффициент эффективности снижения себестоимости механизированных работ составил соответственно 49,1% и 22,6%.

3. Стоимость БШДУ УД-2500 на 25–40% ниже лучших зарубежных аналогов.

Библиография

1. Протокол № 88-2003 приемочных испытаний опытного образца установки дождевальной УД-2500 [Текст] / ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2003. – 52 с.
2. Дашков, В.Н. Обоснование критериев эффективности применения искусственного дождевания [Текст] / В.Н. Дашков, Н.Ф. Капустин, А.Н. Басаревский // Вести НАН Беларуси. Сер. аграрн. наук. – 2006. – № 4. – С.100-106.
3. Дашков, В.Н. Обоснование оптимальных выходных гидравлических параметров водопроводящей системы барабанно-шланговой дождевальной установки [Текст] / В.Н. Дашков, А.Н. Басаревский // Вести НАН Беларуси. Сер. аграрн. наук. – 2007. – № 3. – С.93-100.
4. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы экономической оценки [Текст]: ОСТ 10 2.18 – 2001. – Введ. 01.03.02. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 35 с.
5. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки [Текст]: ГОСТ 23728 – 88. – Введ. 01.07.88. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 24 с.

6. Дождевальные машины [Электронный ресурс]: обзор // ОАО «Волгоградский завод оросительной техники». «Ортех». 2004. – Режим доступа <http://vzortech.narod.ru/dogd.htm>. – Дата доступа 14.09.2005.
7. Trommelberegnungsmaschinen // Beinlich Beregnung-Irrigation [Die elektronische Ressource]. – 2005. – Das Regime des Zugriffes: <http://www.beinlich-beregnung.de/html/produkte.htm>. – Das Datum des Zugriffes: 24.09.2005.
8. Поволжская МИСС: испытания, сертификация, модернизация, протоколы испытаний [Электронный ресурс] // ФГУ Поволжская машиноиспытательная станция. 2003. – Режим доступа http://www.povmis.ru/test2004_8.html. – Дата доступа 21.12.2006.

УДК 631.365.22

**П.П. Казакевич, В.Н. Дашков,
В.П. Чеботарев, Е.И. Михайловский,
А.А. Князев**

*(РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОХРАННОСТИ ЗЕРНА ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ

Введение

Проблема увеличения и стабилизации производства зерна как универсального продукта питания приобретает в настоящее время приоритетное значение. Она имеет особую социальную значимость – обеспечение населения хлебом и хлебобулочными изделиями, а также другим продовольствием, произведенным с использованием продуктов переработки зерна. Производство зерна является основой агропромышленного комплекса республики и наиболее крупной отраслью сельского хозяйства. Важнейшим гарантом увеличения объемов производства зерна является борьба с его потерями. По данным ООН около 1/3 годового урожая зерновых культур в мире теряется вследствие «осыпания на корню», поражения вредителями и засорения сорняками. Для республики эта цифра составляет 15% (0,7...1,1 млн. *t*). Примерно 5...7% выращенного в Беларуси урожая теряется непосредственно на зернотоках в результате несвоевременной или некачественной очистки, а также неправильного хранения зерна.

Основная часть

Как показывает многолетний опыт возделывания зерновых культур, зерно, поступающее на зерноочистительно-сушильные комплексы, как правило, не соответствует кондиционным требованиям, предъявляемым к его чистоте и влажности, и нуждается в значительной доработке.

В первую очередь следует сказать о причинах поступления на зерноочистительно-сушильные комплексы республики зернового вороха, влажность и засоренность которого не соответствует кондиционным. Зерновой ворох представляет собой механическую смесь различных компонентов, в число которых входят основная культура (зерно), солома, полова, семена и соцветия сорных

трав и культурных растений, минеральные включения и т.д. Как показывают исследования [1–4], засоренность зернового вороха зависит, главным образом, от культуры земледелия, времени и погодных условий при проведении уборки, технического состояния и качества работы зерноуборочных комбайнов.

Многолетние наблюдения ученых РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства» за ходом уборочных кампаний, а также изучение особенностей процесса уборки зерновых комбайнами показали, что засоренность зернового вороха, поступающего на зерноочистительно-сушильные комплексы республики, находится в пределах 3...7%, а в ряде случаев 10% и более. При прочих равных условиях она увеличивается с ростом влажности зернового вороха. Известно, что производительность и качество выполнения технологического процесса комбайнами в значительной степени зависят от состояния хлебов, влажности зерна и соломы. При исследовании влияния погодных условий на состояние хлебной массы принято использовать обобщенный показатель, называемый дефицитом влажности воздуха.

Зависимости между дефицитом влажности воздуха d и влажностью W хлебной массы описываются выражениями [4]:

$$\begin{aligned} \text{для колоса} & - W = 30,4/d^{0,33}; \\ \text{для соломы} & - W = 15,1/d^{0,53}. \end{aligned}$$

Изменение засоренности S зернового вороха при изменении влажности W описывается уравнением регрессии

$$S = 0,09 \cdot W + 0,84,$$

а изменение влажности W по засоренности S – уравнением

$$W = 0,45 \cdot S + 22,65.$$

Существенное влияние на изменение влажности хлебной массы оказывают погодные условия. Зерно, колос и солома представляют собой гигроскопичные тела и легко усваивают влагу из окружающей среды. Так, зерно пшеницы способно впитывать влагу из паровоздушной среды до влажности 36,6%, озимой ржи – 36,5%, овса – 31,5%. При непосредственном контакте зерна с влагой в жидком состоянии (роса, дождь и др.) его влажность может достигать 45...50% [3]. Максимальное количество осадков на территории Беларуси (140...170 мм) выпадает именно во второй половине июля и августе.

Состояние скашиваемой хлебной массы зависит не только от погодных условий, но и от фазы развития самой зерновой культуры (молочно-восковая спелость, полная спелость). Процесс созревания хлебов отличается существенной неравномерностью: колебания влажности зерна значительны в пределах не только одного хлебного массива, но даже одного колоса. Так, например, влажность зерна озимой пшеницы в начале полной спелости составляет в верхней части колоса 15%, средней – 18,1%, в нижней – 23,0%, а ржи – 16,3%, 18,7% и 22,4% соответственно [5].

Если при определении времени начала уборочных работ ориентироваться только на конец этапа налива зерна, то основная фаза уборки придется на период его перезрелости, что приведет к значительным потерям урожая вследствие осыпания. В середине фазы восковой спелости и при полной спелости биологические свойства зерна (энергия прорастания, всхожесть) практически одинаковы, поэтому уборку зерновых на семена прямым комбайнированием начинают в конце фазы восковой спелости, при влажности 21...24%, на продовольственно-фуражные нужды – в начале-середине фазы восковой спелости при влажности зерна 28...32%. В этом случае уборка хлебов на основных площадях проводится в период полного их созревания, а потери урожая вследствие осыпания минимальны.

Прежде чем перейти к определению технологических основ сохранности собранного урожая, рассмотрим процессы, происходящие в свежесобранном зерновом ворохе. Входящие в состав вороха зеленые части растений, как правило, имеют очень высокую влажность (50...80%) и являются источниками его гнездового самосогревания, что отрицательно сказывается на сохранности зерна. Уже в первые сутки хранения большая часть влаги, находящейся в примесях, поглощается зерном. Микрофлора (бактерии, плесневые грибы), содержащаяся на зерновках и других компонентах вороха, оказывает активное воздействие на его состояние и сохранность.

Зерно – живой организм, поэтому в его структуре непрерывно происходят сложные процессы обмена веществ. Одним из внешних их проявлений является дыхание. При увеличении влажности зерна более 14...16% интенсивность дыхательного процесса растет, поэтому основным условием длительного хранения зерновой массы является снижение ее влажности до 14%.

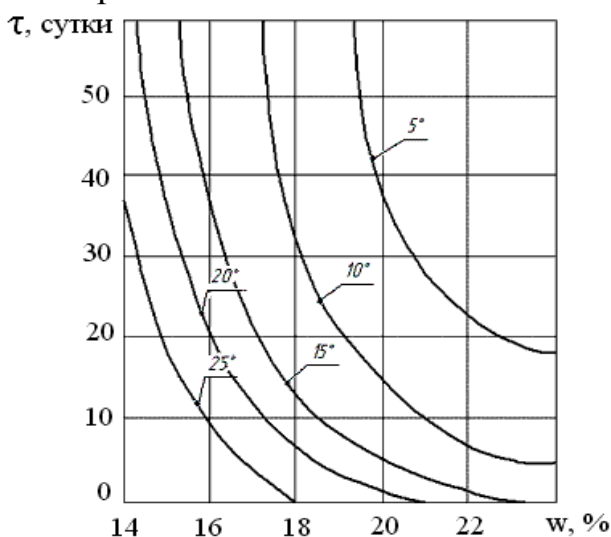
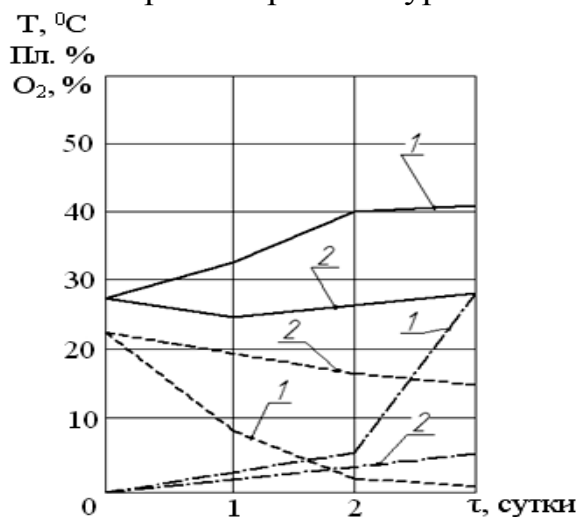


Рисунок 66 – Сроки безопасного хранения зерна до вентилирования (по данным ВНИИЗ)

Зерно обладает низкой теплопроводностью, поэтому при увеличении интенсивности дыхания его температура и влажность повышаются, что, в свою очередь, способствует интенсификации дыхательных процессов. По данным Всесоюзного научно-исследовательского института зерна (ВНИИЗ) предельные сроки безопасного хранения зернового вороха при средней влажности 23...25% и температуре около 15°C не превышают одни сутки (рисунок 66).

На рисунке 67 [5] представлены результаты исследований С.И. Акивис о ходе процессов жизнедеятельности в неочищенном зерновом ворохе (линии 1)

и немедленно очищенном после обмолота (линии 2). Температура зерна, очищенного в течение первых суток, медленно падает, а затем начинает возрастать. Температура неочищенного зерна резко возрастает, увеличивается количество зерен, пораженных плесенью. Анализ представленных данных позволяет сделать заключение, что для неочищенного зернового вороха с характерной для условий Республики Беларусь влажностью и засоренностью процесс дыхания зерна может принять характер цепной реакции и привести к значительным потерям собранного урожая.



— температура зерна T , °C; --- поражение плесенью Пл, %; - · - содержание кислорода O_2 , %;
1 – неочищенное зерно; 2 – очищенное зерно

Рисунок 67 – Биохимические изменения в зерновом ворохе (по данным С.И. Акивис)

Важнейшей технологической операцией, обеспечивающей сохранность свежеубранного зернового вороха, является его предварительная очистка. В результате только за счет механического удаления наиболее крупных примесей влажность обрабатываемого материала снижается на 1...3%. Так, например, предварительная очистка вороха пшеницы позволяет снизить его влажность на 1,0...1,6%. Наибольший эффект снижения влажности достигается при очистке рапса – до 3%. По

результатам исследований каждое снижение влажности исходного материала на 1...2% (начиная с 20%) позволяет увеличить длительность его безопасного хранения (до сушки) в 2–3 раза, что, в свою очередь, способствует выравниванию загрузки мощностей зерноочистительно-сушильного комплекса.

Важным аргументом, подтверждающим актуальность проведения предварительной очистки, является предотвращение попадания крупных примесей в зерносушилку. Выделение из состава зернового вороха пылевидных и солоmistых примесей значительно снижает вероятность возникновения завалов и возгораний в сушилках, на 40...60% повышает равномерность нагрева зерна и, как показывают исследования, на 3...5% уменьшает затраты тепла на его сушку. Выделение грубых и крупных посторонних примесей (солоmistых) позволяет значительно снизить нагрузку на последующее зерноочистительное оборудование и предохранить от забивания его приемно-распределительные устройства.

Зерно, влажность которого не соответствует кондиционной, после предварительной очистки направляют на сушку. Однако в период массовой уборки количество поступающего зерна на зерноочистительно-сушильный комплекс

превышает пропускную способность сушилки. Недостаток сушильных мощностей в «пиковый» период уборки вынуждает зернопроизводителей складировать ворох повышенной влажности на площадках временного хранения. Именно в этом случае происходят наибольшие потери урожая, предотвратить которые можно путем использования в технологической схеме комплекса емкостей (силоса) временного хранения, причем, применительно к влажному зерну они должны быть с коническим дном для предотвращения слеживания зерновой массы.

Сохранность зерна в емкостях обеспечивается его вентилированием холодным или подогретым воздухом. Перед началом вентилирования определяется равновесная влажность семян (таблица 18). Если она равна или меньше начальной влажности семян, вентилирование в данных условиях недопустимо.

Необходимо также помнить, что вентилирование проводят, если температура наружного воздуха ниже температуры семян не менее чем на 4°C, а в дождливую погоду эта разница должна составлять не менее 8°C.

Таблица 18 – Равновесная влажность зерна

Культура	Равновесная влажность зерна при относительной влажности воздуха, %							
	20	30	40	50	60	70	80	90
Пшеница, рожь, ячмень	8,1	9,3	10,8	12,0	13,2	14,7	16,6	20,5
Овес	6,8	8,3	9,6	10,9	12,1	14,5	17,0	20,4
Лен	–	5,2	–	7,0	7,7	8,8	11,2	15,4
Люпин	–	–	10,0	11,0	12,2	14,0	15,2	20,6
Вика	–	–	11,0	12,7	13,7	15,6	17,3	21,5

При благоприятных погодных условиях семена можно вентилировать до тех пор, пока отработанный воздух будет на 1...2°C теплее наружного, а в дождливую погоду – на 3..4°C.

Скорость охлаждения семян возрастает с увеличением удельной подачи воздуха и разности температур семян и воздуха. Для определения срока вентилирования используют специальную номограмму (рисунок 68), по которой, зная разность температур семян и воздуха, а также удельную подачу воздуха на 1 *t* семян (*q*, м³/ч), определяют снижение температуры зерна за 1 час [4].

При вентилировании зерна подогретым воздухом следует учитывать, что подогрев воздуха на 1°C снижает его относительную влажность на 3...5%. Безопасный срок хранения семян зерновых культур при применении активного вентилирования при влажности семян до 22% и температуре воздуха 15...20°C составляет около двух недель, а при влажности 24...26% – 6...8 суток. При температуре воздуха 10...12°C срок безопасного хранения семян возрастает в 2 раза.

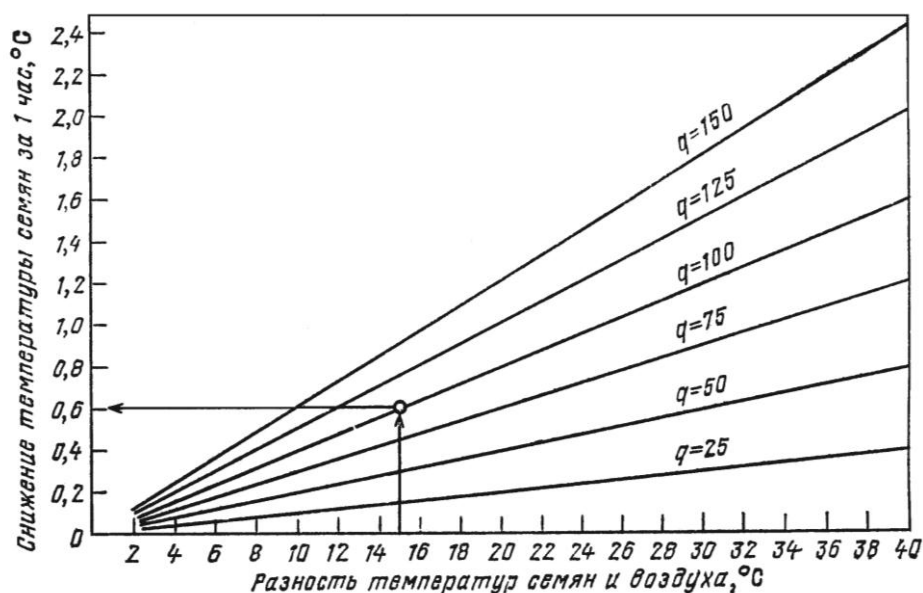


Рисунок 68 – Номограмма для определения времени охлаждения семян за час вентилирования (по данным ВНИИЗ)

Заключение

Поступление на зерноочистительно-сушильные комплексы сельскохозяйственных предприятий республики зернового вороха повышенной влажности и, как следствие, высокой засоренности объясняется состоянием хлебной массы в начальный период уборочных работ (влажность 24...30%), а также неблагоприятными погодными условиями, которые нередко сопровождают уборочную кампанию (140...170 мм атмосферных осадков).

Для основной массы зернового вороха, поступающего с полей (при средней влажности 23...25% и температуре около 15°C), предельные сроки безопасного временного хранения не превышают одних суток, что вызывает необходимость его незамедлительной очистки, активного вентилирования (при недостатке сушильных мощностей) и сушки.

Своевременное и качественное выполнение предварительной очистки и активного вентилирования зерна повышенной влажности (более 14%) позволит сократить потери выращенного урожая на 5...7%, что в масштабах республики составит 350... 450 тыс. т.

Библиография

1. Предварительная очистка зернового вороха колосовым цилиндрическим решетом с винтовым транспортирующим элементом [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01; защищена 27.05.08; утв./ Князев Андрей Анатольевич. – Мн., 2008. – 144 с.
2. Процеров, А.В. Агроклиматические условия периода уборки зерновых культур [Текст] / А.В. Процеров // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1957. – № 7.
3. Процеров, А.В. Погода и уборка комбайнами зерновых культур [Текст] / А.В. Процеров. – Л.: Гидрометеиздат, 1962. – 62 с.
4. Федосеев, П.Н. Уборка зерновых культур в районах повышенной влажности [Текст] / П.Н. Федосеев. – М.: Колос, 1969. – 142 с.
5. Киреев, М.В. Послеуборочная обработка зерна в хозяйствах [Текст] / М.В. Киреев, С.М. Григорьев, Ю.К. Ковальчук. – Л.: Колос, 1981. – 224 с.

Введение

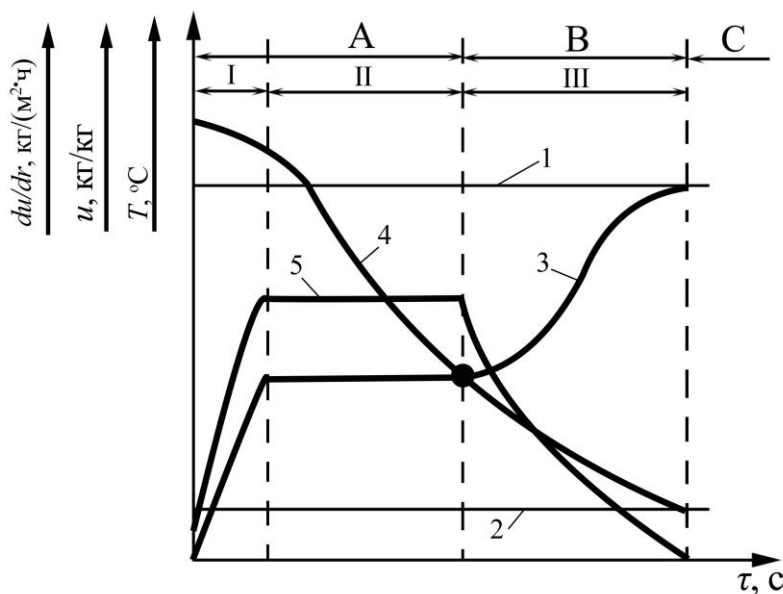
Основным способом обеспечения длительной сохранности зерна является его своевременная сушка до требуемой кондиции [1-3]. Технико-экономическая эффективность процесса сушки может быть обеспечена подбором оптимальных режимов: параметров сушильного агента – температурой, скоростью движения, влагосодержанием, а также продолжительностью времени сушки [4-7].

Основная часть

Существенным условием, определяющим ход процесса сушки, является величина слоя высушиваемого зерна. Если брать соотношение высоты слоя H к эквивалентному диаметру зерновки D , то оно может достигать значения 500...600. Известно, что скорость прохождения агента сушки через слой зерна ограничена аэродинамическими условиями и экономической целесообразностью, а, с другой стороны, сам процесс сушки протекает интенсивно. Равновесное влагосодержание агента сушки может наступить на высоте слоя, равной $H = (15...20)D$. В результате процесс сушки вышележащих слоев зерна полностью прекратится. В дальнейшем зерновой слой будет высушиваться позонно, причем зона равновесного влагосодержания агента сушки будет перемещаться в направлении его движения к поверхности слоя. Время движения этой зоны зависит от режима сушки, влажности материала и высоты слоя. Поэтому расчет процесса сушки зерна в слое необходимо разделить на два: для элементарного слоя и толстого слоя.

Расчет необходимого времени сушки, обеспечивающего получение материала заданной конечной влажности, а также интенсивности процессов теплообмена, позволяют кинетические закономерности процесса сушки – зависимости изменения среднего влагосодержания и средней температуры материала по времени [3-4]. В теории сушки эти изменения на практике принято исследовать графическим способом в виде совмещенных графиков кривых сушки, скорости сушки, а также температуры материала и агента сушки (рисунок 69). Средняя влажность зерна, его температура и скорость сушки представлены в зависимости от времени протекания процесса. Под скоростью сушки понимается количество влаги, удаляемой в единицу времени с единицы поверхности испаряемого материала. По характеру взаимодействия влаги зерна и агента сушки процесс может разделяться на следующие три стадии: влажного, гигроскопического и равновесного состояний. При стадии влажно-

го состояния процесс сушки зерна идет, в основном, путем испарения влаги с поверхности зерновки. В стадии гигроскопического состояния испарение влаги начинается во внутренних слоях зерновок. При этом могут наблюдаться факты обратного процесса конденсирования и впитывания влаги зерновой массой от агента сушки. Стадия равновесного состояния характеризуется отсутствием изменений количества влаги как в агенте сушки, так и в зерне. Начало этой стадии означает завершение процесса сушки. Таким образом, непосредственно сам процесс сушки происходит в первой и второй стадиях.



А, В, С – стадии соответственно влажного, гигроскопического и равновесного состояния зерна; I, II, III – периоды возрастающей, постоянной и падающей скорости сушки; 1, 2 – температура и влагосодержание агента сушки; 3, 4 – температура и влагосодержание зерна; 5 – скорость сушки

Рисунок 69 – Стадии и периоды процесса сушки зерна

Первую стадию можно условно разделить на два периода по величине скорости: сушки возрастающей и постоянной. Первый период характеризуется повышением температуры зерна и относительно небольшим изменением его влажности. В этом периоде происходит прогрев материала, а скорость сушки быстро возрастает до определенного постоянного значения. В этот момент устанавливается постоянная величина

температуры поверхности зерновок. Во втором периоде сушки, при постоянной скорости сушки, устанавливается тепловое равновесие между количеством теплоты, подведенной к поверхности зерновок и расходуемой на превращение воды в пар. При этом поверхность зерновок остается влажной, а влага поступает из внутренних слоев по капиллярам. Вторая стадия процесса сушки полностью соответствует периоду падающей скорости сушки. Этот период характеризуется постоянным повышением температуры зерна и непрерывным падением скорости сушки. При достижении зерном равновесной влажности с агентом сушки ее скорость становится равной нулю, а сам процесс сушки практически прекращается.

Математически описать протекание вышеизложенного процесса можно с помощью приближенных уравнений кинетики сушки, наиболее точно отображающих действительную кривую сушки. Определяющим фактором при

описании изменения скорости сушки является текущая разность влагосодержания от начального u_o до конечного u_k равновесных значений, отнесенная к текущему количеству удаленной влаги ($u_o - u$) за период времени $d\tau$. Это изменение скорости сушки может быть выражено следующим дифференциальным уравнением:

$$\frac{du}{d\tau} = -K_u \frac{u_o - u_k}{u_o - u}, \quad (1)$$

где K_u – коэффициент скорости сушки, $кг/с$;

u – текущее влагосодержание зерна, $кг/кг$.

После разделения переменных выражение (1) примет вид:

$$\frac{(u_o - u)du}{u_o - u_k} = -K_u d\tau. \quad (2)$$

После интегрирования выражения (2) получено следующее уравнение:

$$\frac{2u_o u - u^2}{2(u_o - u_k)} = -K_u \tau + C. \quad (3)$$

Для определения постоянной интегрирования принимается $u = u_o$, $\tau = 0$. И тогда:

$$C = \frac{u_o^2}{2(u_o - u_k)}.$$

Подстановка полученного значения постоянной интегрирования в выражение (3) позволила определить зависимость времени сушки от начального и конечного влагосодержания зерна и параметров процесса сушки:

$$\tau = \frac{(u - u_o)^2}{2K_u(u_o - u_k)}.$$

Текущее влагосодержание на момент времени сушки τ будет равно:

$$u = u_n - \sqrt{2K_u(u_n - u_k)\tau}.$$

В то же время величина удаленной за время τ влаги будет равна:

$$u_\tau = \sqrt{2K_u(u_n - u_k)\tau},$$

а коэффициент скорости сушки соответственно:

$$K_u = \frac{(u - u_o)^2}{2(u_o - u_k)\tau}.$$

С другой стороны, для более полного рассмотрения процесса сушки необходимо одновременно рассматривать изменение состояния агента сушки в процессе изменения высушиваемого материала [8-9]. Через бесконечно малый слой зерна dV проходит агент сушки, имеющий влагосодержание d_1 , с массовой скоростью M_c через бесконечно малое поперечное сечение слоя dF . Так как агент сушки, пройдя бесконечно малый слой зерна за время τ , дополнительно насыщается влагой до d_2 , то скорость сушки будет равна:

$$du = M_c \cdot dd \cdot dF = a_d dS_{\phi} (d_n - d), \quad (4)$$

где a_d – коэффициент массопередачи в газовой фазе, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{кг})$;

dS_{ϕ} – поверхность контакта поперечного сечения слоя зерновок с агентом сушки, $\text{м}^2/\text{м}^2$;

d_n – влагосодержание агента сушки при температуре адиабатного насыщения.

Если обозначить через $a_{\phi\kappa}$ удельную поверхность фазового контакта на единицу объема слоя зерна, то:

$$dS_{\phi} = a_{\phi\kappa} \cdot dF \cdot dH.$$

Тогда уравнение (4) может быть представлено в следующем виде:

$$M_c \cdot dd \cdot dF = a_d \cdot a_{\phi\kappa} \cdot dF \cdot dH (d_n - d). \quad (5)$$

После сокращения на dF и разделения переменных выражение (5) примет вид:

$$\frac{dd}{d_n - d} = \frac{a_d \cdot a_{\phi\kappa} \cdot dH}{M_c}. \quad (6)$$

Интегрирование уравнения (6)

$$\int_{d_1}^{d_2} \frac{dd}{d_n - d} = \int_0^H \frac{a_d \cdot a_{\phi\kappa} \cdot dH}{M_c}$$

позволяет получить зависимость изменения влагосодержания и массовой скорости подачи агента сушки от высоты слоя зерна:

$$\ln \frac{d_n - d_1}{d_n - d_2} = \frac{a_d \cdot a_{\phi\kappa} \cdot H}{M_c}.$$

Таким образом, высота слоя зерна, высушиваемая агентом сушки при увеличении его влагосодержания с d_1 до d_2 , будет равна:

$$H = \frac{M_c}{a_d \cdot a_{\phi\kappa}} \ln \frac{d_n - d_1}{d_n - d_2}.$$

С другой стороны, максимально возможная высота высушиваемого слоя зерна может быть определена исходя из пропорции:

$$\frac{H}{H_{max}} = \frac{d_2 - d_1}{d_n - d_1}$$

и будет равна:

$$H_{max} = H \frac{d_n - d_1}{d_2 - d_1}.$$

Исходя из известной общей высоты слоя высушиваемого зерна H_{cl} может быть определено количество зон сушки:

- минимально возможное при заданном исходном влагосодержании агента сушки d_1 :

$$n_{3c}^{min} = \frac{H_{сл}}{H_{max}} = \frac{H_{сл}}{H \frac{d_n - d_1}{d_2 - d_1}} = \frac{H_c (d_2 - d_1)}{H (d_n - d_1)},$$

• соответствующее влагосодержанию агента сушки, покидающего высушиваемый слой зерна:

$$n_{3c} = \frac{H_{сл}}{H} = \frac{H_{сл}}{\frac{M_c}{a_d \cdot a_{фк}} \ln \frac{d_n - d_1}{d_n - d_2}} = \frac{H_{сл} \cdot a_d \cdot a_{фк}}{M_c \ln \left(\frac{d_n - d_1}{d_n - d_2} \right)}.$$

При сушке зерна удаление влаги происходит в два этапа. В начале протекает процесс внешней диффузии – влага с поверхности материала испаряется в окружающую среду. Затем начинается процесс внутренней диффузии – влага в виде жидкости или пара перемещается внутри зерновок по капиллярам к поверхности. При этом расход теплоты на совершение массообменных процессов сушки зерна может быть представлен в виде уравнения баланса переноса тепла и массы. С одной стороны, агент сушки при перемещении через элементарный объем зерна теряет часть теплоты, равной:

$$q_{ac} = \alpha M_c C_{ac} (t_{ac} - t_3), \quad (7)$$

где α – коэффициент теплообмена, $Bm/(m^2K)$.

С другой стороны, тепло, полученное зерном, расходуется на испарение влаги, нагрев зерна теплопроводностью, а также на создание движущейся в нем массы влаги за счет градиентов влагосодержания, температуры и давления. В общем виде этот расход тепла может быть представлен следующим образом:

$$q_3 = r \rho_3 R_3 \frac{du}{dt} + \lambda \Delta t + h_u a_m \rho_3 \Delta u + h_t a_m \rho_3 \delta \Delta t + h_p a_m \rho_3 \delta_p \Delta p, \quad (8)$$

где r – удельная теплоемкость испарения воды, $кДж/кг$;

ρ_3 – плотность абсолютно сухой части зерновки, $кг/м^3$;

R_3 – отношение объема сухого зерна к его поверхности, $м^3/м^2$;

λ – теплопроводность влажного зерна, $Bm/(m \cdot K)$;

Δt – градиент температуры;

h_u – энтальпия потока массы, перемещающегося за счет градиента влагосодержания, $Дж/кг$;

a_m – коэффициент потенциалопроводности;

Δu – градиент влагосодержания;

h_t – энтальпия потока массы, перемещающегося за счет градиента температуры, $Дж/кг$;

δ – коэффициент, учитывающий изменение коэффициента потенциалопроводности в зависимости от соотношения градиентов влагосодержания и температуры;

Δp – градиент давления;

h_p – энтальпия потока массы, перемещающегося за счет градиента давления, Дж/кг;

δ_p – коэффициент, учитывающий изменение коэффициента потенциалопродности в зависимости от соотношения градиентов влагосодержания и давлений.

Так как при сушке температура зерна обычно не превышает 60°C, то в дальнейших расчетах расход теплоты на нагрев зерна вследствие движущейся в нем массы влаги за счет градиента давления можно не учитывать. Приравнение правых частей уравнений (7) и (8) позволит получить уравнение баланса тепломассопереноса:

$$\alpha M_c C_{ac} (t_{ac} - t_3) = r \rho_3 R_3 \frac{du}{dt} + \lambda \Delta t + h_u a_m \rho_3 \Delta u + h_t a_m \rho_3 \delta \Delta t. \quad (9)$$

Уравнение (9) позволяет определить величину тепла, полученного от агента сушки и направленного непосредственно на испарение влаги, нагрев зерна и передвижение тепловых потоков за счет создающихся градиентов влагосодержания и температуры.

Выводы

Продолжительность времени сушки зерна определяется, в первую очередь, интенсивностью процесса удаления влаги, требуемым влагосъемом и свойствами зерна. Высота слоя зерна, высушиваемая агентом сушки, зависит от коэффициента массопередачи в газовой среде, величины удельной поверхности фазового контакта слоя зерна, массы прошедшего агента сушки и изменения его влагосодержания. Тепло, переданное агентом сушки зерну, расходуется на испарение влаги и нагрев зерна, создает градиенты влагосодержания и температуры как в слое, так и в отдельных зернах.

Библиография

1. Карпов, Б.А. Технология послеуборочной обработки и хранения зерна [Текст] / Б.А. Карпов. – М, Агропромиздат, 1987. – 288 с.
2. Гержой, А.П. Зерносушение и зерносушилки [Текст] / А.П. Гержой, В.Ф. Самочетов. – М: Колос, 1982. – 255 с.
3. Жидко, В.И. Зерносушение и зерносушилки [Текст] / В.И. Жидко, В.А. Резчиков, В.С. Уколов. – М, Колос, 1982. – 239 с.
4. Птицын, С.Д. Зерносушилки [Текст] / С.Д. Птицын. – М, Машиностроение, 1966. – 211 с.
5. Мальтри, В. Сушильные установки сельскохозяйственного назначения. [Текст] / В. Мальтри, Э. Петке, Б. Шнайдер. – М, Машиностроение, 1979. – 526 с.
6. Атаназевич, В.И. Сушка зерна [Текст] / В.И. Атаназевич. – М, Лабиринт, 1997. – 256 с.
7. Резчиков, В.А. Технология зерносушения [Текст] / В.А. Резчиков, О.Н. Налеев, С.В. Савченко. – Алма-Ата: Изд-во Алма-атинского технологического университета, 2000. – 363 с.
8. Малинин, Н.И. Энергосберегающая сушка зерна [Текст] / Н.И. Малинин. – М, Колос, 2004. – 239 с.
9. Olesen T. Grain drying. Thisted: IDEAS, 1987 – 262 p.

Введение

Транспортный процесс – это перемещение грузов на определенное расстояние. Кроме перемещения грузов для его осуществления необходимо произвести их погрузку и выгрузку. Производительность транспортных средств и величина простоя основной технологической машины во многом зависят от организации технологического процесса.

Основная часть

Время оборота (цикла) транспортного средства может быть представлено выражением

$$T_{\text{об}} = t_{\text{дв}} + t_{\text{дх}} + t_{\text{п}} + t_{\text{ож}} + t_1 + t_2,$$

где $t_{\text{дв}}$ – время движения транспорта с грузом от места погрузки до пункта разгрузки;

$t_{\text{дх}}$ – время движения без груза от пункта разгрузки к месту погрузки;

$t_{\text{п}}$ – затраты времени на погрузку;

$t_{\text{р}}$ – затраты времени на разгрузку;

t_1 – время ожидания погрузки;

t_2 – время ожидания разгрузки и взвешивания, а также оформления документации.

Продолжительность погрузки транспортного средства обычно зависит от его грузоподъемности и производительности погрузчика, т.е.

$$t_n = \frac{q\gamma}{W_n},$$

где q – номинальная грузоподъемность транспортного средства, m ;

γ – коэффициент использования грузоподъемности;

W_n – часовая производительность погрузчика, $m/ч$.

При работе транспортных средств с бункерными уборочными машинами время погрузки складывается из суммы времени выгрузки груза из n_b бункеров:

$$t_n = \frac{q\gamma}{W_b} = \frac{n_b q_b}{W_b} \quad \text{при} \quad q\gamma = n_b q_b,$$

где W_b – производительность выгрузного шнека, $m/ч$;

$q_b = V_b \cdot \rho$ – масса убираемого материала, вмещающегося в бункер уборочной машины, m ,

где V_b – объем бункера уборочной машины, m^3 ;

ρ – объемная масса груза в бункере, m/m^3 .

$n_b = q \cdot \gamma / q_b$ – число бункеров, выгружаемых в транспортное средство.

При погрузке транспортных средств время ожидания погрузки t_1 за счет рационального выбора количества транспортных средств может быть сведено к нулю или составлять небольшую часть времени.

Время простоев в ожидании погрузки при обслуживании бункерных машин зависит от количества бункеров, выгружаемых в транспортное средство, организации работы уборочных машин (индивидуальная, групповая) и способа разгрузки (с остановкой уборочной машины или на ходу).

При закреплении транспортного средства за одной уборочной машиной после выгрузки первого бункера транспорт простаивает и ожидает заполнения еще $(n_{\delta} - 1)$ бункеров, что может составлять до 30–50% и более времени смены. В этом случае время на погрузку и ее ожидание равно:

а) при выгрузке груза из бункера с остановкой

$$t_n + t_1 = \frac{n_{\delta} q_{\delta}}{W_{\delta}} + \frac{(n_{\delta} - 1) q_{\delta}}{W_{\hat{e}}} + t'_{i\alpha} ; \quad (1)$$

б) при выгрузке груза из бункеров на ходу

$$t_n + t_1 = \frac{n_{\delta} q_{\delta}}{W_{\delta}} + (i_{\delta} - 1) \left(\frac{q_{\delta} - \frac{q_{\delta}}{W_{\delta}} W_{\hat{e}}}{W_{\hat{e}}} \right) + t'_{i\alpha} , \quad (2)$$

где W_K – производительность уборочной машины, $m/ч$;

$t'_{ож}$ – время ожидания транспорта после его прибытия на поле до заполнения первого бункера, $ч$.

Если транспортное средство прибывает на поле, и бункер уборочной машины заполнен, то время ожидания заполнения отсутствует и $t'_{ож} = 0$.

Второе слагаемое уравнений (4) и (5) характеризует затраты времени на ожидание заполнения $(n_{\delta} - 1)$ бункеров, т.к. q_{δ} / W_K – время заполнения одного бункера убираемым материалом. При разгрузке на ходу $q_{\delta} \cdot W_K / W_{\delta}$ – количество материала, поступившего в бункер за время его выгрузки.

С целью снижения простоев транспортных средств и уборочных машин в ожидании погрузки и разгрузки целесообразно создавать уборочно-транспортные отряды, которые обслуживали бы несколько уборочных машин. В этом случае при обслуживании транспортом n уборочных машин время на погрузку с учетом ожидания:

а) при выгрузке убираемого материала из бункера на остановках

$$t_n + t_1 = \frac{n_{\delta} q_{\delta}}{W_{\delta}} + \frac{(n_{\delta} - 1) q_{\delta}}{i W_{\hat{e}}} + t'_{i\alpha} ; \quad (3)$$

б) при выгрузке на ходу

$$t_n + t_1 = \frac{n_{\delta} q_{\delta}}{W_{\delta}} + (i_{\delta} - 1) \left(\frac{q_{\delta} - \frac{q_{\delta}}{W_{\delta}} W_{\hat{e}} i}{i W_{\hat{e}}} \right) + t'_{i\alpha} , \quad (4)$$

где n – количество комбайнов, работающих в отряде.

Согласно уравнениям (1), (2), (3) и (4), при групповой работе уборочных машин второй член уравнений (3) и (4) снижается, т.е. уменьшается время ожидания погрузки. Снижение времени погрузки с учетом ожидания при групповом обслуживании уборочных машин, по сравнению с индивидуальным:

$$t_{\bar{m}} = \frac{q_{\delta}(n_{\delta}-1)(n-1)}{W_{\hat{e}} n},$$

где t_{cn} – величина уменьшения времени погрузки транспортного средства с учетом ожидания при групповой работе уборочных машин.

Обозначим $\dot{A} = \frac{n-1}{n}$, тогда

$$t_{cn} = A \frac{q_{\delta}(n_{\delta}-1)}{W_k}. \quad (5)$$

Из уравнения (5) видно, что величина t_{cn} прямо пропорциональна величине коэффициента A . Как показывает опыт работы комплексных технологических отрядов на уборке зерновых, уборочно-транспортные звенья целесообразно комплектовать из 3–4 зерноуборочных комбайнов. В этом случае коэффициент A приближается к оптимальному значению, и время на погрузку с учетом ожидания транспортных средств снижается до 75% по сравнению с обслуживанием одиночных машин.

Заключение

Приведенные аналитические зависимости позволяют рассчитать время на погрузку транспортных средств с учетом ожидания при обслуживании бункерных уборочных машин и способствуют отысканию путей совершенствования уборочно-транспортных процессов в сельскохозяйственном производстве.

Библиография

1. Новиков, А.В. Оптимизация количества транспортных средств в уборочно-транспортном отряде при заготовке силоса [Текст] / А.В. Новиков, Т.А. Непарко, Я.Н. Олякевич // Агроранорама – 2008. – № 4. С.12-14.
2. Шило, И.Н. Ресурсосберегающие технологии сельскохозяйственного производства [Текст] / И.Н. Шило, В.Н. Дашков. – Мн.: БГАТУ, 2003. – 183 с.

УДК 631.356.41

С.П. Кострома

*(РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

**ОБЗОР И АНАЛИЗ
СУЩЕСТВУЮЩИХ
КОНСТРУКЦИЙ
БОТВОУБОРОЧНЫХ
МАШИН И ИХ
РАБОЧИХ ОРГАНОВ**

Введение

Картофелеводство является трудоемкой и дорогостоящей отраслью – затраты труда на уборку и послеуборочную доработку картофеля составляют

почти 70% общих затрат на его возделывание. От качества работы картофелеуборочной и послеуборочной техники в значительной степени зависит себестоимость картофеля. На проведение уборки влияет уровень совершенства техники, технологий и способов предуборочного удаления ботвы картофеля.

Основная часть

На практике существует три способа удаления ботвы картофеля: химический, механический и комбинированный.

Химический способ удаления ботвы основан на применении гербицидов: реглон-супер ВР (2 л/га) – только для семенных посадок, харвейд 25F (3 л/га) – семенных и продовольственных посадок [2, с.176]. Для внесения гербицидов могут применяться опрыскиватели ОПШ-15, ОП-2000, V-600/12, RAU600, OM-630 [2, с.175]. При этом обработку необходимо проводить в сухие безветренные теплые дни. Обычно после химической обработки ботва высыхает за 6–9 дней. Однако из-за повышенных требований к ядохимикатам, высокой стоимости препарата и загрязнения окружающей среды этот способ в нашей республике применяется редко.

Механический способ удаления ботвы, основанный на динамическом воздействии различных рабочих органов непосредственно на ботву, нашел более широкое распространение в мире. Имеется целый ряд рабочих органов, которые могут выдергивать, скашивать или измельчать ботву картофеля.

В то же время на технические параметры и типы рабочих органов большое влияние оказывают физико-механические и технологические свойства растений, которые характеризуются количественными и размерно-весовыми показателями растения, его плотностью, влажностью, размещением и полеглостью. Так, в одном кусте картофеля может быть от 1 до 10 и более стеблей высотой 0,60–0,90 м и диаметром у основания 0,004–0,02 м. Кроме того, в некоторых случаях, необходимо учитывать еще и наличие сорняков, покрывающих картофельное поле [1, с.9].

В настоящее время при механической уборке картофеля применяются два способа удаления ботвы [1, с.56]: предварительное, за 10–15 дней перед уборкой клубней, и одновременное, в одном цикле с картофелеуборочными комбайнами.

При втором способе удаления ботва препятствует нормальной работе картофелеуборочных машин, она забивает рабочие органы, вызывая продолжительные простои, а попадая на отсеивающие приспособления, затрудняет отделение клубней. При этом следует отметить, что масса зеленой ботвы, проходящей через комбайн, составляет 20–30 т/га, а сухой ботвы, при предварительном удалении, – 2–3 т/га.

Поэтому наиболее целесообразной является уборка картофеля с предварительным удалением ботвы, что позволяет [3, с.173]:

- снизить нагрузку на сепарирующие органы уборочных машин, повысив их производительность и уменьшив потери клубней;

- регулировать физиологическое созревание клубней и сроки их уборки;
- уменьшить повреждаемость клубней на всех стадиях движения «поле – потребитель»;
- предотвратить поражение клубней болезнями.

По данным Л.С. Колотова наиболее интенсивное отмирание ботвы происходит при комбинированном способе, включающем в себя механический и химический, когда скашивание начинают за 5–7 дней до начала уборки [4, с.177]. Такой способ позволяет полностью уничтожить ботву при меньшем расходе химических препаратов.

В таблице 19 приведены сравнительные показатели снижения урожая, повреждения и потерь клубней в зависимости от сроков и способов предуборочного удаления ботвы [4, с.177].

Таблица 19 – Сравнительные показатели снижения урожая, повреждения и потерь клубней картофеля в зависимости от сроков и способов предуборочного удаления ботвы

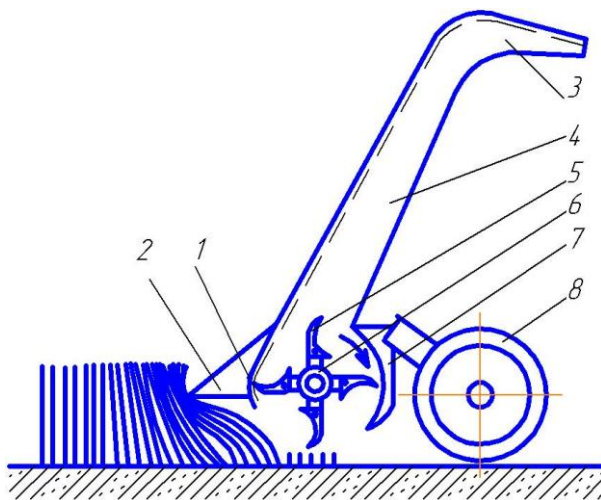
Показатели	Способ удаления ботвы									
	Механический					Комбинированный				
Число дней от удаления ботвы до уборки	21	16	11	7	4	21	16	11	7	4
Снижение урожая, %	8	6	4,5	3	2	5,7	3,5	3	1,7	1,5
Чистота клубней, %	95	94	94	94	92	98	97	97	96	94
Повреждение клубней, %	14,3	17,2	19,5	21,1	23,7	9,2	12,4	14,0	15,1	19,7

Из таблицы 19 видно, что комбинированный способ удаления ботвы обеспечивает более высокий рост физиологической зрелости клубней и образование кожицы, и, в итоге, меньшие повреждения и потери клубней на всех стадиях пути «поле – потребитель». Этот способ приемлем, если расходы, связанные с выполнением дополнительной операции – химической обработки по удалению ботвы, перекроют экономический эффект от снижения повреждений и потерь клубней, что достигается на практике очень редко.

Поэтому механическое предуборочное удаление ботвы, которое мало зависит от текущих погодных условий, состояния стеблей картофеля, наличия сорняков и их видового состава, является на современном этапе наиболее предпочтительным.

Для предварительного механического удаления ботвы картофеля применяются машины двух типов: ботвоизмельчители (ботводробители, срезающие аппараты), разбрасывающие ботву по полю, и ботвоуборочные машины, собирающие ее в бункер [1].

Для измельчения и сбора ботвы применяются ботвоуборочные машины КИР-1,5 и УДБ-3, где в качестве ботвоизмельчающего рабочего органа используется ротор с горизонтальной осью вращения.



1 – неподвижный нож; 2 – передний щит; 3 – отражатель; 4 – дефлектор; 5 – качающиеся ножи; 6 – барабан; 7 – задний щиток; 8 – опорное колесо

Рисунок 70 – Технологическая схема работы косилки КИР-1,5

ются в бункер или тележку. Выгружается масса из бункера путем его опрокидывания.



Рисунок 71 – Ротор косилки-измельчителя КИР-1,5

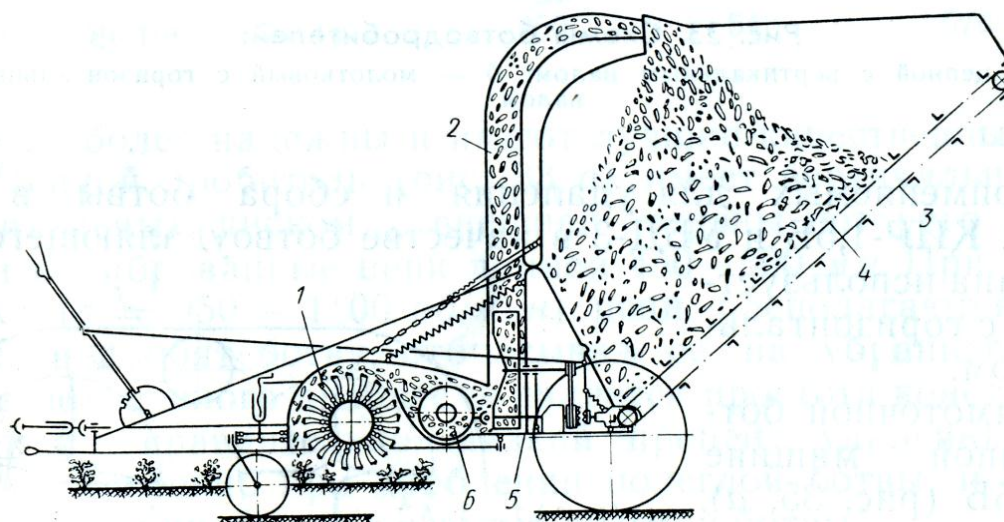
Технологический процесс косилки-измельчителя КИР-1,5 (рисунок 70) осуществляется следующим образом. При движении косилки передний щит наклоняет стебли вперед, а ножи, шарнирно закрепленные на барабане, вращаясь со скоростью 40 м/с, срезают их и подают вверх через зазор между неподвижным ножом, где стебли дополнительно измельчаются и, обладая определенным запасом кинетической энергии, движутся по дефлектору вверх, а оттуда с помощью отражателя направляются в бункер или тележку. Выгружается масса из бункера путем его опрокидывания.

Ротор косилки КИР-1,5 (рисунок 71) представляет собой барабан диаметром 0,3 м, на поверхности которого по винтовой линии шарнирно в четыре ряда, на втулках, при помощи болтов закреплено 28 ножей лопаточного типа.

Недостатками машины КИР-1,5 являются: низкий процент удаления ботвы (60–70%) из-за невозможности захвата расположенной в междурядьях ее части; повышенная нагрузка на дробильный аппарат, в результате чего часто ломаются ножи, нарушается динамическая уравновешенность ротора; низкое качество измельчения массы.

Технологический процесс универсальной ботвоуборочной машины УБД-3 (рисунок 72), основными рабочими органами которой являются бита, шнек, бункер и выгрузной элеватор, состоит в том, что ботва картофеля молотками дробителя измельчается, подается на шнек и далее в швырялку, которая через дефлектор направляет ее в бункер. Выгружается масса из бункера с помощью скребкового транспортера [1].

Ротор ботвоизмельчающей машины УБД-3 (рисунок 73) представляет собой вал с шарнирно закрепленными по винтовой линии 30-ю молоточками, на периферии которых крепятся стрельчатые ножи. Окружная скорость ножей достигает 40 м/с.



1 – дробитель; 2 – выгрузной элеватор; 3 – скребковый транспортер;
4 – бункер; 5 – швырялка; 6 – шнек

Рисунок 72 – Технологическая схема работы машины УБД-3

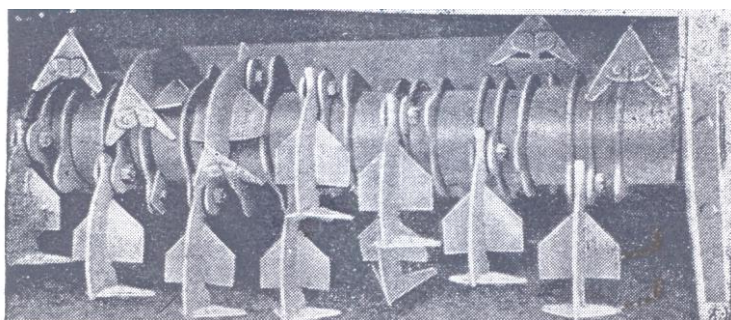
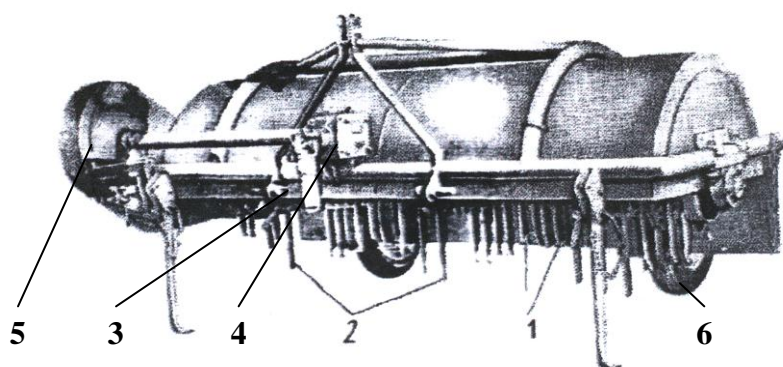


Рисунок 73 – Ротор ботвоуборочной машины УБД-3

Достоинством конструкции является наличие в машине шнека и швырялки, которые позволяют часть нагрузки с дробильного рабочего органа снимать. Но, в то же время, это усложняет конструкцию, увеличивая массу и снижая производительность из-за необходимости очистки шнека и швырялки, особенно при уборке полуотмершей ботвы.



1 – короткие билы; 2 – длинные билы; 3 – карданная передача;
4 – конический редуктор; 5 – клиноременная передача;
6 – опорные колеса

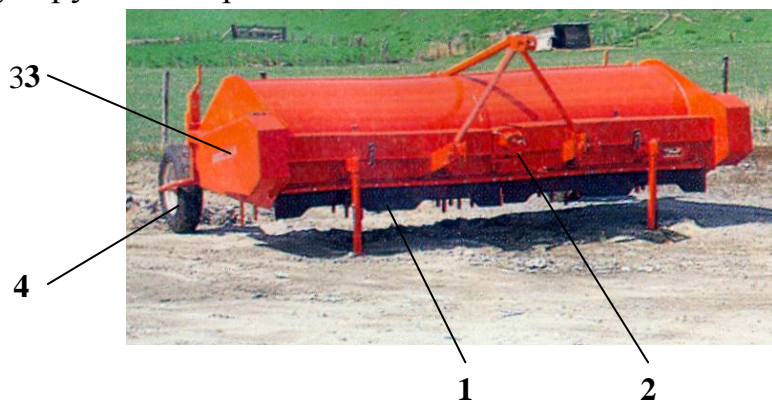
Рисунок 74 – Ботводробитель БД-4 АО «Рязсельмаш» (Россия)

При этом, как и у косилки КИР-1,5, у машины низкий процент удаления ботвы (60–70%) из-за невозможности захвата полегшей ботвы в междурядьях, поэтому она не нашла широкого применения.

Российская фирма АО «Рязсельмаш» выпускает ботводробители БД-2-70, БД-4

(рисунок 74) и БД-6, которые позволяют измельчать ботву с 2-х, 4-х или 6-ти

рядков с междурядьем 70 см и разбрасывать ботву по полю. Конструкция машин состоит в том, что ботводробители крепятся на сварной трубчатой раме и закрываются кожухом, имеют короткие и длинные билы из полосовой стали, соответствующие профилю гребней. Окружная скорость длинных бил достигает 30 м/с. Привод рабочих органов осуществляется от ВОМ трактора через карданную, коническую и клиноременную передачи. Высота среза ботвы регулируется опорными колесами.

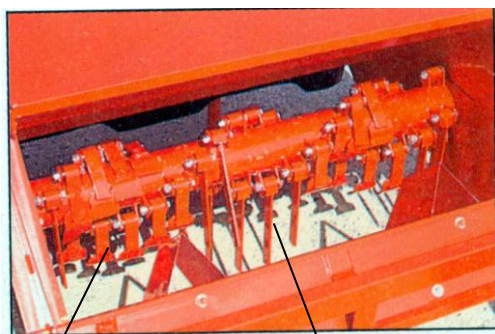


1 – вал бильного механизма; 2 – конический редуктор;
3 – клиноременная передача; 4 – опорные колеса

**Рисунок 75 – Ботводробитель ЛК-4
фирмы «Амас» (Голландия)**

Голландская фирма «Амас» выпускает ботводробители ЛК-2 и ЛК-4 (рисунок 75), предназначенные для удаления и измельчения ботвы с 2-х или 4-х рядков с междурядьем 75 см. Особенностью ботводробителя ЛК-4 являются два вала бильного механизма, которые приводятся в движение независимо друг от друга через две клиноременные передачи от ВОМ трактора через карданную передачу и конический редуктор. Высота среза ботвы регулируется при помощи опорных колес.

При движении ботводробителя ЛК-4 ротор (рисунок 76), оснащенный ножами различной длины и конфигурации, своими короткими ножами криволинейной формы срезает ботву и отбрасывает ее к щиткам машины, которые направляют срезанную и измельченную ботву в междурядье. При этом длинные ножи, движущиеся в междурядьях и имеющие прямолинейную форму, измельчают ботву и оставляют ее в междурядьях. Достоинством конструкции является подвеска ножей на валу, которая способствует перемещению каждого ножа как в продольном, так и в поперечном направлении и позволяет им отклоняться при встрече с камнями и препятствиями. Процент удаления ботвы достигает 85%.



1 – короткие криволинейные ножи;
2 – длинные прямоугольные ножи

**Рисунок 76 – Рабочий орган
ботводробителя ЛК-4**

При движении ботводробителя ЛК-4 ротор (рисунок 76), оснащенный ножами различной длины и конфигурации, своими короткими ножами криволинейной формы срезает ботву и отбрасывает ее к щиткам машины, которые направляют срезанную и измельченную ботву в междурядье. При этом длинные ножи, движущиеся в междурядьях и имеющие прямолинейную форму, измельчают ботву и оставляют ее в междурядьях. Достоинством конструкции является подвеска ножей на валу, которая способствует перемещению каждого ножа как в продольном, так и в поперечном направлении и позволяет им отклоняться при встрече с камнями и препятствиями. Процент удаления ботвы достигает 85%.

способствует перемещению каждого ножа как в продольном, так и в поперечном направлении и позволяет им отклоняться при встрече с камнями и препятствиями. Процент удаления ботвы достигает 85%.

Аналогичный по конструктивному исполнению ботводробитель KS-300 выпускает фирма «Grimme» (Германия) (рисунок 77).

В то же время у ботводробителей RSK 2000 фирмы «Rumtstad» (Германия), UN-3604 фирмы «Kverneland» (Норвегия) и LKB 320 (рисунок 78) фирмы «Baselier» (Словакия) внутри рамы за рабочими органами устанавливается ботвоудаляющий транспортер для выноса и укладки измельченной массы ботвы в междурядье.



Рисунок 77 – Ботводробитель KS-300 фирмы «Grimme» (Германия)



Рисунок 78 – Ботводробитель LKB 320 фирмы «Baselier» (Словакия)

Однако дополнительный ботвоудаляющий транспортер усложняет конструкцию, увеличивая металлоемкость машины и ее стоимость.

Заключение

Проведенный анализ машин для предварительного механического удаления ботвы картофеля показал, что наиболее полное удаление ботвы в рядках и междурядьях возможно только с применением рабочих органов, копирующих рельеф профиля гребня.

В настоящее время в используемых ботвоизмельчающих машинах в мировой практике нашли применение, в основном, роторные рабочие органы дробильного и срезающего действия, которые наиболее конструктивно просты, надежны в работе и имеют высокую производительность, причем дробильные – более надежны, а срезающие имеют лучшее качество работы.

Библиография

1. Петров, Г.Д. Картофелеуборочные машины [Текст] / Г.Д. Петров: учебник. – 2-е изд.– М.: Машиностроение, 1984. – 320 с.
2. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур [Текст]: сборник отраслевых регламентов / Ин. аграрной экономики НАН Беларуси; рук. разраб. В.Г. Гусаков [и др.]. – Мн.: Бел. наука, 2005. – 460 с.
3. Картофель [Текст] / Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. Д. Шпаара. – Мн., 1999. – 272 с.
4. Верещагин, Н.И. Комплексная механизация возделывания, уборки и хранения картофеля [Текст] / Н.И. Верещагин, К.А. Пшеченков. – М.: Колос, 1977. – 352 с.

УДК [(631.362.3:635.21):001.891.54]

А.Л. Рапинчук, Д.И. Комлач
*(РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СЕПАРАЦИИ ПОЧВЕННОКЛУБНЕВОЙ МАССЫ ВИНТОВЫМИ ВОРОХООТДЕЛИТЕЛЯМИ

Введение

Прогресс сельскохозяйственного машиностроения, создание новых, более совершенных технологий и машин, повышение качества и экономичности работы техники должны базироваться на изучении технологических процессов, протекающих в обрабатываемых материалах под воздействием рабочих органов.

В современном мире построение и анализ математических моделей с использованием вычислительной техники дает большие возможности прогнозирования параметров и режимов работы проектируемых машин, обеспечивая требуемое качество, производительность и энергоемкость технологических процессов.

Целью исследования является установление закономерностей изменения показателей эффективности функционирования сельскохозяйственных машин, оснащенных рабочими органами с винтовыми поверхностями, в зависимости от их параметров и режимов работы.

Объекты и методы исследований

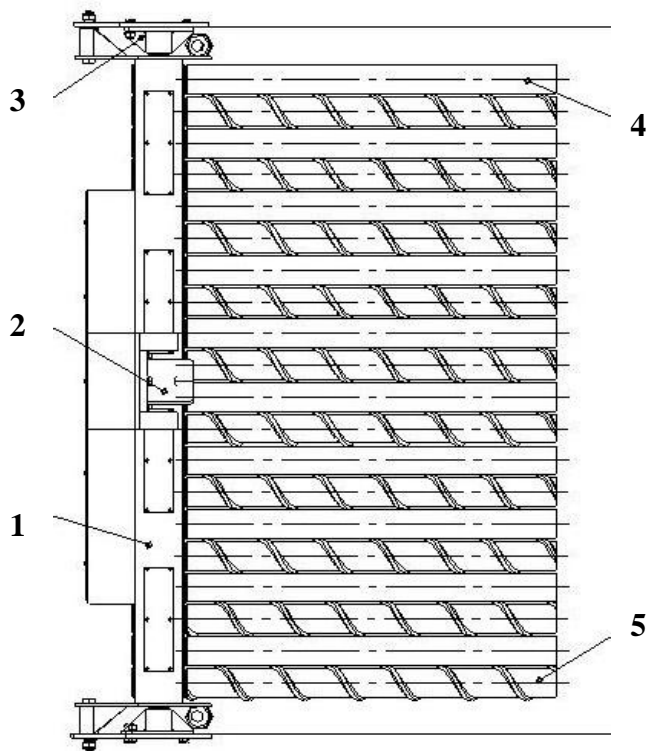
Объектом исследований являлся макетный образец винтового ворохоотделителя, который изучали для определения оптимальных параметров и режимов работы узла в условиях сортировки картофеля из буртов и уборки.

На основе проведенных теоретических расчетов по определению основных конструктивных параметров и режимов работы винтового ворохоотделителя был спроектирован и изготовлен макетный образец установки ворохоотделителя. При проектировании также учитывались требования планирования эксперимента, т.е. были изготовлены сменные вальцы с покрытием из стали, резины и полимера, регулировался зазор между вальцами и их частота вращения, менялся угол наклона вальцов.

Рабочий орган макетного образца винтового ворохоотделителя (рисунок 79) состоит из рамы 1, гидромотора 2, крепежного механизма 3, гладких вальцов 4 и вальцов со спиральными выступами 5, составленными попеременно.

В ходе экспериментальных исследований предстояло выявить оптимальные режимы функционирования рабочих органов макетного образца винтового ворохоотделителя, соответствующие агротребованиям, предъявляемым к данным устройствам.

Качество работы ворохоотделителя определяем по чистоте продукта на выходе из агрегата и по количеству поврежденных клубней.



1 – рама; 2 – гидромотор; 3 – крепежный механизм; 4 – гладкие вальцы; 5 – вальцы со спиральными выступами

Рисунок 79 – Рабочий орган макетного образца винтового ворохоотделителя

Чистота клубней на выходе (y_1) в нашем случае является параметром оптимизации, повреждения клубней (y_2) – ограничением.

$y_{1max} = 1$ – при 100% чистоте клубней;

$y_{2min} = 0$ – при отсутствии повреждений.

Качество работы ворохоотделителя будет наилучшим в том случае, если на выходе клубни имеют 100% чистоту и остаются без повреждений, т.е.

$$y_{1_0} = 1; \quad y_{2_0} = 0.$$

При выборе факторов оптимизации учитываем, что они должны непосредственно воздействовать на изучаемый объект, быть действительно независимыми, изменяемыми и управляемыми. Исходя из этих требований, в качестве

факторов оптимизации выбираем: материал вальцов (x_1), продольный угол наклона вальцов (x_2), частоту оборотов вальцов (x_3), зазор между вальцами (x_4).

Предполагаем, что в оптимальной области значение параметра оптимизации с изменением режимов работы ворохоочистителя изменяется, скорее всего, нелинейно. Поэтому для математического описания объекта исследования применим планирование второго порядка. Предполагаем, что модель в общем случае может иметь вид:

$$y = b_0 + \sum_{1 \leq i \leq k} b_i x_i + \sum_{1 \leq i \leq j \leq k} b_{ij} x_i x_j + \sum_{1 \leq i \leq k} b_{ii} x_i^2, \quad (1)$$

где y – величина отклика;

b_i, b_{ij}, b_{ii} – оценки коэффициентов модели;

k – число факторов.

Для построения модели (1) предложено большое число планов. С целью получения максимума информации при минимальных затратах времени и средств на эксперимент предлагается симметричный некомпозиционный план Бокса-Бенкена. Факторы в этом случае варьируются на трех уровнях (0; ± 1). Планы представляют собой комбинации двухуровневых ($-1; +1$) полных фак-

торных экспериментов с неполноблочными сбалансированными планами (таблица 20).

Таблица 20 – Симметричный некомпозиционный план Бокса-Бенкена

Число факторов, k	Матрица планирования				План для факторов, имеющих уровни ± 1	Число опытов		
	x_1	x_{21}	x_3	x_4		В выборке из плана 3^k	На нулевом уровне	Всего
4	± 1	± 1	0	0	2^2	24	3	27
	0	0	± 1	± 1				
	± 1	0	0	± 1				
	0	± 1	± 1	0				
	± 1	0	± 1	0				
	0	± 1	0	± 1				
	0	0	0	0				

Перед проведением эксперимента выбираем базовые уровни и интервалы варьирования факторов, количество параллельных опытов в каждой точке плана и порядок его реализации.

Условия опытов (таблица 21) выбраны неслучайно, теоретические расчеты по определению режимов работы ворохоотделителя позволяют считать, что исходный уровень уже находится в области оптимума. Опыты не дублировались, поскольку центральный опыт повторяли трижды.

Таблица 21 – Уровни варьирования факторов

Факторы	Коэффициент трения движения вальца с картофелем, x_1	Продольный угол наклона вальцов, ($^\circ$), x_2	Частота вращения вальцов, c^{-1} , x_3	Зазор между вальцами, мм, x_4
Основной уровень x_{i0}	0,4	5	8,3	16
Интервалы варьирования Δx_i	0,2	5	0,8	4
Верхний уровень $x_i = +1$	0,6	10	9,1	20
Нижний уровень $x_i = -1$	0,2	0	7,5	12

Планы Бокса-Бенкена симметричны, поэтому расчет коэффициентов модели (1) можно вести по формулам:

$$b_o = c_1 \sum_{u=1}^N y_u - c_2 \sum_{i=1}^k \sum_{u=1}^N x_{i_u}^2 y_u; \quad b_i = c_3 \sum_{u=1}^N x_{i_u} y_u; \quad b_{ij} = c_4 \sum_{u=1}^N (x_i x_j) y_u;$$

$$b_{ii} = c_5 \sum_{u=1}^N x_{i_u}^2 y_u + c_6 \sum_{i=1}^k \sum_{u=1}^N x_{i_u}^2 y_u - c_2 \sum_{u=1}^N y_u.$$

А их дисперсии и среднеквадратические ошибки рассчитываются по формулам:

$$S_{b_o}^2 = c_1 S_{\delta}^2; \quad S_{b_o} = c_7 S_{\delta}; \quad S_{b_i}^2 = c_3 S_{\delta}^2; \quad S_{b_i} = c_8 S_{\delta};$$

$$S_{b_{ij}}^2 = c_4 S_{\sigma}^2; \quad S_{b_{ij}} = c_9 S_{\sigma}; \quad S_{b_{ii}}^2 = (c_5 + c_6) S_{\sigma}^2; \quad S_{b_{ii}} = c_{10} S_{\sigma}.$$

Вспомогательные константы c_i подсчитаны ранее [1] и для плана Бокса-Бенкена при числе факторов $k = 4$:

$$c_1 = 0,33333; \quad c_2 = 0,16667; \quad c_3 = 0,08333; \quad c_4 = 0,25000; \quad c_5 = 0,12500; \\ c_6 = 0,06250; \quad c_7 = 0,57735; \quad c_8 = 0,28867; \quad c_9 = 0,50000; \quad c_{10} = 0,43301.$$

Тройное повторение опыта на основном уровне позволяет рассчитать дисперсию опытов:

$$S_y^2 = \frac{\sum_{g=1}^{n_o} (y_{og} - \bar{y}_o)^2}{f_1},$$

где y_{og} – результат g -го дубля (повтора) опыта в центре плана;

\bar{y}_o – среднее арифметическое значение всех n_o дублей центрального опыта;

$f_1 = n_o - 1$ – число степеней свободы.

Далее проводим проверку значимости коэффициентов модели. Для этого сравниваем абсолютную величину коэффициента с его доверительным интервалом, рассчитываемым по формуле:

$$\Delta b_i = t_{\alpha f_1} \cdot S_{b_i},$$

где $t_{\alpha f_1}$ – критерий Стьюдента, берется из таблицы в зависимости от уровня значимости α и числа степеней свободы f_1 при определении дисперсии опыта;

S_{σ}^2 ; S_{b_i} – среднеквадратические ошибки в определении коэффициента регрессии.

Коэффициент считается статистически значимым, когда его абсолютная величина больше доверительного интервала или равна ему:

$$|b_i| \geq \Delta b_i, \text{ или } |b_i| \geq t_{\alpha; f_1} S_{b_i}.$$

Поскольку планы Бокса-Бенкена не ортогональны, после расчета доверительных интервалов оценок коэффициентов и проверки их статистической значимости, исключить из модели коэффициенты b_o и b_{ii} без пересчета остальных нельзя. Исключение же коэффициентов b_i и b_{ij} не требует пересчета остальных.

Гипотезу об адекватности модели проверяем с помощью F -критерия (критерия Фишера). Его расчетное значение определяем по формуле:

$$F_{f_2; f_1}^{расч.} = \frac{S_{ад}^2}{S_y^2},$$

где S_y^2 – дисперсия опыта, определенная с f_1 – числом степеней свободы;

S_{ad}^2 – дисперсия неадекватности, равная:

$$S_{ad}^2 = \frac{n_o (y_{o_{расч.}} - \bar{y}_o)^2 + \sum_{u=1}^{N-n_o} (y_{u_{расч.}} - y_{u_{эксп.}})^2}{f_2},$$

где $y_{u_{расч.}}$ и $y_{u_{эксп.}}$ – значения отклика в u -м опыте, рассчитанные по уравнению регрессии и определенные экспериментальным путем;

n_o – число дублируемых опытов в центре плана;

$y_{o_{расч.}}$ и \bar{y}_o – значения отклика в центре плана, рассчитанные по уравнению регрессии и определенные экспериментально;

f_2 – число степеней свободы, определяемое как

$$f = N - K^1,$$

где K^1 – число оставленных коэффициентов уравнения (включая b_o);

N – число опытов плана.

Гипотезу об адекватности уравнения принимаем в том случае, если рассчитанное значение F -критерия не превышает табличного для выбранного уровня значимости, то есть когда $F^{расч.} \leq F^{табл.}$.

Результаты исследований

В результате проведенных экспериментальных исследований макетного образца винтового ворохоотделителя было получено уравнение, связывающее чистоту выхода вороха клубней с основными параметрами и режимами работы отделителя в условиях уборки картофеля:

$$y_1 = 95,64 + 1,61x_1 - 0,78x_2 + 0,94x_4. \quad (2)$$

Анализ модели показывает, что на чистоту выхода вороха (при условиях уборки картофеля) оказывают влияние три параметра:

- материал поверхности винтовых роликов;
- продольный угол наклона роликов;
- зазор между роликами.

С увеличением коэффициента трения поверхности покрытия ролика увеличивается степень очистки вороха; увеличение продольного угла наклона роликов ведет к снижению чистоты очистки; увеличение зазора между роликами также увеличивает степень очистки картофеля.

Вместе с тем, полученное уравнение зависимости повреждений картофеля от основных параметров и режимов работы винтового ворохоотделителя

$$y_2 = 1,67 + 1,3x_1 + 1,22x_4 + 0,64x_3^2 + 1,01x_4^2 \quad (3)$$

показывает, что с увеличением коэффициента трения поверхности ролика, увеличением зазора и частоты вращения увеличивается количество поврежденных клубней.

Анализируя уравнения (2) и (3), получаем, что оптимальными параметрами, обеспечивающими лучшее качество очистки вороха при минимальных повреждениях, являются значения факторов x_3 (частота вращения роликов) и x_2 (продольный угол наклона вальцов) на основных уровнях:

$$\begin{aligned}x_2 &= 0; x_2 = 5^{\circ}; \\x_3 &= 0; x_3 = 8,3 \text{ c}^{-1}.\end{aligned}$$

Действительно, в модели (2) отсутствует коэффициент b_3 , а в модели (3) коэффициент b_2 , а также эффекты взаимодействия этих факторов как между собой, так и с остальными. В то же время, в модели (2) есть коэффициент b_2 , причем величина его отрицательна, поэтому с увеличением значения угла наклона уменьшается степень очистки клубней; а в модели (3) есть коэффициент b_3 , показывающий, что введение в модель значений факторов на уровнях $x_3 = \pm 1$ всегда будет приводить к росту повреждений клубней.

Отсюда оптимальными уровнями являются: $x_2 = x_3 = 0$.

Уровни $x_2 = x_3 = 0$ вводятся в модели (2) и (3). Получаем уравнения, связывающие степень очистки вороха и долю повреждений клубней только со свойствами материала покрытия роликов (x_1) и зазора между ними (x_4):

$$\begin{aligned}y_1 &= 95,64 + 1,61x_1 + 0,94x_4; \\y_2 &= 1,67 + 1,3x_1 + 1,22x_4 + 1,01x_4^2.\end{aligned}$$

В условиях сортировки картофеля из буртов получено уравнение, связывающее частоту выхода вороха клубней с основными параметрами и режимами работы винтового ворохоотделителя:

$$y_1 = 96 + 7,5x_1 - 0,44x_2 + 0,97x_4 - 7,0x_4^2. \quad (4)$$

Анализ модели показывает, что на частоту выхода вороха, как и в условиях уборки, значимое влияние оказывают три параметра:

- материал поверхности роликов;
- продольный угол наклона роликов;
- зазор между роликами.

Анализ зависимости повреждений картофеля от основных параметров и режимов работы винтового ворохоотделителя

$$y_2 = 1,44 + 1,3x_1 + 0,33x_3 + 1,14x_4 + 0,37x_1^2 + 0,42x_2^2 + 0,83x_3^2 + 0,87x_4^2 \quad (5)$$

показывает, что так же, как и в случае уборки картофеля, с увеличением коэффициента трения поверхности ролика, увеличением зазора и частоты вращения растет количество поврежденных клубней.

Анализируя совместно уравнения (4) и (5), получаем, что оптимальными параметрами, обеспечивающими лучшее качество очистки вороха при минимальных повреждениях, являются значения факторов x_3 (частота вращения роликов) и x_2 (продольный угол наклона вальцов) на основных уровнях:

$$\begin{aligned}x_2 &= 0; x_2 = 5^{\circ}; \\x_3 &= 0; x_3 = 8,3 \text{ c}^{-1}.\end{aligned}$$

Действительно, в модели (4) отсутствует коэффициент b_3 , а в модели (5) коэффициент b_2 , а также эффекты взаимодействия этих факторов как между собой, так и с остальными. В то же время, в модели (4) есть коэффициент b_2 , причем величина его отрицательна, поэтому с увеличением значения угла наклона уменьшается степень очистки клубней; а в модели (5) есть коэффициент b_3 , показывающий, что введение в модель значений факторов на уровнях $x_3 = \pm 1$ всегда будет приводить к росту повреждений клубней.

Отсюда оптимальными уровнями являются: $x_2 = x_3 = 0$.

Уровни $x_2 = x_3 = 0$ вводим в модели (4) и (5). Получаем уравнения, связывающие степень очистки вороха и долю повреждений клубней только со свойствами материала покрытия роликов (x_1) и зазора между ними (x_4):

$$y_1 = 96 + 7,5 x_1 + 0,97 x_4 - 7,0 x_4^2;$$

$$y_2 = 1,44 + 1,3 x_1 + 1,14 x_4 + 0,37 x_1^2 + 0,87 x_4^2.$$

Заключение

1. Разработанные математические модели зависимостей интенсивности сепарации фракций вороха и повреждений клубней от параметров рабочих органов ротационных ворохоочистителей, а также проведенные исследования дают основания для разработки эффективных рабочих органов.

2. Анализ полученных моделей показывает, что на чистоту выхода вороха значимое влияние оказывают:

- свойства материала поверхности роликов;
- продольный угол наклона роликов;
- зазор между роликами.

На долю повреждений картофеля влияют:

- свойства материала поверхности роликов;
- частота вращения роликов;
- зазор между роликами.

3. При сортировке картофеля из буртов изменение свойств материала оказывает большое влияние на степень очистки. Увеличение продольного угла наклона роликов ведет к снижению частоты очистки, но в меньшей степени, чем в условиях уборки. Увеличение зазора при сортировке меньше влияет на степень очистки вороха, чем при уборке картофеля. В случае сортировки изменение материала покрытия и частоты вращения оказывает большее влияние на количество поврежденных клубней, чем при уборке картофеля.

Библиография

1. Новик, Ф.С. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов [Текст] / Ф.С. Новик, Я.Б. Арсов. – М.: Машиностроение, 1980. – С.238-245.
2. Ящерицын, П.И. Планирование эксперимента в машиностроении [Текст] / П.И. Ящерицын, Е.И. Махаринский. – Мн.: Выш. шк., 1985. – С.165-168.

УДК 631.358:633.521

В.Г. Самосюк, В.П. Чеботарев

(РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь);

М.М. Ковалев

(ГНУ ВНИПТИМЛ Россельхозакадемии, г.Тверь, Россия)

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РАЗДЕЛЬНОЙ УБОРКИ ЛЬНА

Введение

Увеличение производства конкурентоспособной продукции льноводства невозможно без повышения технологического уровня отрасли. Назрела необходимость рассмотреть стратегию и тактику технологизации льноводства.

Под технологизацией инженерно-технической сферы в льняном подкомплексе АПК мы понимаем достижение наиболее полного соответствия технических средств требованиям технологий в целом и отдельных технологических операций при условии минимизации эксплуатационных издержек для последовательного наращивания объемов производства конкурентоспособной отечественной льнопродукции.

Деструктивные явления в отечественном льноводстве можно преодолеть, лишь интенсивно осваивая результаты научно-технического прогресса в отрасли и переводя ее на современные технологии. Это предполагает решение следующих задач:

- повышение урожайности и качества льнопродукции на основе использования машинных технологий, адаптированных к конкретным почвенно-климатическим и хозяйственным условиям;
- снижение энергопотребления и трудозатрат за счет использования высокопроизводительной техники и ресурсосберегающих технологий;
- обеспечение устойчивости производства льнопродукции.

Стратегическое развитие льняного аграрного комплекса на современном этапе должно определяться преобразованием машинно-технологической базы отрасли, разработкой и освоением высокоэффективных природоохранных машинных технологий производства льнопродукции с различным уровнем интенсивности, в зависимости от зон производства и других факторов, гарантирующих устойчивость производства [1-2].

В настоящее время в странах СНГ основной является технология комбайновой уборки, главный недостаток которой заключается в противоречии двух производственных целей: выработки высококачественного льноволокна и получения высококачественных льносемян. Это обусловлено тем, что физиологическая спелость волокна и семян наступает в разное время, а сами семена из-за разных сроков образования семенных коробочек на стеблях созре-

вают одновременно. Это противоречие усиливается неправильной организацией уборочных работ и несовершенством уборочной техники. В результате качество льносемян и волокнистой продукции получается низким.

Из-за низкой всхожести и урожайности льносемян практически все льносеющие хозяйства вынуждены производить пригодные для посева семена. Но для этого уборку льна необходимо проводить, по крайней мере, в конце фазы желтой спелости, когда основная масса семян полностью созреет. В связи с тем, что влажность семенных коробочек в фазе желтой спелости в среднем в 2 раза ниже, чем в ранней желтой, стремление к экономии жидкого топлива на сушку вороха также вынуждает сдвигать технологию комбайновой уборки льна на более поздние сроки. Однако удлинение сроков уборки за счет увеличения численности льнокомбайнов экономически нецелесообразно, так как сокращение сроков технологии комбайновой уборки приведет к соответствующему сокращению сроков подъема льнотресты и потребует адекватного увеличения численности пресс-подборщиков, погрузчиков и транспортных средств.

Удлинение сроков уборки целесообразно, но в случае ее более раннего начала, чтобы не допустить общего сокращения резерва времени для проведения уборочных работ. Этого можно достигнуть, если теребление посевов начинать по технологии отдельной уборки. Хотя эксплуатационные затраты на работу льнотеребилки и подборщика-очесывателя лент льна в расчете на 1 га льна несколько выше, чем на работу льнокомбайна, при отдельной технологии уборки достигается значительная экономия затрат на сушку и переработку льняного вороха.

Эффект повышения качества льнопродукции при применении технологии отдельной уборки обеспечивается за счет повышения всхожести семян на 8–12% и качества волокна (рисунок 80 и 81) в результате уборки посевов в фазе ранней желтой спелости, а также вылежки льносолумы в тресту в оптимальных условиях.

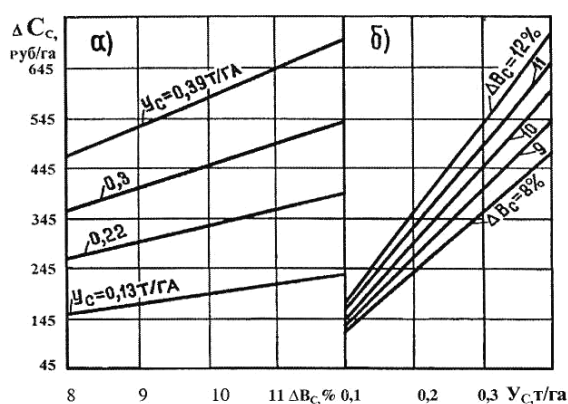


Рисунок 80 – Зависимость прироста стоимости ΔC_c льносемян от повышения их всхожести ΔB_c – (а) и урожайности U_c – (б). Средняя стоимость посевных семян выход-

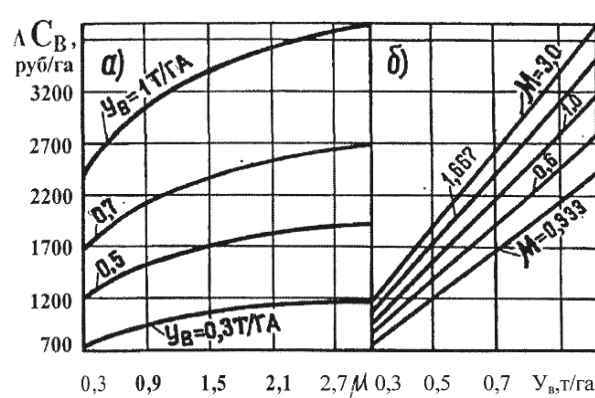


Рисунок 81 – Зависимость прироста стоимости ΔC_b волокнистой продукции от коэффициента μ – (а) и урожайности волокна U_b – (б); μ – отношение массы длинного волокна к мас-

ной репродукции (класс II посевного стандарта) 15 тыс. российских руб. за 1 т се короткого волокна в его общей массе с 1 га

Затраты на получение волокна мало зависят от качества льносырья, стоимость же произведенного волокна тем выше, чем выше качество льнотресты. Прирост его стоимости отражает эффект от роста качества льнопродукции. Следовательно, для увеличения прироста стоимости льносемян и волокнистой продукции применение технологии отдельной уборки оправдано. Для достижения этой цели необходимо повышать урожайность и качество льносырья, а также массу длинного волокна при его переработке на льнозаводах, применяя интенсивные и высокие технологии производства. Увеличение массы длинного волокна может быть обеспечено как за счет переработки высококачественного льносырья, так и совершенствования технологии и оборудования для выработки длинного волокна.

Если при наступлении фазы ранней желтой спелости 7–10 дней стоит дождливая погода, не позволяющая начать уборочные работы, а затем значительная часть дней из-за существенных осадков также непригодна для уборки, применение технологии отдельной уборки становится проблематичным.

Наиболее рациональной является технология комбинированной уборки, когда при достижении посевами льна ранней желтой спелости сначала применяется технология отдельной уборки, с переходом, по мере достижения культурой конца желтой или полной спелости, на технологию комбайновой уборки.

Условием применения технологии комбинированной уборки льна-долгунца является его возделывание льносеющими хозяйствами в достаточно крупных масштабах.

Количество технических средств для технологии отдельной уборки должно быть рассчитано примерно на 70% уборочной площади. Вместе с тем численность льнокомбайнов в хозяйствах уменьшать нельзя, хотя это и приводит к увеличению затрат за счет возрастания суммы амортизации.

Важной задачей при разработке технологии комбинированной уборки льна-долгунца является определение очередности применения технологий комбайновой и отдельной уборки, их соотношение в различных погодных ситуациях. Для этого проведен анализ и сопоставлена экономическая эффективность обеих технологий.

Преимущество технологии отдельной уборки перед комбайновой при уборке посевов в фазе ранней желтой спелости обусловлено, прежде всего, снижением издержек на сушку и переработку льняного вороха.

Сравнительная эффективность технологий отдельной и комбайновой уборки определяется показателями энергоемкости технологических операций на уборке льна-долгунца и эксплуатационными издержками, приведенными в таблице 22.

В зависимости от урожайности волокна и семян общая сумма затрат при отдельной уборке в расчете на один гектар меньше, чем при комбайновой, даже если при сушке и переработке вороха после льнокомбайна используется сепаратор вороха.

Таблица 22 – Основные показатели разных вариантов комбинированной уборки льна-долгунца

Соотношение технологий уборки	Урожайность, ц/га			
	семена 1,3 волокно 3,0	семена 2,5 волокно 5,0	семена 3,0 волокно 7,0	семена 3,9 волокно 9,0
<i>Энергоемкость, МДж/га</i>				
30% отдельной, 70% комбайновой	4056	5718	6412	7661
50% отдельной, 50% комбайновой	3953	5376	5988	7065
70% отдельной, 30 % комбайновой	3884	5112	5626	6549
<i>Эксплуатационные затраты, российских руб./га</i>				
30% отдельной, 70% комбайновой	4225	5072	5426	6062
50% отдельной, 50% комбайновой	4466	5244	5548	6097
70% отдельной, 30% комбайновой	4802	5415	5670	6116

При урожайности льносемян 0,25–0,3 т/га и полном обеспечении отрасли посевным материалом, дополнительно полученные семена могут быть реализованы лишь по цене технических. Цена определяется стоимостью семян масличного льна и находится на уровне 9–10 тыс. российских руб. за тонну. Таким образом, при технологии комбайновой уборки в фазе ранней желтой спелости наращивание урожайности льносемян становится невыгодным. Чем больше их будет получено, тем больше будет убыток. Применение технологии отдельной уборки снимает препятствие на пути интенсификации отрасли, обеспечивая на этапе уборки экономическую эффективность наращивания урожайности льносемян.

При разделении льносеющих хозяйств на семеноводческие, которые при урожайности семян 0,4–0,5 т/га полностью обеспечивали бы отрасль посевным материалом, и хозяйства, занимающиеся лишь производством волокнистой продукции, есть возможность произвести необходимое количество посевного материала на площади, равной примерно 25–30% от общей площади посева льна.

Для гарантированного получения кондиционных семян в целях простого воспроизводства посевных площадей льна-долгунца 25–30% площади лучших посевов необходимо убирать в состоянии полной спелости культуры льноком-

байнами. Это позволит также предотвратить заражение семян болезнями при осуществлении уборки в неблагоприятную погоду.

Расчеты показывают, что даже при использовании традиционной технологии, если урожайность льнотресты составит $2,5 \text{ т/га}$, а семян – $0,3 \text{ т/га}$, себестоимость 1 т льносемян не превысит $10,7$ тыс. российских руб./ т .

Решение проблемы обеспечения отрасли высококачественными семенами позволит повысить урожайность и исходное качество волокнистой продукции, что поспособствует росту эффективности технологизации на этапе уборки.

В настоящее время, когда появляется дефицит посевных льносемян, необходимо также учесть косвенный экономический эффект, который будет получен в результате устранения этого дефицита за счет:

- ускорения сортообновления и сортосмены;
- оптимизации (увеличения) норм высева;
- повышения посевных свойств семян в связи с появлением возможности отбора на посевные цели лучших партий;
- повышения адаптационных возможностей технологий за счет применения раздельной уборки.

Технология комбинированной уборки основана на применении в зависимости от сроков созревания льна и погодной ситуации раздельной и комбайновой уборки. Она позволяет начать работы на 8–12 дней раньше сроков комбайновой уборки и примерно в полтора раза увеличить резерв уборочного времени, в течение которого не происходит снижение качества волокнистой продукции, связанного с перестоем посевов на корню. Увеличивается и резерв времени для своевременного подъема вылежавшейся льнотресты. В результате обеспечивается повышение качества льнотресты на 1–2 номера в сравнении с использованием технологии комбайновой уборки.

Необходимо проведение, как минимум, двукратного оборачивания лент в процессе вылежки льносолумы в тресту. При высоком уровне урожайности этот технологический прием является обязательным. Он обеспечивает повышение качества льнотресты примерно на 1 номер.

Не менее важен своевременный подъем льнотресты сразу же после завершения процесса вылежки, по возможности, непосредственно из лент, что достижимо при обеспеченности рулонными пресс-подборщиками до 3–4 *шт.* на 100 га посевов льна. Из-за несвоевременного подъема тресты ее качество снижается примерно на 1 номер. Как видно из таблицы 22, достаточно высокий уровень рентабельности может быть достигнут при производстве льнотресты по высокой технологии и переработке ее на высокотехнологичном оборудовании.

Для технического обеспечения технологических комплексов нового поколения необходимо создать: самоходные подборщик-очесыватель лент льна и рулонный пресс-подборщик льнотресты, молотилку льняного вороха, высокотехнологичное оборудование для переработки льнотресты с использованием однопроцессной мяльно-трепальной машины повышенной производительности.

Выводы

Таким образом, основное применение в Республике Беларусь и Российской Федерации должна получить технология комбинированной уборки льна-долгунца, базирующаяся на сочетании технологий отдельной и комбайновой уборки. Это соотношение может составить 70% отдельной и 30% комбайновой уборки. При этом для получения кондиционных семян и обеспечения воспроизводства посевных площадей технология комбайновой уборки должна осуществляться в стадии полной спелости льна. Основная цель технологии отдельной уборки – получение высококачественного волокна.

Главным препятствием для внедрения технологии отдельной уборки является отсутствие высокопроизводительного подборщика-очесывателя лент льна. Поэтому усилия ученых, инженеров и конструкторов в первую очередь должны быть направлены на решение этой проблемы.

Библиография

1. Боярченкова, М.М. Эффективность отдельной технологии уборки льна-долгунца [Текст] / М.М. Боярченкова, В.П. Понажев, М.М. Ковалев. // Селекция, семеноводство, агротехника, экономика и первичная обработка льна-долгунца: науч. тр./ ВНИИЛ. Вып. 30. Т.2. – Торжок, 2002. – С.47-51.
2. Черников, В.Г. Экологически безопасные технологии возделывания, уборки и первичной переработки льна-долгунца [Текст] / В.Г. Черников // Техника в сельском хозяйстве. – 1994. – № 6.

УДК 677.051:004

И.Е. Бобровская, В.Н. Перевозников

*(РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУБД ДЛЯ АНАЛИЗА ТЕНДЕНЦИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА СЛОЕФОРМИРОВАНИЯ ЛЬНОТРЕСТЫ

Введение

В соответствии с СТБ 1180-99 [1], разработка любого объекта техники – машины или технологического процесса, должна начинаться с проведения патентных исследований, одной из задач которых является исследование тенденций совершенствования разрабатываемого объекта.

Наиболее полное представление о тенденциях совершенствования разрабатываемого объекта дает анализ описаний изобретений и полезных моделей. Однако при этом приходится обрабатывать большой массив информации. Задача усложняется из-за патентов-аналогов, то есть патентов, выданных на одно и то же изобретение тому же заявителю в разных странах. В этом случае чрезвычайно важно упорядочить данные таким образом, чтобы легко и быстро получать нужные сведения в систематизированном по заданным критериям

виде. Решение этой задачи упрощается использованием информационных технологий (ИТ), в частности систем управления базами данных (СУБД).

В настоящее время патентные ведомства практически всех стран имеют свои базы данных патентных документов. Однако ни одна из баз данных БД не позволяет оперативно получать информацию, необходимую для анализа тенденций развития технологий и техники: решаемых задач, способов их решения и т.д.

Объекты и методы исследований

В лаборатории механизации возделывания, уборки и переработки льна РУП "Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства" в настоящее время разрабатывается новая слоеформирующая машина. Машина предназначена для создания непрерывного, равномерного по толщине слоя льнотресты для последующей ее обработки в мяльно-трепальном агрегате.

В ходе поиска, проведенного по имеющимся в Интернете базам данных патентных ведомств наиболее развитых в техническом отношении льноперерабатывающих стран (Беларусь, Бельгия, Великобритания, Германия, Канада, Китай, Нидерланды, Россия, США, Украина, Франция, Чехия), было выявлено более ста описаний изобретений и полезных моделей устройств и способов, аналогичных разрабатываемой машине и выполняемому ей технологическому процессу. Обработка такого массива информации традиционными методами достаточно затруднительна. Поэтому для решения поставленной задачи нами была использована СУБД Microsoft Access, входящая в пакет Microsoft Office и являющаяся одним из самых популярных приложений в семействе настольных СУБД. Access имеет в своем арсенале средства, значительно упрощающие ввод и обработку данных, их поиск и предоставление информации в виде таблиц, графиков и отчетов [2].

В имеющихся базах данных патентных ведомств отсутствуют такие критерии поиска, как решаемые задачи, способы их решения, поиск по ключевым словам в тексте описания. Кроме того, описания изобретений и полезных моделей представлены, как правило, в графических форматах *.pdf или *.tif, что затрудняет извлечение необходимой информации из этих файлов в текстовом формате. Поэтому нами была создана собственная оригинальная база данных (БД) изобретений и полезных моделей способов и устройств для формирования слоя стеблей лубяных культур (индекс рубрики МПК8 D01B 1/32), в которой отсутствуют названные недостатки. Достоинством этой БД является то, что она позволяет оперативно получать необходимую информацию в систематизированном виде для анализа тенденций совершенствования процесса слоеформирования льнотресты. В БД также имеется возможность статистической обработки запрашиваемой информации в автоматическом режиме и представления ее в графическом виде.

В основу базы данных положена таблица со следующими полями:

- страна выдачи патента или авторского свидетельства;
- номер охранного документа;
- вид охранного документа (патент на изобретение, авторское свидетельство, заявка и т. д.);
- номер заявки;
- дата подачи заявки;
- дата публикации;
- название изобретения, полезной модели;
- заявитель;
- авторы;
- задача или цель изобретения;
- реферат или формула изобретения;
- рисунок.

Фрагмент основной таблицы базы данных представлен на рисунке 82.

Помимо основной таблицы создано несколько подчиненных таблиц, упрощающих ввод данных в базу, сформулированы запросы на выборку необходимых сведений о внесенных в базу изобретениях: страна, заявитель, автор, задача (цель), годы подачи заявки и выдачи охранного документа, ключевое слово. Для просмотра искомой информации разработаны оригинальные формы отчетов, позволяющие получать данные как в табличном виде, так и в графическом.

Код	Страна	Номер	Буква	Дата публин	Название	Заявитель	Автор	21	Дата	Реферат	Цель
1	SU	644876	АС	30.01.1979	Устройство , Псковское маи	А.Н. Лукинов.	2418202/28-		25.10.1976	Устройство д	упрощение мон
2	RU	2296826	С1	10.04.2007	Устройство , Государственн	А.С. Антонов	2005126989/		26.08.2005	Устройство д	Увеличение вых
3	RU	2049165	С1	27.11.1995	Способ форм	Костромской тг	Б.И. Смирнов.	4933099/12	30.04.1991	Имеется допс	Создание равно
4	RU	2220234	С1	27.12.2003	Слоеформир	Костромской тг	В.А. Дьячков.	2002113594/	24.05.2002	Технической	Обеспечение бо
5	SU	1796681	А1	23.02.1993	Устройство , Белорусский н	Е.В. Кислов.	Л 4898321/12		02.01.1991	На выходе из	Повышение каче
6	SU	1689448	А1	07.11.1991	Устройство , Всесоюзный н	А.С. Пузанов.	4735514/12		07.08.1989	Изобретение	Улучшение каче
7	SU	1675414	А1	07.09.1991	Способ форм	Костромской тг	А.Н. Пигалов.	4499583/12	01.10.1988	Стебли. наход	Улучшение каче
8	SU	1663065	А1	15.07.1991	Устройство , научно-произв	В.А. Ярмоленк	4709056/12		23.06.1989	Изобретение	Повышение каче
9	SU	1622434	А1	23.01.1991	Устройство , Костромской тг	В.В. Коновалов	4649046/12		13.02.1989	Позволяет по	Повышение равн
10	SU	1395698	А1	15.05.1988	Устройство , Центральное н	С.В.Я. Ярмоленк	4109190/28-		15.06.1986	Устройство пс	Повышение прои
11	SU	1388475	А1	15.04.1988	Устройство , Пентапольне с	В.А. Ярмоленк	4004734/28-		07.01.1986	Изобретение	Повышения нал

Рисунок 82 – Таблица базы данных

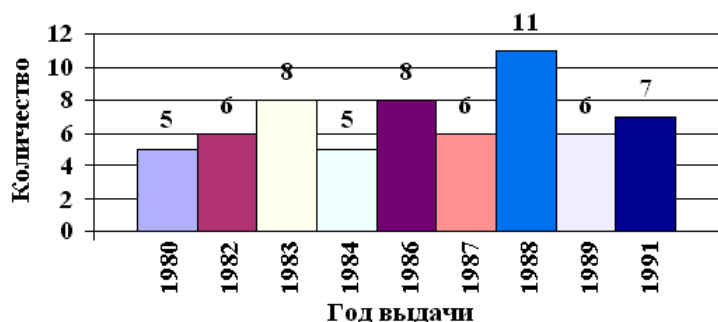


Рисунок 83 – Количество выданных охранных документов по годам

Использование разработанной БД показано на следующих примерах. На рисунке 83 приведена форма отчета по запросу о количестве выданных охранных документов по годам. Для оптимизации объема выводимой информации пользователь может указать граничные условия выборки. Эта возможность в БД предусмотрена. Так, в данном примере введено ограничение на выборку тех лет, в которых количество выданных документов было не менее пяти.

Из диаграммы видно, что пик изобретательской активности при совершенствовании слоеформирующих машин приходится на восьмидесятые годы прошлого столетия. В то время проблемам возделывания и переработки льна уделялось большое внимание. Объемы производства льна значительно превышали существующие. Хотя в это время уже серийно выпускалась слоеформирующая машина МФС-1Л, более совершенная, чем предшествующая ей СМК, но и она не в полной мере удовлетворяла требования промышленности. Велись работы по созданию машины ПЛ, которая наряду с машиной МФС-1Л до сих пор применяется на льнозаводах Беларуси.

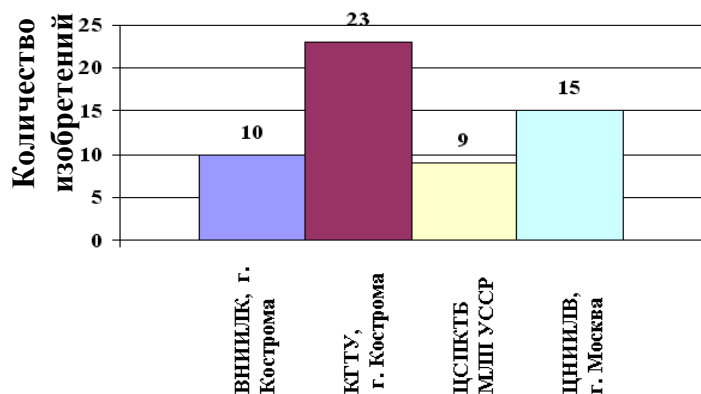


Рисунок 84 – Ведущие организации по разработке слоеформирующих машин

Запрос на поиск в БД организаций, лидирующих по количеству изобретений слоеформирующих машин, позволил получить результат, представленный на рисунке 84. Наибольшее количество разработок приходится на Костромской государственный технологический университет, при котором существует кафедра по подготовке специалистов для первичной переработки льна, и многие из выпускников этой кафедры работают во Всероссийском НИИ лубяных культур. Центральный научно-исследовательский институт промышленности лубяных волокон (ЦНИИЛВ, ныне ЦНИИЛКА) является старейшим институтом, созданным для решения проблем льняной отрасли.

Результаты исследований

Использование разработанной БД показано на следующих примерах.

На рисунке 83 приведена форма отчета по запросу о количестве выданных охранных документов по годам. Для оптимизации объема выводимой информации

Наиболее интересно применение СУБД для определения задач, решаемых в разрабатываемой машине и ее конструкции. При их анализе запрос к базе данных дал следующие результаты:

Решаемая задача	Количество изобретений
- повышение качества (равномерности) слоя	56
- повышение надежности машины	16
- повышение производительности	10

Результаты позволяют сделать вывод о приоритетных проблемах, которые следует решать при разработке новой машины. Как показывает опыт эксплуатации существующих слоеформирующих машин, их недостатки действительно располагаются в том же порядке по значимости. Причины этому следующие: от качества сформированного слоя льнотресты во многом зависит выход длинного волокна, определяющий технико-экономические показатели льнозавода в целом. От надежности слоеформирующей машины зависит время и количество простоев, что оказывает влияние на пропуск льнотресты и на объем получаемой продукции. Повышение производительности слоеформирующей машины в настоящее время неактуально, так как она соответствует производительности смежного оборудования технологической линии выработки длинного льноволокна.

Созданная БД позволяет произвести классификацию изобретений рабочих органов, основных элементов конструкции. Запрос на выборку наиболее распространенных типов технических решений – горстеотделителей и дисковых, дал следующие результаты:

- горстеотделители	17
- дискового типа	74

<i>Страна</i>	RU
<i>Номер охран. документа</i>	2309201
<i>Вид документа</i>	C1
<i>Дата публикации</i>	27.10.2007
<i>Название</i>	Устройство для формирования слоя стеблей лубяных культур
<i>Заказчик</i>	Государственное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт по переработке лубяных культур" (Костромской научно-исследовательский институт льняной)
<i>Автор</i>	С.И. Антонов
<i>Номер заявки</i>	2006105350/12
<i>Дата заявки</i>	20.02.2006
<i>Реферат (формула)</i>	Устройство для формирования слоя стеблей лубяных культур, включающее дозатор, слоеутоняющий механизм, датчик и регулятор скорости и вращения зубчатых дисков, при этом регулятор установлен после слоеутоняющего механизма и включает в себя дозирующий и приемные диски, неподвижный и подвижные ползки, последний из которых связан с системой автоматического регулирования скорости всех рабочих органов устройства, находящимся по ходу движения материала до данного регулятора. Использование данного устройства обеспечивает увеличение выхода длинного волокна за счет создания равномерного по плотности слоя стеблей перед его механической обработкой
<i>Задача (цель)</i>	Увеличение выхода длинного волокна за счет создания равномерного по плотности слоя стеблей перед его механической обработкой.

Рисунок

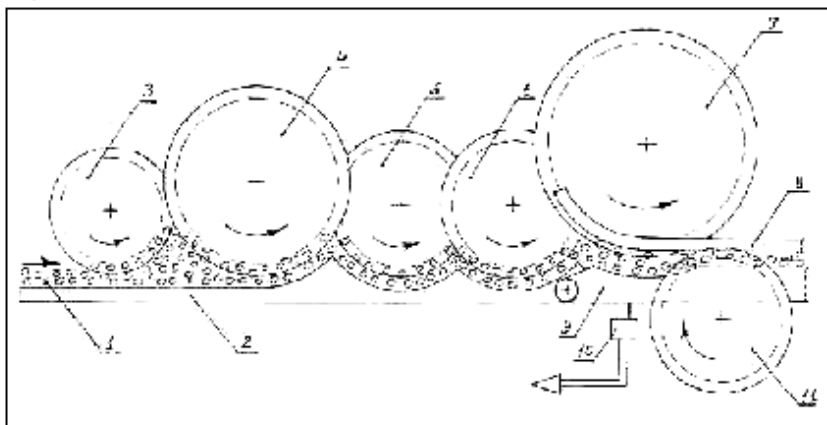


Рисунок 85 – Форма отчета по документу отчета по конкретному техническому решению, содержащая все его данные.

Такое соотношение справедливо, так как горстеотделители имеют значительно меньшую производительность, обладая цикличностью работы. Машины же дискового типа обеспечивают поточность производства при удовлетворительном формировании слоя.

Помимо перечисленных возможностей созданная база данных позволяет вывести на печать информацию, удовлетворяющую заданным условиям.

При необходимости можно вывести полное описание технического решения.

На рисунке 85 представлена форма

Заключение

Разработана база данных изобретений и полезных моделей способов и устройств для формирования слоя стеблей лубяных культур, позволяющая оперативно получать необходимую информацию в систематизированном виде.

Приведены примеры использования БД для статистической обработки информации и анализа тенденций совершенствования процесса слоеформирования льнотресты.

Созданная база данных по слоеформирующей машине постоянно пополняется, создается раздел других источников научно-технической информации. Разрабатываются также базы данных на другие технологические процессы и оборудование для уборки и переработки льна.

Библиография

1. СТБ 1180-99. Патентные исследования. Содержание и порядок проведения [Текст]; введ. 01.10.99. – Мн.: Госстандарт, 1999. – 18 с.
2. Microsoft Access 2000. Шаг за шагом [Текст]: практ. пособ.: пер. с англ. – М.: ЭКОМ, 2002. – 33 с.

УДК 677.051.38 (088.8)

**И.Е. Бобровская, В.Н. Перевозников,
Е.В. Кислов**

*(РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

**ВЛИЯНИЕ
ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ
ЗУБА ДИСКОВ
СЛОЕФОРМИРУЮЩЕЙ
МАШИНЫ НА
НЕРАВНОМЕРНОСТЬ
СЛОЯ ЛЬНОТРЕСТЫ**

Введение

Одним из важнейших недостатков, характеризующих работу слоеформирующих машин, является неравномерность по толщине выходящего из машины слоя льнотресты, определяющая в значительной степени дальнейшие результаты переработки льнотресты на мяльно-трепальном агрегате [1]. Неравномерное по толщине распределение снижает эффективность мятья и трепания и способствует попаданию длинного волокна в отходы из-за недостаточного зажима сырья в местах перехода от толстого слоя к тонкому [2]. Необходимо сформулировать условия, при которых неравномерность слоя при утонении остается минимальной. Одно из условий предполагает совпадение осевой линии зуба подающего диска с проекцией движения вершины утоняющего зуба на плоскость первого. Это должно обеспечить деление площади между зубьями питающего диска на равные части. Результат может быть получен, если допустить, что зубья не имеют толщины.

В действительности же профиль зуба и его геометрические параметры: угол наклона осевой линии зуба к радиусу, угол между плоскостями зуба,

толщина зуба при вершине, – оказывают влияние на неравномерность слоя в слоеформирующей машине.

Целью работы стало определение зависимости неравномерности слоя льнотресты от геометрических параметров зубьев дисков слоеформирующей машины.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований являлся слой льнотресты, создаваемый слоеформирующей машиной. Основной его характеристикой служила неравномерность по толщине.

Толщина слоя при прочих равных условиях (диаметр и длина стеблей) характеризуется количеством стеблей, приходящихся на единицу длины слоя. В свою очередь, в [3] доказано, что количество стеблей, размещаемых во впадине слоеутоняющего диска, пропорционально площади этой впадины. Следовательно, решение задачи по определению количественного распределения стеблей по впадинам дисков сводится к решению геометрической задачи деления площади впадины, образуемой зубьями на диске, то есть выяснению, в каком соотношении делится на части площадь впадины подающего диска зубьями диска утоняющего.

При исследованиях исходили из рекомендуемого варианта [4] деления площади впадины для достижения наименьшей неравномерности получаемого слоя – деления ее на две части и совпадения осевой линии зуба подающего диска с проекцией движения вершины зуба утоняющего в плоскости первого при их взаимном вращении.

Задача решается более просто, если рассчитать площадь впадины, образованную осевыми линиями двух смежных зубьев, а затем из каждой ее половины вычесть попадающую в нее часть площади зуба.

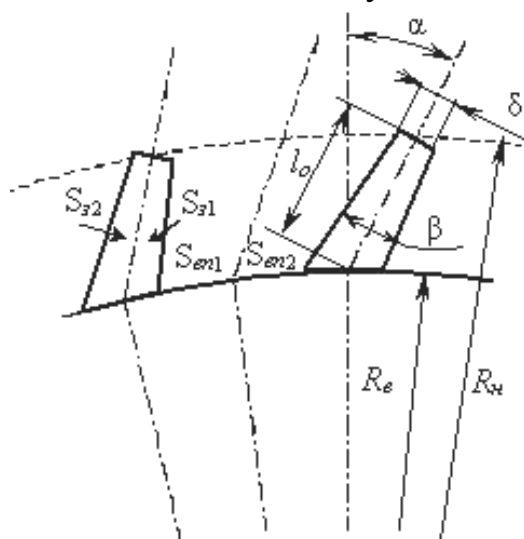


Рисунок 86 – Расчетная схема

длежащему через ее основание, толщину зуба при вершине δ и угол между плоскостями зуба β .

Результаты исследований

Для расчета брали профиль зуба, представляющий собой усеченную по нижнему основанию равнобокую трапецию (рисунок 86). Зуб треугольной формы, применяемый во многих слоеформирующих машинах, является частным случаем этой трапеции.

В качестве исходных данных для расчета принимали внутренний R_e и наружный R_n радиусы диска, число зубьев на диске Z , угол наклона α осевой линии зуба к радиусу диска, проходящему через ее основание,

С некоторыми допущениями неравномерность слоя можно оценить как абсолютную величину разности между площадями фигур, на которые делится впадина подающего диска парой смежных зубьев диска утоняющего, выраженную в процентах от половины ее площади. Математически это запишется:

$$N = 2 \frac{|S_1 - S_2|}{S} \cdot 100, \quad (1)$$

где S – площадь впадины между зубьями подающего диска, равная:

$$S = \frac{\pi(R_n^2 - R_g^2)}{Z} - S_3;$$

S_1, S_2 – площади частей впадины подающего диска, на которые она делится зубом утоняющего диска, соответственно определяемые зависимостями

$$S_1 = \frac{S}{2} - S_{31}, \quad S_2 = \frac{S}{2} - S_{32}, \quad (2)$$

где S_3, S_{31}, S_{32} – площади зуба подающего диска и частей, на которые он делится осевой линией.

Площади S_{31} и S_{32} , лежащие по разные стороны от его оси EF , приближенно представляют собой четырехугольники, и для нахождения их площадей достаточно найти площади составляющих их треугольников по известным формулам [5] (рисунок 87).

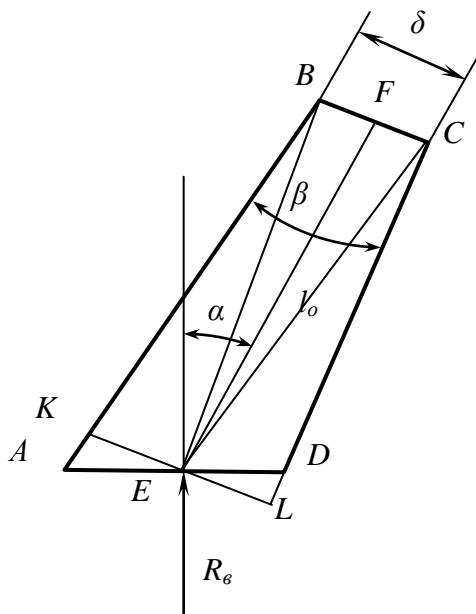


Рисунок 87 – Схема расчета площади зуба

$$S_{31} = S_{ABE} + S_{BFE}; \quad (3)$$

$$S_{32} = S_{CDE} + S_{FCE}; \quad (4)$$

$$S_{BFE} = S_{FCE} = \frac{1}{2} BF \cdot EF; \quad (5)$$

$$S_{ABE} = \frac{1}{2} AE \cdot BA \cdot \sin \angle BAE; \quad (6)$$

$$S_{CDE} = \frac{1}{2} ED \cdot CD \cdot \sin \angle EDC. \quad (7)$$

Выразив стороны и углы треугольников через исходные данные, получим:

$$BF = \frac{\delta}{2}; \quad EF = l_0,$$

где l_0 – длина осевой линии зуба, которая рассчитывается по формуле

$$l_0 = \sqrt{R_n^2 - R_g^2 \sin^2 \alpha} - R_g \cos \alpha;$$

$$AE = \frac{\delta \cos(\beta/2 + \alpha)}{2 \sin \alpha} + l_0 \operatorname{tg}(\beta/2);$$

$$BA = \frac{l_0}{\cos(\beta/2)} + \frac{\delta}{2} + \frac{l_0 \operatorname{tg}(\beta/2) \sin \alpha}{\cos(\beta/2 + \alpha)};$$

$$\sin \angle BAE = \cos\left(\frac{\beta}{2} + \alpha\right);$$

$$ED = \frac{\delta \cos(\beta/2)}{2 \sin \alpha} + \frac{l_o \sin(\beta/2)}{\cos(\beta/2 - \alpha)};$$

$$CD = \frac{l_o}{\cos(\beta/2)} - \frac{\delta}{2} - \frac{l_o \operatorname{tg}(\beta/2) \sin \alpha}{\cos(\beta/2 - \alpha)};$$

$$\sin \angle EDC = \cos\left(\frac{\beta}{2} - \alpha\right).$$

Последовательно подставляя полученные значения сторон и углов треугольников соответственно в (5-7, 3-4) с учетом (2, 3), вычисляли неравномерность слоя льнотресты по (1).

Как видно из полученных зависимостей, вычисление неравномерности слоя – процесс довольно трудоемкий, а сами зависимости не дают представления о влиянии тех или иных параметров зуба и самого диска на неравномерность слоя. Поэтому для упрощения расчета и анализа результатов была написана программа на языке VBA, имеющемся в пакете Microsoft Word.

Программа позволяет рассчитывать неравномерность слоя при утонении его в одной паре дисков, а также площади зуба, впадины и частей, на которые она делится, для значений как дискретных исходных данных, так и изменяющихся в широком диапазоне с любым шагом. Это дает возможность оценить влияние всевозможных комбинаций этих данных на рассчитываемые величины. Результаты расчета представляются в виде, удобном для дальнейшей графической интерпретации.

На рисунке 88 показано диалоговое окно программы для ввода исходных данных и таблица результатов выполнения программы. В качестве примера произведен расчет неравномерности слоя при различных параметрах зубьев в результате утонения в первой паре зубчатых дисков, аналогичных по размерам и числу зубьям дисков слоеформирующей машины ПЛ, выпускаемой ОАО «Завод им. Г.К. Королева» (г. Иваново) и применяемой на льнозаводах республики.

Графическая зависимость неравномерности слоя после утонения одной парой зубчатых дисков по результатам расчетов показана на рисунке 89.

На рисунке 89 видно, что при выполнении условия совпадения проекции траектории движения зуба утоняющего диска с осевой линией зуба подающего диска неравномерность слоя минимальна только при значениях угла между плоскостями зуба, угла наклона осевой линии зуба к радиусу диска и толщины при вершине, близких к нулю. С увеличением этих параметров неравномерность слоя после утонения возрастает.

В данном примере была рассмотрена модель утонения слоя и образования при этом неравномерности в одной ступени слоеформирующей машины. Учитывая, что машина содержит несколько таких ступеней утонения, на каждой из них неравномерность еще более будет увеличиваться.

Результаты расчета								
Угол наклона, α	Угол между плоскостями, β	Толщина зуба, δ	Площадь зуба, мм ²	Площадь впадины, мм ²	Коэффициент использования зубчатого венца	Площадь I части, мм ²	Площадь II части, мм ²	Неравномерность по толщине, %
0	0	0	0	5340	0,9996	2670	2670	0
0	0	2	156	5184	0,9704	2592	2592	0
0	0	4					2514	0
0	0	6					2436	0
0	0	8					2358	0
0	0	10					2280	0
0	4	0					2564	0
0	4	2					2486	0
0	4	4					2408	0
0	4	6					2330	0
0	4	8					2252	0
0	4	10					2174	0
0	8	0					2458	0
0	8	2	581	4760	0,8911	2380	2380	0
0	8	4	727	4604	0,8610	2302	2302	0

Исходные данные

Внутренний диаметр диска, мм:

Наружный диаметр диска, мм:

Число зубьев, шт.:

	Начальное значение	Шаг изменения	Число шагов
Угол наклона оси зуба, град.	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="5"/>
Угол при вершине зуба, град.	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="5"/>
Толщина зуба при вершине, мм	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="5"/>

Рисунок 88 – Диалоговое окно программы с фрагментом результатов расчета неравномерности слоя

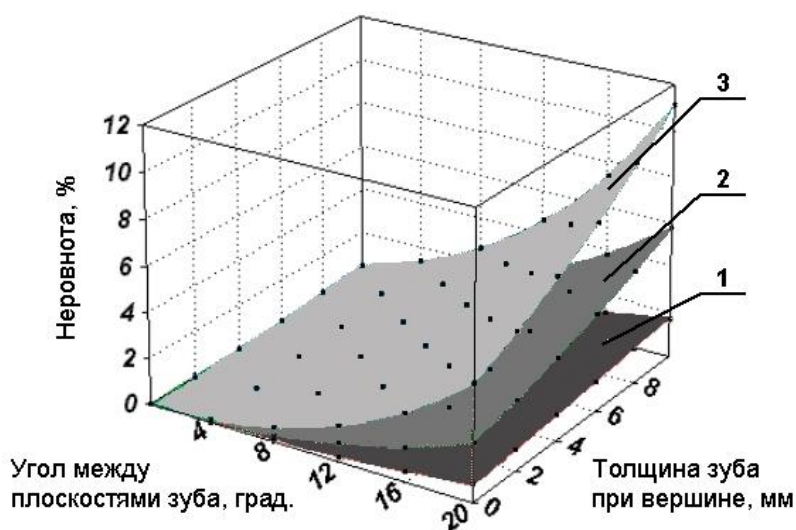


Рисунок 89 – Влияние параметров зуба на неравномерность при угле наклона осевой линии зуба к радиусу диска: 1–5°; 2–15°; 3–25°

Используя описанную выше программу, анализировали неравномерность слоя, создаваемую слоеформирующей машиной ПЛ. Машина имеет пять ступеней утонения с коэффициентом деления в каждой ступени, равным 2. Следовательно, стебли, содержащиеся в каждой впадине первого подающего диска, в процессе утонения должны распределиться в $n = 2^5$ впадинах последнего утоняющего диска, т.е. разделиться на 32 части.

На рисунке 90 показано, в каком соотношении, в долях от общего их количества, распределяются стебли во впадинах последнего утоняющего (выпускного) диска, в одной впадине первого подающего диска.



Рисунок 90 – Распределение стеблей по впадинам последнего утоняющего диска

Заключение

Рассчитанная по (1) неравномерность в данном случае составляет $N = 42,4\%$, что свидетельствует о несовершенстве механизма утонения существующих слоеформирующих машин.

Получена зависимость неравномерности слоя по толщине от геометрических параметров дисков слоеформирующего механизма.

Проведенные с использованием полученной зависимости расчеты показали, что геометрические параметры дисков слоеформирующей машины оказывают существенное влияние на неравномерность выходящего слоя. С увеличением угла между плоскостями зуба, угла наклона осевой линии зуба к радиусу диска и толщины при вершине неравномерность слоя возрастает.

Совпадение проекции траектории вершины зуба утоняющего диска с осевой линией зуба подающего диска в относительном их движении не обеспечивает деление стеблей на равные части во впадинах подающего диска. Деление должно осуществляться иным способом, который предполагается разработать в результате дальнейших исследований.

В существующих машинах этот недостаток можно устранить, введя в конструкцию валов зубчатых дисков устройство, корректирующее взаимное расположение дисков на смежных валах.

Библиография

1. Круглий, И.И. Повышение эффективности льняного комплекса АПК [Текст] / И.И. Круглий, Е.Л. Пашин: рекомендации. – М.: ФГНУ "Росинформагро", 2007. – 19 с.
2. Ипатов, А.М. Теоретические основы механической обработки стеблей лубяных культур [Текст] / А.М. Ипатов: учеб. пособ. для вузов. – М.: Легпромбытиздат, 1989. – С.46, 67-68.
3. Сергеев, П.М. Исследование некоторых качественных характеристик слоя в слоеформирующих машинах [Текст] / П.М.Сергеев, П.Г. Иванов, В.А Дедюля / НИИПОЛВ: сб. науч. тр – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1985. – С.41-46.
4. Ипатов, А.М. Общий метод технологического расчета дисков слоеформирующих машин /А.М. Ипатов // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 1985 – № 1. – С.27-30.
5. Бронштейн, И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов [Текст] / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – 13-е изд., испр. – М.: Наука, 1986. – 190 с.

УДК 631.171.631.353.6

И.М. Лабоцкий,
Н.А. Горбацевич, А.Д. Макуть
*(РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ ГРАБЛЕЙ- ВАЛКООБРАЗОВАТЕЛЯ ГВБ-6,2

Введение

Анализ отечественного и зарубежного опыта показывает, что повышения темпов уборки, проведения ее поточным методом можно достичь, используя мобильные, высокопроизводительные самоходные кормоуборочные комплексы. Необходима четкая согласованность технических и технологических показателей всех средств механизации, составляющих технологическую цепочку.

В мировой практике для обеспечения оптимальной загрузки пресс-подборщиков валков используются грабли-валкообразователь с различной шириной захвата и способом формирования валка. Лидерами в области их производства являются зарубежные фирмы «Claas», «Krone», «Stoll» Германия, «Kuhn» Франция и др.

В России начато производство двухроторных граблей семейства ПН с боковым формированием валка и центральным формированием валка ГВД-6. В ОАО «Тульский комбайновый завод» освоен выпуск двухроторных граблей-ворошилок ПН-600 и ПН-610. Грабли ПН-600 имеют захват 4,2 м, агрегируются с тракторами класса 0,9 и 1,4. Грабли ПН-610 могут формировать как валки с ширины прокоса 5 м, двигаясь по периметру поля, так и сдвоенные, с шириной захвата 8,6–10 м, работая челночным способом. Характерной особенностью работы граблей ПН-610 в режиме сгребания является передача скошенной массы с правого по ходу граблей ротора на левый. Это достигается путем смещения одного ротора относительно другого во время движения агрегата и наличием перекрытия между ними в поперечном по ходу движения направлении. В ОАО «ВНИИКОМЖ» разработаны двухроторные грабли-ворошилка ГВД-6,0 с шириной захвата 6 м, выпускающиеся Людиновским машиностроительным заводом Калужской области и Нефтекамским автозаводом в Башкирии. В транспортное положение грабли переводятся гидравликой из кабины тракториста [1;2].

Основная часть

Особый интерес для потребителя представляют отечественные грабли-валкователь с шириной захвата до 7 м. Это обусловливается кратностью ширины захвата применяемых в республике косилок КПП-6, КПП-9Б, «Disco 8550» фирмы «Claas» Германия и др., а также отсутствием отечественных граблей-валкообразователя с шириной захвата более 4 м и возможностью сдваивания валков.

При разработке ГВБ-6,2 преследовалась цель создать новые, более производительные, отвечающие мировым и отечественным требованиям грабли-валкообразователь, так как номенклатура выпускаемых граблей с боковой укладкой валка ограничена. Грабли ГВР-320/420, ГР-700 из-за ряда технологических (качество формирования валка) и конструктивных (высокая масса, сложность обслуживания и др.) недостатков не получили широкого распространения. По этим причинам в республике используются морально устаревшие грабли-ворошилка ГВР-630 с центральной укладкой валка. Они тоже не обеспечивают загрузку высокопроизводительных подборщиков-измельчителей и пресс-подборщиков.

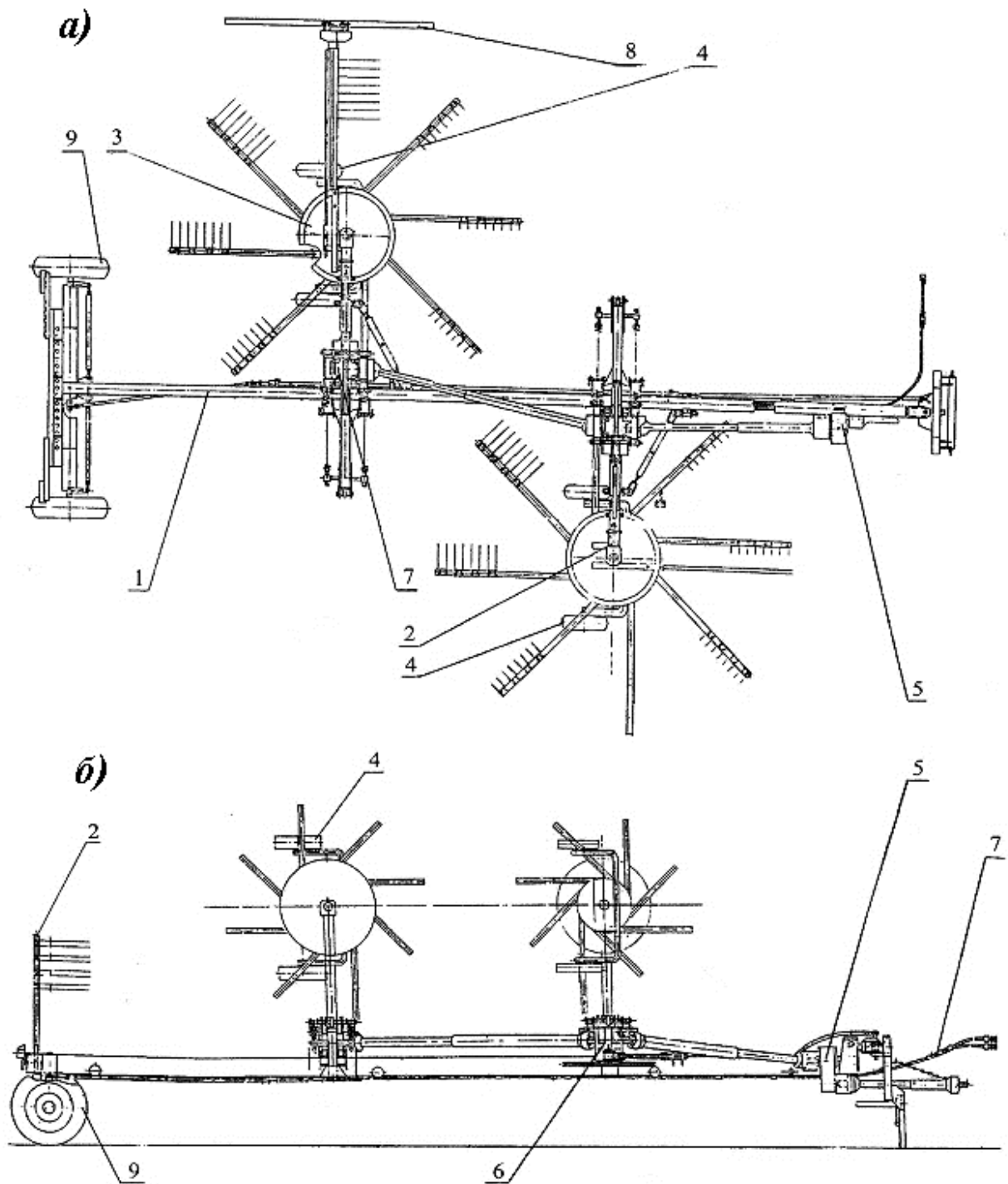
В результате анализа зарубежных конструктивных схем граблей-валкообразователя [2] и на основании исследований, выполненных в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», разработаны и поставлены на производство грабли-валкообразователь ГВБ-6,2 с шириной захвата 6,5 м (рисунок 91).



Рисунок 91 – Грабли-валкообразователь ГВБ-6,2 в рабочем положении

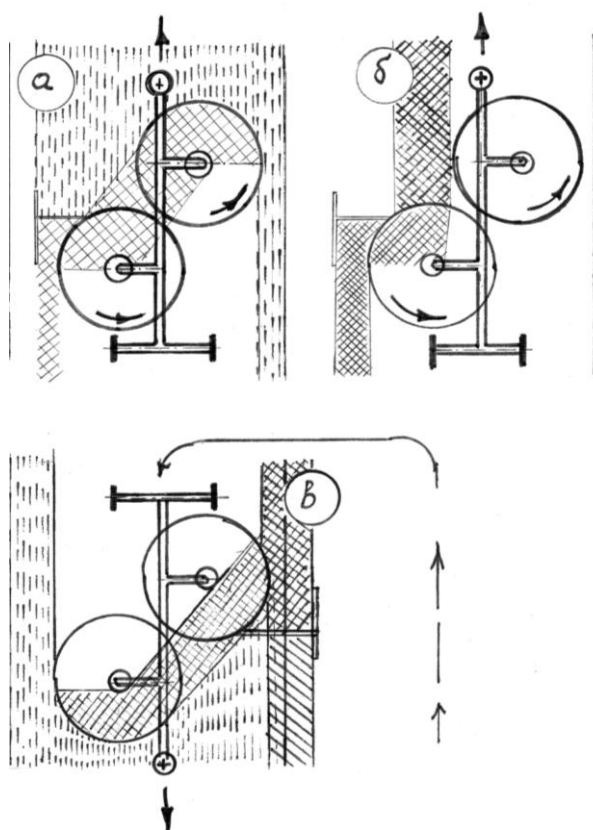
Конструктивная схема (рисунок 92) валкообразователя предусматривает специальную несущую раму с опорным колесным ходом, что позволяет применить независимую друг от друга подвеску рабочих органов (роторов). Благодаря принудительному управлению опорными колесами через систему продольных тяг, идущих от прицепного устройства, обеспечивается синхронное движение валкообразователя по следу колес трактора. Это повышает маневренность (на поворотных полосах роторы приподнимаются вверх, что исключает нагрузки на копирующие колеса пружинной подвески роторов, посредством которой переносится масса роторов на несущую раму) и сокращает потери времени. В результате улучшаются условия копирования рельефа поля, повышаются возможности копирования рельефа роторами в поперечном направлении за счет поворота балки относительно несущей рамы, роторами в продольном направлении за счет специальной телескопической конструкции

поворотных балок, регулировки рабочей высоты роторов в широком диапазоне.



a) в рабочем положении; *б)* в транспортном положении
 1 – рама; 2 – граблина; 3 – ротор; 4 – опорно-копирующий механизм; 5 – входной редуктор;
 6 – конический редуктор; 7 – гидросистема; 8 – фартук-экран; 9 – колесный ход

**Рисунок 92 – Схема граблей-валкообразователя
 с независимой подвеской роторов**



a – сгребание в валок; *б* – оборачивание валка;
в – сдваивание валков «челноком»

Рисунок 93 – Технологическая схема работы граблей-валкообразователя ГВБ-6,2

Грабли-валкообразователь ГВБ-6,2 (рисунок 93) предназначены для сгребания провяленной или свежескошенной травы из прокосов в один валок, в один сдвоенный валок при челночном ходе, для оборачивания валков. Благодаря способности приподнимать роторы на повороте (развороте) во время движения по полю, процесс сгребания происходит безостановочно – это позволяет существенно повысить темпы уборки путем загрузки последующего комплекса машин.

Разработанные грабли-валкообразователь прошли приемочные испытания на уборке трав в РУСХП «э/б «Восток»» Щучинского района Гродненской области в объеме 122 ч (915 га). Отказов производственного и конструктивного характера зафиксировано не было.

Техническая характеристика ГВБ-6,2 представлена в таблице 23.

Таблица 23 – Технические характеристики граблей-валкообразователя ГВБ-6,2

Тип	полуприцепной
Агрегатирование	трактора класса 1,4
Производительность за 1 час основного времени, га/ч	7,5...8,2
Рабочая скорость, км/ч	не более 12,0
Ширина захвата, м	6,3...6,9
Потребляемая мощность, кВт	30...33
Удельный расход топлива, кг/га	не более 1,4
Масса валкообразователя, кг	1980

В результате испытаний получены следующие параметры работы граблей-валкообразователя: производительность за 1 час основного времени составила 7,5–8,2 га/ч (при рабочей скорости 12 км/ч), ширина сформированного валка 1,2 м, при сдваивании – 1,8 м, плотность валка при влажности скошен-

ной растительной массы 60% составила 10 кг/м^3 , количество обслуживающего персонала – 1 чел., загрузка двигателя трактора составила 51–56%, удельный расход топлива за основное время работы – $1,33 \text{ кг/га}$ [3].

Грабли ГВБ-6,2 превосходят аналогичные выпускаемые в России ПН-610 по следующим показателям: боковое формирование валка при работе челночным способом позволяет обеспечить ширину захвата до 13 м, обеспечивая более полную загрузку пресс-подборщика и подборщиков-измельчителей при уборке скошенной массы. Благодаря применению четырехколесной опорной тележки ротора надежно копируется микрорельеф поверхности поля, что позволяет значительно снизить потери растительной массы при сгребании.

Показатели экономической эффективности ГВБ-6,2 выше при сопоставимом объеме работ в сравнении с ГР-700: себестоимость механизированных работ снижена на 7,5%; трудоемкость механизированных работ – на 7,14%; удельные капвложения – на 8,29%; удельные затраты на топливо – на 5,26%; сумма приведенных затрат – на 7,83%.

На данный момент ОАО «Лидсельмаш» освоил производство граблей-валкообразователя ГВБ-6,2 и реализовал в Гродненской, Гомельской и Минской областях 449 штук.

Выводы

1. В результате проведенных исследований разработана многооперационная машина, по своим характеристикам не уступающая зарубежным аналогам.
2. Разработанная документация передана ОАО «Лидсельмаш», освоен серийный выпуск граблей-валкообразователя.
3. Применение граблей-валкообразователя ГВБ-6,2 позволяет обеспечить заготовку кормов в оптимальные агротехнические сроки, благодаря способности выполнять операции сгребания и сдваивания валков, что позволяет увеличить загрузку используемых в республике пресс-подборщиков и подборщиков-измельчителей.

Библиография

1. Особов, В.И. Тенденции развития конструкций зарубежных граблей-ворошилок [Текст] / В.И. Особов, В.И. Карасевич, И.Э. Демешкевич // Комплекс проблем машиностроения для животноводства и кормопроизводства: труды / ВНИИКОМЖ. Т.14. – М., 1989. – С.9-19.
2. Лабоцкий, И.М. К обоснованию основных параметров и конструктивных схем роторных граблей – валкообразователя [Текст] / И.М. Лабоцкий, Н.А Горбацевич, А.Д. Макуть, О.В. Козлова // Механизация и электрификация сельского хозяйства. Вып.40. – Мн., 2006. – С.129-137.
3. Протокол № 108-2006 приемочных испытаний опытного образца граблей-валкообразователя ГВБ-6,2. [Текст]. – Привольный, 2006.
4. Проспекты фирм «Krone», «Claas», «Stoll», «Kuhn» 2006-2007 гг. [Текст].

УДК 631:331.45

**И.И. Пиуновский, Е.Н. Целюк,
А.В. Молош**

*(РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

ТРЕБОВАНИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА И ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА

Продовольственная безопасность страны невозможна без увеличения производства продукции растениеводства и животноводства. Одно из главных условий на этом пути – создание здоровых условий труда работающих в сельском хозяйстве. Для решения задач по улучшению условий и охраны труда в 2006–2010 годах в организациях, занимающихся производством и переработкой сельскохозяйственной продукции, а также обслуживающих сельскохозяйственное производство, была создана «Отраслевая программа», утвержденная постановлением Министерства сельского хозяйства и продовольствия РБ от 27.01.2006 г. №5. Одним из направлений реализации программы стал пересмотр нормативных документов по охране труда. Важное место в ней также отведено снижению уровня травматизма на производстве и профессиональной заболеваемости в организациях.

В соответствии с мероприятиями «Отраслевой программы» РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», являющийся головной организацией-исполнителем разработки отраслевых нормативных документов, подготовил «Правила по охране труда при производстве продукции животноводства», утвержденные Постановлением Минсельхозпрода Республики Беларусь от 28 декабря 2007 г. №89 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь от 16 января 2008 г. №8/17962).

Основные требования по охране труда и технике безопасности в процессах производства продукции животноводства

Объектом исследований явились технологические процессы и средства механизации. Они рассматривались с позиции выполнения требований по охране труда и безопасной работы при производстве продукции животноводства на фермах и комплексах в хозяйствах различных форм собственности. При исследовании технологических процессов, организации работ, эксплуатации машин и оборудования учитывались возможные воздействия на работников опасных и вредных факторов, характерных для данного производства. Это послужило методической основой выполненной разработки.

Исходя из анализа технологических процессов и применяемого оборудования для содержания крупного рогатого скота, свиней, овец, птицы и лошадей, а также для производства молока, говядины, свинины, яиц и мяса птицы, шерсти, определены объекты, наиболее подверженные возникновению про-

фессиональных рисков, приводящих к травмированию или заболеванию обслуживающих работников.

Чтобы исключить в современных условиях воздействие на работающих опасных и вредных производственных факторов, необходимо неукоснительно соблюдать требования охраны труда и техники безопасности, изложенные в «Межотраслевых общих правилах по охране труда», утвержденных постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 3 июня 2003 г. №70 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2003 г., №87, 8/9818).

«Правила по охране труда при производстве продукции животноводства» подготовлены с учетом «Рекомендаций по изложению государственных нормативных требований охраны труда в нормативных правовых актах, технических нормативных правовых актах», утвержденных постановлением Министерства труда и социальной защиты республики Беларусь от 31 марта 2003 г. №34.

Текст правил подразделяется на разделы и главы.

В разделе «Общие положения» изложены общие требования и требования к организации работ по охране труда. К общим требованиям охраны труда отнесены положения, которые необходимо учитывать при проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации объектов, конструировании, изготовлении, монтаже и наладке нового оборудования, а также эксплуатации, техническом обслуживании, ремонте и модернизации действующего оборудования для производства продукции животноводства. В документе учтены технические нормативные правовые акты, принятые законодательными организациями Республики Беларусь.

Контроль за состоянием охраны труда в организациях осуществляется в соответствии с «Типовой инструкцией о проведении контроля за соблюдением законодательства об охране труда в организации», утвержденной постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 26 декабря 2003 г. №159 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2004 г., №7, 8/10400).

Для организации работы и осуществления контроля по охране труда руководитель организации создает службу охраны труда (вводит должность специалиста по охране труда) в соответствии с «Типовым положением о службе охраны труда организации», утвержденным постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 24 мая 2002 г. №82 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2002 г., №89, 8/8286). Численность и состав службы устанавливаются в соответствии с постановлением Министерства труда Республики Беларусь от 23 июля 1999 г. №94 «Об утверждении Нормативов численности специалистов по охране труда на предприятиях» (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 1999 г., №63, 8/698).

Для профилактики производственного травматизма и профессиональных заболеваний в организации разрабатываются планы мероприятий по охране труда в соответствии с «Положением о планировании и разработке мероприятий по охране труда», утвержденным постановлением Министерства труда Республики Беларусь от 23 октября 2000 г. №136 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2000 г., №113, 8/4357); «Порядком проведения обязательных медицинских осмотров работников», утвержденным постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 8 августа 2000 г. №33 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2000 г. №87, 8/3914).

В разделе «Требования к территории, зданиям, сооружениям» изложены положения, которые должны соответствовать требованиям «Санитарных правил и норм» (далее – СанПиН) 2.2.1.13-5-2006 «Гигиенические требования к проектированию, содержанию и эксплуатации производственных предприятий», утвержденным постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 3 апреля 2006 г. №40, СанПиН 10-7-2003 «Санитарные правила содержания территорий», утвержденным постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 5 июня 2003 г. №60; требованиям «Строительных норм безопасности» (далее – СНБ) 2.04.05-98 «Естественное и искусственное освещение», введенным в действие с 1 июля 1998 года приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 7 апреля 1998 г. №142; СНБ 4.02.01-03 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха», утвержденным постановлением Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 30 декабря 2003 г. №259. При монтажных, ремонтно-эксплуатационных и других работах на высоте необходимо выполнять требования согласно «Правилам по охране труда при работе на высоте», утвержденным постановлением Министерства труда Республики Беларусь от 28 апреля 2001 г. №52 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2001 г., №58, 8/6199). Санитарно-бытовые помещения оборудуются в соответствии с СНБ 3.02.03-03 «Административные и бытовые здания», утвержденными постановлением Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 28 июля 2003 г. №142.

Для безопасной работы в лабораториях разрабатывается и утверждается в установленном порядке в организации «Инструкция по охране труда при работе с химическими веществами».

При эксплуатации и ремонте водопроводных и канализационных сетей должны соблюдаться требования «Правил по охране труда при эксплуатации и ремонте водопроводных и канализационных сетей», утвержденных постановлением Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь и Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 26

апреля 2002 г. №11/55 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2002 г., №60, 8/8110).

К работам в колодцах, жижесборниках, цистернах, емкостях (откачка конденсата, открывание задвижек и вентиляей, снятие и установка заглушек и отдельных агрегатов, прочистка) допускаются только работники не моложе 18 лет, прошедшие инструктаж по охране труда, стажировку и проверку знаний по вопросам охраны труда, обученные применению средств индивидуальной защиты, знающие приемы оказания первой помощи при отравлениях, ожогах и других травмах. Указанные работы выполняются по наряду-допуску.

В разделе «Требования к производственным процессам и оборудованию» рассмотрены общие требования и требования к выполнению технологических процессов с помощью оборудования общего назначения: котлов, теплогенераторов, холодильников.

Производственные процессы осуществляются по утвержденным технологическим регламентам (инструкциям) с учетом требований технических нормативных правовых актов.

Санитарные нормы должны соблюдаться в соответствии с СанПиН 11-09-94 «Санитарные правила организации технологических процессов и гигиенические требования к производственному оборудованию», утвержденными постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 27 января 1994 г., №11-09-94.

К работе на машинах, механизмах и оборудовании допускаются работники, прошедшие в установленном порядке медицинское освидетельствование, производственное обучение, стажировку, инструктаж и проверку знаний по вопросам охраны труда.

Применение труда несовершеннолетних должно выполняться в соответствии с «Правилами по охране труда при выполнении сельскохозяйственных работ несовершеннолетними учащимися», утвержденными Министерством сельского хозяйства и продовольствия, Министерством труда и социальной защиты, Министерством здравоохранения, Министерством образования Республики Беларусь от 03 ноября 2001 г. №21/141/49/48 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2001 г., №14, 8/4724).

Производственное оборудование должно соответствовать требованиям безопасности в течение всего срока службы.

Находящееся в эксплуатации оборудование должно иметь паспорт, исполнительную схему подключения к коммуникациям, данные о результатах проверки его состояния, произведенных ремонтах и изменениях, документацию о приемке оборудования в эксплуатацию, инструкцию по его безопасной эксплуатации. Инструкция и паспорт хранятся до списания оборудования.

Эксплуатация водогрейных и паровых котлов, используемых на объектах сельскохозяйственного производства, должна выполняться в соответствии с требованиями «Правил устройства и безопасной эксплуатации паровых и во-

догрейных котлов», утвержденных постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 27 декабря 2005 г. №57 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2006 г., №24, 8/13828).

Операторы, обслуживающие котлы, должны быть обучены безопасному проведению работ в соответствии с «Правилами обучения безопасным методам и приемам работы, проведения инструктажа и проверки знаний по вопросам охраны труда», утвержденными постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 30 декабря 2003 г., №164 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2004 г., №22, 8/10510).

Приказом по организации должен быть назначен ответственный работник, осуществляющий производственный контроль за соблюдением требований безопасности при эксплуатации котлов в соответствии с «Правилами организации и осуществления производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасных производственных объектах», утвержденными постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 28 июня 2000 г. №11 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2000 г., №75, 8/3744).

К обслуживанию теплогенераторов допускаются работники не моложе 18 лет, обученные обращению с ними и прошедшие инструктаж, стажировку и проверку знаний по охране труда, электробезопасности и пожарной безопасности.

Безопасность труда при обслуживании холодильных установок должна соответствовать требованиям «Правил устройства и безопасности эксплуатации аммиачно-холодильных установок», утвержденных постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 5 июня 2006 г. №26 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2006 г., №105, 8/14568).

В разделе «Приготовление кормов для животноводства» приведены требования по охране труда и технике безопасности в процессе приготовления кормов в кормоцехах.

К работе в кормоцехе допускаются работники, не имеющие медицинских противопоказаний, прошедшие производственное обучение, вводный и первичный инструктажи по охране труда на рабочем месте, и имеющие первую квалификационную группу по электробезопасности.

К самостоятельному выполнению работ после проверки знаний по вопросам охраны труда допускаются работники, прошедшие стажировку в течение двух-пяти смен под наблюдением руководителя работ или опытного рабочего и овладевшие навыками безопасного выполнения технологических операций.

Водогрейные и варочные котлы, работающие под давлением более 0,07 МПа, водогрейные котлы с температурой нагрева более 115°С должны быть освидетельствованы и эксплуатироваться в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением», утвержденными постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям

Республики Беларусь от 27 декабря 2005 г. №56 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2006 г., №25, 8/13868), а при более низких давлении и температуре должны быть освидетельствованы ответственным за их содержание и безопасную эксплуатацию.

Управление операциями приготовления концентрированных и комбинированных кормов: сушки, дробления зерна и компонентов, дозирования, смешивания – должно быть дистанционным, с общего пульта управления. Для устранения аварийных и опасных ситуаций при производстве ремонтных работ и техническом обслуживании следует предусматривать возможность перехода на местное управление оборудованием.

Зерновое сырье и компоненты комбикормов должны соответствовать предъявляемым требованиям по влажности, температуре, степени измельчения и не иметь посторонних примесей.

Все работы по техническому обслуживанию, ремонту и эксплуатации машин необходимо выполнять в соответствии с действующими требованиями «Правил технической эксплуатации электроустановок» и «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», а также с учетом специфики производства.

При заготовке кормов из трав и силосных культур операции складирования для хранения и выгрузки необходимо выполнять в строгом соответствии с действующими технологическими регламентами.

Технологический процесс заготовки плющеного зерна повышенной влажности должен соответствовать требованиям отраслевого регламента «Заготовка плющеного зерна повышенной влажности. Типовые технологические процессы», утвержденного Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь 16 августа 2004 года и руководствами по эксплуатации применяемых машин.

При укладке сена или соломы в скирду следует обеспечивать безопасность работы в соответствии с «Правилами охраны труда при работе на высоте», утвержденными постановлением Министерства труда Республики Беларусь от 28 апреля 2001 г. №52 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2001 г., №58, 8/6199).

Технологические процессы производства основных видов продукции животноводства бывают общего назначения (транспортные, погрузочно-разгрузочные и складские работы) и процессы, обеспечивающие производство молока, говядины, свинины, яиц и мяса птицы, шерсти (раздача кормов, навозоудаление, доение животных, первичная обработка молока, стрижка овец).

Транспортные работы необходимо выполнять в соответствии с Законом Республики Беларусь от 21 июля 2001 г. «Об автомобильном транспорте и автомобильных перевозках» (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2001 г., №71, 2/793), Законом Республики Беларусь от 17 июля 2001 г. «О дорожном движении» (Национальный реестр правовых актов Рес-

публики Беларусь, 2002 г., №85, 2/881), требованиями «Межотраслевых общих правил по охране труда при эксплуатации автомобильного транспорта»; «Правил дорожного движения»; «Правил охраны труда на автомобильном транспорте», утвержденных постановлением Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, Министерством труда и социальной защиты Республики Беларусь от 1 марта 2002 г. №5/20; «Правил автомобильных перевозок грузов», утвержденных Министерством транспорта и коммуникаций Республики Беларусь 1 июля 2002 г., №20 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2002 г., №102, 8/8480, 2005 г. №4, 8/11893) и технических нормативных правовых актов, содержащих требования охраны труда при проведении конкретных видов транспортных работ.

Погрузочно-разгрузочные работы должны выполняться с учетом требований «Межотраслевых правил по охране труда при проведении погрузочно-разгрузочных работ», утвержденных постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь 12 декабря 2005 г. №173 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2006 г., №10, 8/13658); «Типовой инструкции по охране труда для работников, выполняющих погрузочно-разгрузочные и складские работы», утвержденной постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 30 ноября 2004 г. №136 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2004 г., №196, 8/11833); с учетом «Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов», утвержденных постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям от 3 декабря 2004 г. №45 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2005 г. №6, 8/1189); технических нормативных правовых актов, содержащих требования охраны труда при проведении конкретных видов погрузочно-разгрузочных работ.

К выполнению погрузочно-разгрузочных и складских работ допускаются работники, прошедшие в установленном порядке медицинский осмотр, обучение, инструктаж, стажировку и проверку знаний по вопросам охраны труда.

На работах с применением женского труда должны соблюдаться «Предельные нормы подъема и перемещения тяжестей женщинами вручную», утвержденные постановлением Министерства труда Республики Беларусь от 8 декабря 1997 года №111 (Бюллетень нормативно-правовой информации, 1998 г., №2).

Кормораздатчики транспортерного типа должны иметь ограждения, закрывающие сверху и с торцов приводные, натяжные и отклоняющие барабаны.

При работе мобильных кормораздатчиков в близкой к животным зоне необходимо устанавливать ограждения, исключаящие их травмирование, а также соблюдать требования безопасности при работе с машинами, имеющими вращающиеся детали рабочих органов.

К обслуживанию машин и оборудования по удалению, обработке и хранению навоза допускаются работники, прошедшие медицинское освидетель-

ствование, обучение безопасной работе со скребковыми транспортерами и электроаппаратурой.

К обслуживанию и работе на доильных установках и оборудовании при первичной обработке, хранении и транспортировке молока следует допускать только специально подготовленных работников, изучивших руководство по эксплуатации установок, прошедших инструктаж по охране труда, пожарной безопасности и эксплуатации электротехнического оборудования.

Обслуживание механизмов, машин и оборудования по содержанию, кормлению птицы и сбору яиц необходимо выполнять в соответствии с руководством по их эксплуатации и требованиями по охране труда в специфических условиях птицекомплексов.

При стрижке овец необходимо выполнять требования по эксплуатации электроинструментов и точильного аппарата для заточки режущей пары стригальной машины.

В разделе «Обслуживание животных» приведены требования по безопасному обслуживанию крупного рогатого скота, лошадей, овец, свиней, уделено особое внимание охране труда при уходе за животными, их транспортировании и перегоне, выполнении транспортных работ с использованием животных, при проведении искусственного осеменения, проведении ветеринарно-санитарных мероприятий и обслуживании животных, больных заразными болезнями.

В разделе «Электробезопасность» обращено внимание на соблюдение требований безопасности при работе с электроинструментом и электрифицированными технологическими установками, такими, как электрические водонагреватели и электрические изгороди.

В приложении к правилам приведена форма наряда-допуска на производство работ повышенной опасности и предельно допустимые величины подъема и перемещения тяжестей вручную подростками от 14 до 18 лет.

Заключение

1. Одной из главнейших задач развития производства конкурентоспособной продукции животноводства является создание здоровых и безопасных условий труда работников. Это предусмотрено «Отраслевой программой по улучшению условий и охраны труда на 2006-2010 гг. в организациях, занимающихся производством и переработкой сельскохозяйственной продукции, а также обслуживающих сельскохозяйственное производство». Программа утверждена постановлением Минсельхозпрода Республики Беларусь от 27.01.2006 г. №5.

2. Во исполнение мероприятий «Отраслевой программы» разработаны «Правила по охране труда при производстве продукции животноводства», утвержденные постановлением Минсельхозпрода Республики Беларусь от 28 декабря 2007 г. №89.

УДК 637.116 (476)

В.О. Китиков

*(РУП «Научно-практический
центр Национальной академии
наук Беларуси по механизации
сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

НАУЧНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ В СОЗДАНИИ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МОЛОЧНОМ ЖИВОТНОВОДСТВЕ НА БАЗЕ РОБОТИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Введение

В основе промышленного производства молока сегодня находятся генетический потенциал животных, кормовая база, технологическая и техническая оснащенность предприятия и уровень подготовки обслуживающего персонала.

Новые условия для получения животноводческой продукции, в частности молочного сырья, предполагают применение интенсивных технологий производства и энергосберегающего оборудования с высоким уровнем автоматизации и роботизации процессов. При этом требуется согласовать национальные нормативные документы, по которым оцениваются условия производства молочного сырья, со стандартами Евросоюза по показателям качества, гигиены, состояния окружающей среды, здоровья животных и условий труда персонала.

Этими требованиями обусловлено расширение современных отечественных научно-практических исследований в сфере промышленного производства молока.

Факторы эффективного производства молока

Потенциал продуктивности скота – первый базовый фактор промышленного производства молока, от которого зависит эффективность вложенных затрат.

Анализ, проведенный российскими учеными Г.П. Легошиным и В.А. Бильковым с учетом данных по основным мировым производителям молока, показал, что эффективное получение его на промышленной основе возможно при годовых удоях коров 6000 *кг/гол* и выше [1, с.23].

В условиях Республики Беларусь это означает необходимость развития генетического потенциала черно-пестрой породы скота, которая по общим оценкам дает молока в пределах 6000 *кг/гол*. Вместе с тем отечественные специалисты проводят исследования и крупномасштабную селекцию черно-пестрой породы с целью повышения надоев до 7000–8000 *кг/гол* в год.

Из того, что для обеспечения полноценного кормления животных как с низкими, так и высокими удоями, требуется равнозначное количество кормов, затраты на производство которых составляют более 60% всех издержек в производстве молока, следует, что повышение продуктивности животных создает основу для экономии кормов.

Кормовая база – второй значимый фактор промышленного производства молока. Наиболее эффективным с точки зрения энергоемкости и выхода продукции способом кормления крупного рогатого скота является технология «Унифид» (единый корм), предусматривающая измельчение стебельчатых

кормов и смешивание их с другими кормами рациона. Кормосмеси увеличивают потребление кормов на 10–12%, что ведет к увеличению привесов и надоев на 10–15% [2].

Следующий фактор энергоэффективного производства молока – технологический уровень производства и научно-технический уровень средств механизации-автоматизации. Наши исследования по обоснованию перспективных направлений развития комплексной механизации молочного животноводства согласуются с результатами анализа, проведенного д-ром Р. Шлаудерером и д-ром И. Акерманн из Института аграрной техники Восточной Германии [3]. Исследования свидетельствуют о наиболее значимых технологических факторах в модернизации и развитии современного молочного животноводства – кормлении животных полнорационными кормосмесями с применением смесителей-раздатчиков, автоматическом регулировании микроклимата помещений для содержания и доения, автоматизированном скреперном удалении бесподстилочного навоза, а также компьютерном управлении стадом на основе АСУ ТП молочно-товарных ферм.

Результаты ресурсной оценки производства молока в условиях привязного и беспривязного содержания коров, выполненной совместно с Научно-практическим центром НАН Беларуси по животноводству в течение 2002–2007гг., свидетельствуют о том, что привязной способ содержания с доением в коровнике в 1,3 раза [4] более энергоемок в сравнении с беспривязным доением в зале; при этом рентабельность производства на 10–11% ниже [4].

В последние годы в Республике Беларусь сформировалось шесть основных технологических направлений, адаптированных к условиям промышленного молочно-товарного производства [5]. Одно из важнейших направлений с позиции энергоемкости и качества продукции связано с применением промышленных роботов доения.

Доильные роботы

Основные проблемы совершенствования доильной техники, решить которые позволит применение роботизированных технических средств, связаны с автоматическим подключением доильного аппарата к вымени животного, а также с обеспечением индивидуального режима доения для каждого соска.

Для точного подведения к соску и подключения доильного аппарата используются сенсорные элементы, оптико-лазерные механизмы, фото- и ультразвуковые датчики [6, 7]. Манипулятор робота, или «механическая рука», позволяет с высокой точностью выполнять все необходимые операции – подмыв вымени, сушку, массаж, обеззараживание сосков, поочередное надевание доильных стаканов, снятие их в конце доения, консервацию сосков и прочее, в зависимости от программы доения.

С 1999 года в странах Европы с наиболее развитым молочным животноводством (Голландия, Германия, Швеция, Дания, Великобритания) начали широко использоваться автоматизированные линии доения, оснащенные специ-

альными роботами. Это позволило не только исключить влияние малоквалифицированного труда, но и автоматизировать все операции доения, включая надевание доильных стаканов.

Выделим основные преимущества доильных роботов как отдельного направления в общей классификации способов содержания и доения коров:

- полная автоматизация процессов и минимальные трудозатраты для получения молока;
- обязательное качественное выполнение всех операций по подготовке животных к доению, а также санобработке вымени. Это благотворно влияет на правильное развитие рефлекса молокоотдачи и снижает общий уровень заболеваемости маститом;
- индивидуальный режим доения для каждого соска, что обеспечивает максимально возможное в промышленных условиях щадящее доение и минимальный риск распространения инфекции;
- комфортное и бесстрессовое содержание коров, обусловленное рациональной компоновкой коровника и доильно-молочного блока;
- анализ качества молочного сырья с регистрацией его параметров во время доения поднимает на новый уровень возможности взаимодействия производителей и переработчиков молока;
- отделение первых струек молока, содержащих наибольшее количество бактериальной микрофлоры, способствует продлению сырпригодности молока.

Последние два преимущества хотя и не вполне очевидны, поскольку технически могут быть реализованы в условиях станочных автоматизированных систем доения, все же пока остаются приоритетными направлениями для интегрирования в общую совокупность при роботизации процесса. Использование доильных роботов для дойки коров физиологически обосновано и практически исключает затраты труда оператора.

Основные технические характеристики роботов, полученные в результате проведенного с помощью источников сравнительного анализа, представлены в таблице 24.

Анализируя опыт эксплуатации доильных роботов за рубежом, можно отметить некоторые характерные технологические направления, применимые в условиях отечественного молочно-товарного производства.

- Беспривязное содержание коров на глубокой подстилке или в боксах с доением на автоматических линиях типа "Бокс-площадка" или "Дубль-бокс", где один робот обслуживает 50–60 коров (рисунок 94). Наличие АСУ ТП молочно-товарной фермы, контролирующей управление стадом, нормированное кормление высокоэнергетическими кормами и микроклимат помещений. Технологическая схема применима для селекционных хозяйств и небольших (до 150 коров) ферм с высокопродуктивными животными.

- Промышленные молочно-товарные фермы с поголовьем 200 дойных коров составляют 31% в масштабах отрасли. Автоматизированная линия доения

Таблица 24 – Сравнительные технические характеристики автоматизированных линий доения (роботов)

Наименование показателей	Бокс-площадка				Дубль-бокс		Полибокс
	YMS (DeLaval, Швеция)	Merlin (Fullwood, Англия)	Astronaut (Lely, Нидерланды)	Galaxy (SAC, Дания)	Titan (RMS, Нидерланды)	AMS Liberty (Prolion, Нидерланды)	Leonardo (Westfalia, Германия)
Число обслуживаемых животных	60	60	60 – 70	80 – 90	80 – 90	3 бокса – 120 4 бокса – 150	3 бокса – 130 4 бокса – 170
Способ предварительного позиционирования	Передвижной кормушкой	Без ограничения движения животных	Ограничителем в задней части бокса	Передвижной кормушкой			
Позиционирование манипулятора	Лазер, видеокамера	Лазер	Лазер	Лазер, оптическая система, ультразвук		Ультразвук, оптическая система	
Сдаивание первых струек молока	Одновременно с мойкой сосков вымени	Каждый сосок вымени отдельно		Одновременно с мойкой сосков вымени			
Надевание доильных стаканов на соски вымени коровы	На каждый сосок отдельно						
Снятие доильных стаканов	Последовательно с каждого соска без руки работа		Все доильные стаканы одновременно без руки работа		Последовательно с каждого соска без руки работа		
Основная циркуляционная мойка оборудования	В течение 12-30 мин. 3 раза в сутки с моченым или дезраствором		По необходимости (30 мин.) не менее 2-х раз в сутки				
Контролируемые компьютером параметры	Частота посещений бокса, надой, электропроводимость молока, количество комбикорма, интервалы между доениями, регистрация активности животных						

имеет доильную площадку типа "Робот-полибокс" с количеством от 2 до 5 роботизированных мест доения (рисунок 95). Содержание, кормление коров и управление стадом аналогично применяемому на автоматической линии типа "Бокс-площадка" или "Дубль-бокс".



Рисунок 94 – Фрагмент коровника и доильно-молочного блока. Доильный робот «Дубль-бокс» Westfalia (Германия)

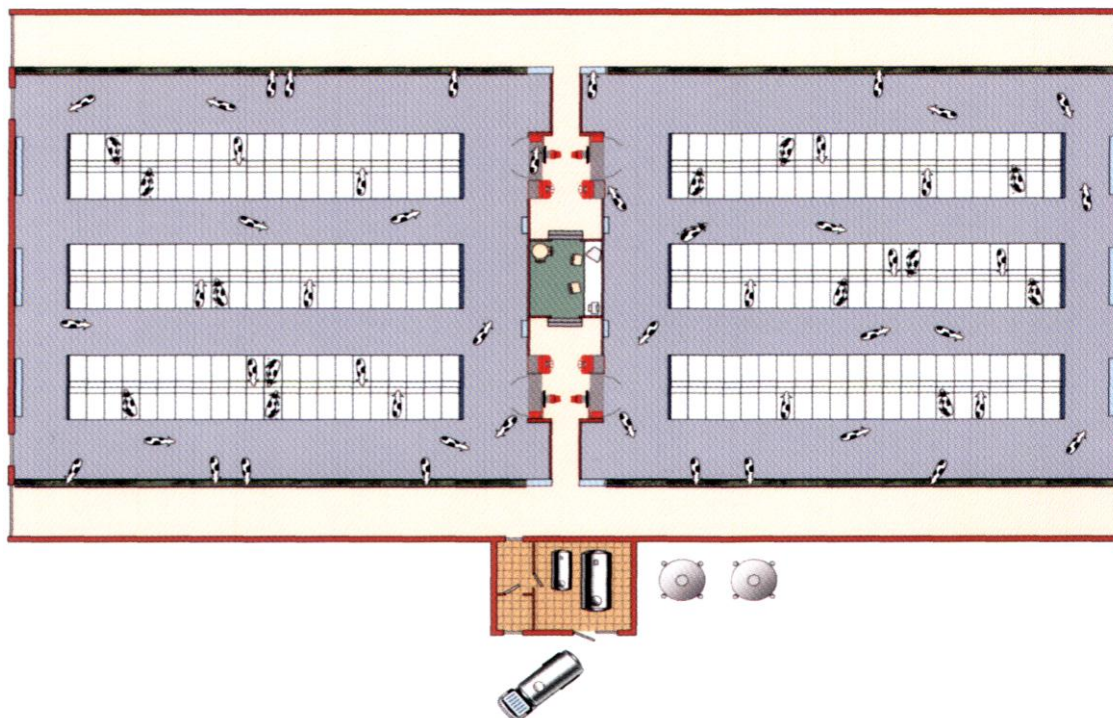


Рисунок 95 – Компонировка молочно-товарной фермы на 200 коров. Доильный робот «Полибокс-4»

Основной эффект от использования роботов будет складываться из общего снижения трудозатрат (порядка 4,5 тысяч человеко-часов в год для МТФ 200), а также исключения низкоквалифицированного труда обслуживающего персонала, от которого зависит состояние здоровья выдаваемых животных.

Кроме того, будет обеспечиваться высокое качество молочного сырья (не менее 98% высшего сорта) за счет безусловного выполнения всех требуемых операций по содержанию, кормлению и доению животных, созданию условий микроклимата.

Выводы

1. В развитии современных технологий получения молока можно выделить следующие факторы эффективности производства: потенциал продуктивности животных, кормовая база, технологическая и техническая оснащённость предприятия.

2. Повышение требований к качеству молочного сырья диктует новые условия производства, в которых должно быть исключено влияние малоквалифицированного труда при доении коров и обеспечен полный контроль выполнения регламентированных технологических операций. В связи с этим перспективным направлением совершенствования производства является роботизация доения.

3. В промышленном молочно-товарном производстве Республики Беларусь существуют предпосылки для масштабного использования технологий на основе автоматизированных линий доения и роботизированных технических средств. Подготовка к их внедрению должна включать разработку эффективных технологических схем выполнения процессов.

Библиография

1. Основные направления технологического прогресса в молочном животноводстве: рекомендации [Текст] / Департамент сельского хозяйства Вологодской области РФ; сост. В.А. Бильков, Г.П. Легошин. – Вологда: «Полиграфист», 2007. – 87 с.
2. Бурдыко, В.М. Современные технологии и средства механизации производства молока: аналит. обзор [Текст] / В.М. Бурдыко, В.Н. Дашков, В.О. Китиков [и др.]. – Мн.: Белорус. науч. ин-т внедр. новых форм хозяйств.в АПК, 2002. – 40 с.
3. Модернизация по всем направлениям [Текст] // Новое сельское хозяйство. – 2005. – № 1. – С.30–32.
4. Китиков, В.О. Анализ технологий производства молока в контексте гармонизации нормативных требований со стандартами Европейского Союза [Текст] / В.О. Китиков, А.А. Музыка // Вести НАН Беларуси. Сер. аграрн. наук. – 2007. – № 4. – С.105–108.
5. Китиков, В.О. Технологические тенденции и энергоэффективность в молочно-товарном производстве [Текст] / В.О. Китиков // Инженерный вестник. – 2008. – №1. – С.35–37.
6. Палкин, Г.Г. Роботы на молочных фермах [Текст] / Г.Г. Палкин // Сельскохозяйственный вестник. – 2001. – № 8. – С.16–18.
7. Тенденции развития сельскохозяйственной техники за рубежом [Текст] – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – 144 с.

УДК 631.171:636

**В.И. Передня,
Э.П. Сорокин, С.В. Лосик**

*(РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВАКУУМ-ПРОВОДА ДОИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Введение

Повышение продуктивности животных, качества молока и получение конкурентоспособной продукции в значительной степени зависят от качества эксплуатации и технического состояния доильного оборудования.

Основная часть

Любая доильная установка, как известно, состоит из вакуум-провода, молокопровода и другого оборудования.

Стабильность работы доильной установки зависит от производительности вакуумной установки, параметров вакуум-провода, молокопровода, вакуум-регулятора.

Нарушение стабильности работы любого из указанных элементов приводит к нестабильной работе доильного аппарата, а в итоге – к снижению продуктивности животных и ухудшению качества молока. Возникает необходимость в проведении исследований работы пульсаторов и обосновании оптимальных параметров вакуум-провода.

В РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» проведены исследования работы типовых пульсаторов, применяемых в доильных аппаратах, используемых на МТФ республики, при меняющемся вакуумметрическом давлении в вакуум-проводе. Были исследованы пульсаторы 3-х типов: гидравлический ПГ-2, воздушные АДУ-1 и L-80.

Исследования проведены прибором для диагностики доильного оборудования VPR-100, предназначенным для проведения механических испытаний доильных установок на соответствие требованиям стандарта ИСО-5707.

Они показали, что при изменяющемся вакуумметрическом давлении в вакуум-проводе доильной установки все пульсаторы работают с переменной частотой пульсаций.

Данные проводимых исследований отображены линейными графиками на рисунке 96. Как видно из рисунка, частота пульсаций имеет линейную зависимость, но разную у каждого типа пульсатора.

Пульсаторы АДУ-1 при снижении вакуума в системе увеличивают частоту пульсаций, одновременно увеличивая потребление воздуха, а пульсаторы ПГ-2 и L-80 уменьшают частоту пульсаций, снижая потребление воздуха. Изменение объема потребления воздуха пульсаторами требует обязательного запаса производительности вакуумной установки и правильного расчета диа-

метров вакуумных систем для сохранения в них стабильного вакуумметрического давления в процессе доения.

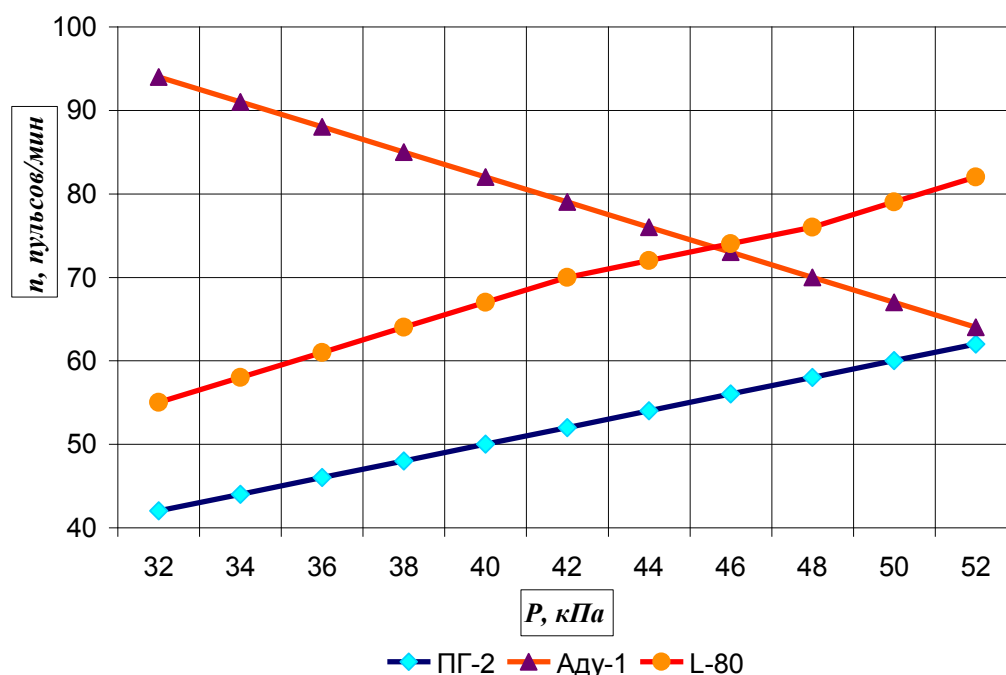
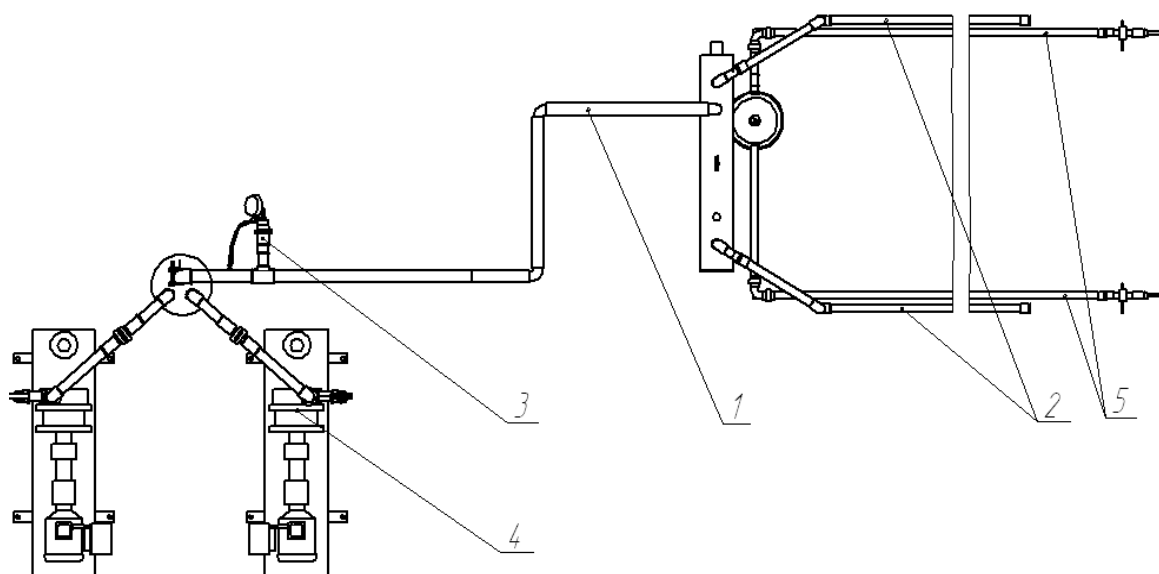


Рисунок 96 – Зависимость частоты пульсаций различных пульсаторов от вакуумметрического давления

Молочновакуумная система доильных установок с доением на специальной площадке (рисунок 97) состоит из двух участков вакуум-провода: от вакуумных насосов до траншеи – участок 1, непосредственно по длине траншеи – участок 2, вакуумного регулятора 3, вакуумной установки 4 и молокопровода 5.



1 – вакуум-провод от вакуумных насосов до траншеи; 2 – вакуум-провод по длине траншеи; 3 – вакуумный регулятор; 4 – вакуумная установка; 5 – молокопровод

Рисунок 97 – Схема молочно-вакуумной системы доильной установки

Расчет минимальных диаметров вакуум-провода доильной установки на участках 1 и 2 был проведен, исходя из необходимого потребления воздуха всеми устройствами доильной установки, длины его участков, максимально допустимого перепада вакуумметрического давления между вакуумным регулятором и вакуумной установкой, а также вакуумным регулятором и любой точкой в вакуум-проводе, давления в вакуум-проводе ($P = 48 \text{ кПа}$).

Потери вакуума, равные перепаду вакуумметрического давления ΔP между вакуумным регулятором и вакуумной установкой, а также вакуумным регулятором и любой точкой в вакуум-проводе, не должны превышать $2,5 \text{ кПа}$ по ГОСТ 28545-90 [1].

Потери вакуума ΔP на участках 1 и 2 вакуум-провода доильной установки складываются из потерь по длине ΔP_{mp} и местных потерь ΔP_m [2]:

$$\Delta P = \Delta P_{mp} + \Delta P_m; \quad (1)$$

$$\Delta P_{mp} = \Delta P_{mp1} + \Delta P_{mp2}, \quad (2)$$

где ΔP_{mp1} – потери по длине на участке 1, кПа ;

ΔP_{mp2} – потери по длине на участке 2, кПа .

$$\Delta P_{mp1} = \lambda_1 \times \frac{l_1}{d_1} \times \frac{c_1^2}{2} \times \rho; \quad (3)$$

$$\Delta P_{mp2} = \lambda_2 \times \frac{l_2}{d_2} \times \frac{c_2^2}{2} \times \rho, \quad (4)$$

где d_1, d_2 – диаметр вакуум-провода на участках 1 и 2 соответственно, м ;

ρ – плотность воздуха, кг/м^3 ;

λ_1, λ_2 – коэффициент гидравлического сопротивления по длине на участке 1 и 2 соответственно.

$$\lambda_1 = 0,11 \times \left(\frac{K_s}{d_1} + \frac{68}{Re_1} \right)^{0,25}; \quad (5)$$

$$\lambda_2 = 0,11 \times \left(\frac{K_s}{d_2} + \frac{68}{Re_2} \right)^{0,25}, \quad (6)$$

где K_s – эквивалентная шероховатость внутренней поверхности труб. Для стальных вакуум-проводов доильных машин, бывших в эксплуатации, $K_s = 0,5$ [2];

Re_1, Re_2 – число Рейнольдса.

$$Re_1 = \frac{c_1 \times d_1}{\nu}; \quad (7)$$

$$Re_2 = \frac{c_2 \times d_2}{\nu}, \quad (8)$$

где ν – кинематическая вязкость;

$$\nu = 2,655 \times 10^{-5}, \text{ м}^2/\text{с} [2];$$

c_1, c_2 – средняя скорость воздуха в трубе на участках 1 и 2 соответственно, м/с.

$$c_1 = \frac{q_1}{\pi d_1^2/4}; \quad (9)$$

$$c_2 = \frac{q_2}{\pi d_2^2/4}, \quad (10)$$

где q_1, q_2 – пропускная способность вакуум-провода на участках 1 и 2 соответственно, м³/с.

Пропускная способность вакуум-провода на участке 1 равна необходимой производительности вакуумной установки и рассчитывается по формуле [1]:

$$q_1 = 750 + (45 \times (n - 10)) + q_{\text{во}}, \quad (11)$$

где n – число доильных аппаратов в составе доильной установки, шт.;

$q_{\text{во}}$ – принятое значение для вспомогательного оборудования (например, для приводимого в действие вакуумного автомата снятия доильных аппаратов и др.), которое не приводится в действие отдельной вакуумной системой (для доильных установок, имеющих более десяти доильных аппаратов $q_{\text{во}} = 200$ л/мин. [1]).

Пропускная способность вакуум-провода на участке 2 равна разности между пропускной способностью вакуум-провода на участке 1 и пропускной способностью молокопровода q_3 :

$$q_2 = q_1 - q_3; \quad (12)$$

$$q_3 = n \times (q_k + q_m), \quad (13)$$

где q_k – потребление воздуха коллектором, м³/с.

$$q_k = \frac{q_{k_1} \times n}{60 \times 1000}, \quad (14)$$

где q_{k_1} – потребление воздуха через отверстие для впуска воздуха в коллекторе, по [1] $q_{k_1} = 10$ л/мин;

q_m – потребление воздуха молокопроводом за счет поступающего при доении в него молока и работы других вспомогательных элементов, м³/с.

$$q_m = q_{m_{\text{cp}}} \times n, \quad (15)$$

где $q_{m_{\text{cp}}}$ – средняя скорость молокоотдачи коровы, м³/с.

$$q_{m_{\text{cp}}} = \frac{q_{m_{\text{max}}}}{c \times \rho_m}, \quad (16)$$

где $q_{m_{\text{max}}}$ – максимальная средняя интенсивность потока молока на доильный аппарат [1] ($q_{m_{\text{max}}} = 2,25$), кг/мин;

c – коэффициент;

ρ_m – плотность молока, кг/м³;

l_1 и l_2 – длина вакуум-провода на участках 1 и 2 соответственно ($l_1=30$ м – технические данные).

$$l_2 = l_0 + l_m \times \frac{n}{2}, \quad (17)$$

где l_0 – длина участка вакуум-провода между участком 1 вакуум-провода и первым доильным местом ($l_0 = 3$ м – технические данные);

l_m – длина одного доильного места ($l_m = 1,2$ м – технические данные).

$$\Delta P_m = \Delta P_{m_1} + \Delta P_{m_2}, \quad (18)$$

где ΔP_{m_1} – местные потери на участке 1, кПа;

ΔP_{m_2} – местные потери на участке 2, кПа.

$$\Delta P_{m_1} = m_1 \times \xi \times \frac{c_1^2}{2} \times \rho; \quad (19)$$

$$\Delta P_{m_2} = m_2 \times \xi \times \frac{c_2^2}{2} \times \rho, \quad (20)$$

где ξ – коэффициент местных гидравлических сопротивлений;

m_1, m_2 – число местных гидравлических сопротивлений на участках 1 и 2 соответственно, шт.

Преобразуя уравнение (1) с помощью формул (2-20), можно получить следующую закономерность:

$$\Delta P = \frac{\rho}{32 \times \pi^2} \times \left(\left(\frac{q_1}{d_1^2} \right)^2 \times \left(\frac{\lambda_1 \times l_1}{d_1} + m_1 \times \xi \right) + \left(\frac{q_2}{d_2^2} \right)^2 \times \left(\frac{\lambda_2 \times l_2}{d_2} + m_2 \times \xi \right) \right). \quad (21)$$

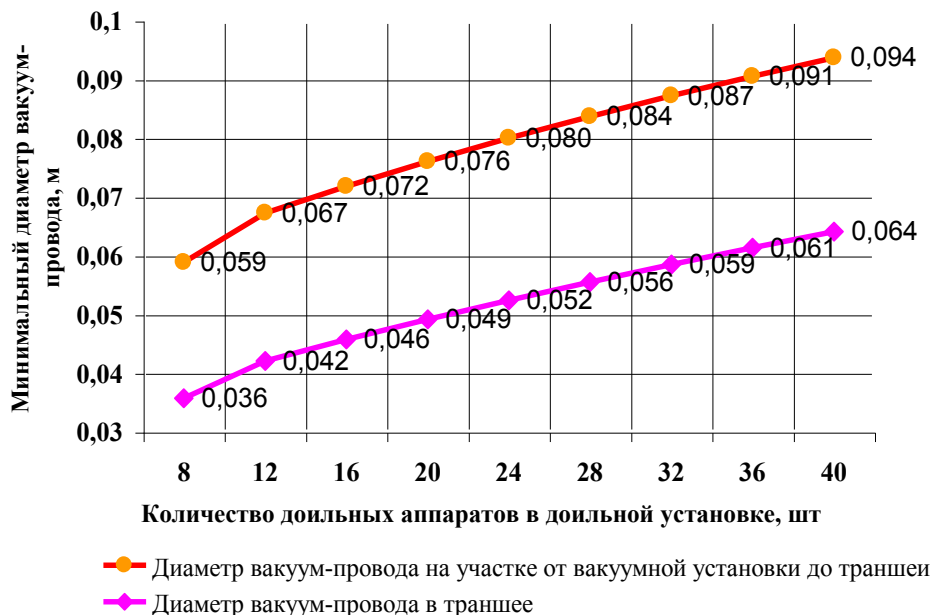


Рисунок 98 – График для определения минимального диаметра участков вакуум-провода доильных установок с доением на специальной площадке (при максимальном падении вакуумметрического давления 2,5 кПа и уровне вакуумметрического давления 48 кПа)

Принимая в качестве параметра оптимизации минимальную металлоемкость вакуум-провода (сумму квадратов минимальных диаметров), т.е. $(d_1^2 + d_2^2) \rightarrow \min$ и решая уравнение (21) с помощью программы офисного приложения Microsoft Excel, можно получить расчетные данные минимальных диаметров состоящего из двух участков 1 и 2 вакуум-провода, необходимые для проектирования доильной установки с доением на специальной площадке.

Данные расчета минимальных диаметров участков вакуум-провода в зависимости от количества доильных аппаратов доильной установки отображены графиком на рисунке 98.

Выводы

Приведенный оптимизированный расчет позволяет определить необходимые минимальные конструктивные параметры вакуум-провода с целью снижения металлоемкости и экономии его стоимости при обеспечении стабильной работы всех устройств доильной установки, расходующих воздух.

Библиография

1. ГОСТ 28545. 90. Установки доильные. Конструкция и техническая характеристика [Текст]. – М. 1990. – С.1-24.
2. Методические рекомендации по расчету и конструированию вакуум-проводов доильных машин и техническому уходу за ними [Текст] – М., 1970. – С.1-11.

УДК 637.116.4

В.О. Китиков

*(РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь);*

И.Н. Таркановский

*(УО «Витебский ветеринарный университет»,
г. Витебск, Республика Беларусь)*

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ЭКСПЛУАТАЦИИ
ДОИЛЬНЫХ МАШИН
С РАБОЧИМ ВАКУУМОМ
43 И 48 КПА**

Введение

Совершенствование сложного и разностороннего процесса машинного доения коров позволит приблизить сам процесс к физиологическим требованиям и обеспечить безопасное и полное выдаивание животных.

Следует выделить техническую составляющую поставленной задачи. Отметим несколько направлений в современных исследованиях. Первое и наиболее сложное в решении проблемы – совершенствование доильных аппаратов и отдельных узлов с целью максимально приблизить их режимы работы и конструктивное исполнение к физиологическим потребностям коров. Второе – обеспечение стабильных и прогнозируемых режимов работы доильных установок. Следует учитывать неоспоримую важность этих показателей на выработку у животных рефлексов, сопровождающих доение, при переходе к

интенсивному промышленному производству молока. Третье, наименее исследованное – влияние величины рабочего вакуума доильных установок на такие основополагающие параметры, как полнота и быстрота выдаивания коров, сохранение здоровья животного и его стабильно высокой продуктивности.

Физиологические предпосылки выбора рабочего вакуума

Большинство доильных аппаратов в нашей стране и за рубежом работает в достаточно узком диапазоне разрежения: 42–53 *кПа*. Хотя имеются промышленные образцы, работающие на всех или на отдельных этапах процесса доения при вакуумметрическом давлении от 33 *кПа* до 58 *кПа*. Однако единого подхода, несмотря на различные исследования и применяемые способы доения, до сих пор не существует. Установлены лишь переходные граничные показатели эффективности скоростного доения с полным опорожнением вымени, при котором корове через повреждение стенок сосков и скрытые «крово-дои», приводящие к нарушению нормальной функции вымени при машинном доении, наносится минимальный вред. Так, по мнению Л.П. Карташова [1], оптимальным для отечественных доильных установок можно считать рабочий вакуумметрический режим в пределах не более 50,6... 53,3 *кПа* и не менее 34,6 *кПа* при допустимых колебаниях в вакуумпроводе и под соском не более 2,7...6,6 *кПа*. При снижении давления до 27...33 *кПа* сфинктер соска коровы раскрывается не полностью, и поток молока снижается, что приводит к увеличению скорости доения, потере продуктивности и жирности молока, к снижению производительности труда. По сообщению С.С. Соляника [2], сфинктер соска коровы из-за физических свойств тканей может полностью открываться только при достаточно большом перепаде давлений: объем камеры в доильном стакане достаточно велик, необходима большая разница перепадов давления при пульсировании, чтобы заставить резину плотно сжать сосок. Именно этим и обусловлена величина применяемого высокого значения разрежения при доении (48-53 *кПа*). Некоторые производители (Dairy master) по-прежнему в развитии доильной техники обосновывают как наиболее эффективную технологию, предусматривающую большой контраст значений вакуума между фазами сосания и отдыха. Сохранение высокого значения рабочего вакуума при сосании и низкого в фазе отдыха они обеспечивают использованием сосковой резины повышенного качества. Вместе с тем имеются данные, что и при величине разрежения порядка 42-44 *кПа* возможно полное выдаивание. Это подтверждается успешным применением у таких производителей, как Westfalia Surge – 42 *кПа*, S.A.C. – 36...43 *кПа*.

Анализ исследований вакуумного режима доильных установок

Однозначного ответа на вопрос об уровне оптимальной величины вакуумного режима, используемого при доении, нет.

Нельзя утверждать, что, увеличив разрежение под соском с целью ускорения процесса молоковыделения, можно получить положительный эффект.

Это подтверждают исследования И.В.Герасименко во время проведения испытаний стенда для доильных аппаратов [3], когда при повышении вакуумметрического давления по сравнению с установленным заводским увеличение молоковыделения не было установлено. Увеличение разрежения также приводит к «наползанию» доильного аппарата на соски вымени, что сразу же замедляет выведение молока и при недостаточном внимании оператора сказывается на времени доения, а возможно, и вызывает «сухое» доение. Кроме того, как показывает анализ, периодические колебания разрежения, особенно в подсосковых камерах, во время доения могут находиться в пределах от 9,5 до 19,8 *кПа*, что напрямую связано с нарушением технологии доения животных.

Большую роль в процессе доения играет наличие раздражения рецепторов сосков вымени. Человеку не удастся создать доильный аппарат, повторяющий закономерности процесса сосания коровы теленком, который является идеальным с точки зрения физиологии способом извлечения молока [4]. В природных условиях развиваемый теленком при сосании вакуум не превышает 10–35 *кПа*. Помимо этого, во время сосания он языком выжимает молозиво в ротовую полость. Также извлечению молока из соска содействуют микроколебания, производимые языком и челюстями.

При преимущественном использовании более низкого вакуума по сравнению со значениями в 48...53 *кПа* необходимо учитывать физиологические функции молочной железы коров во время молокоотдачи. Как уже отмечалось выше, применение высокого рабочего вакуума связано с необходимостью воздействия на сосок для раскрытия сфинктера соска. Однако, как отмечает И.Г. Велиток [4], в период преддоильного состояния лишь сфинктеры сосков четвертей вымени понижают тонус. Состояние расслабления сфинктера у коров длится немногим менее 3 минут. Релаксационная реакция сфинктера так же, как и сократительная реакция миоэпителия альвеол, строго ограничена во времени. По мере выдаивания молока из цестернальной емкости ее гладкая мускулатура быстро и последовательно сокращается. Большое значение придается релаксационным рефлексам при подготовке вымени к размещению молока, поступающего из альвеол. Одновременно важно извлекать 40-50% молока, накопленного в вымени, с целью предупреждения его затруднительного поступления из альвеол. При этом использование высокого разрежения с целью предотвращения непосредственного воздействия на альвеолы недопустимо. И лишь после освобождения альвеол от молока возможно увеличение скорости молоковыделения во второй половине доения при разумном использовании частоты пульсаций.

Пока, при средних показателях надоя по ряду хозяйств в 4,0–4,5 тыс. *кг* молока в год от одной коровы, проблема уровня разрежения при доении высокопродуктивных животных не стоит так остро. Но, планируя в ближайшее время создание высокопродуктивного поголовья животных и учитывая низкую продолжительность использования лактирующих коров, считаем необходи-

мым рассмотрение этой проблемы. При этом нужно исследовать, является ли важным, учитывая продуктивность и скорую наполняемость вымени, и, как следствие, возможное более высокое давление внутри вымени (до 7 *кПа*), применение повышенного вакуумметрического давления. Также следует оценить значимость стабильных режимов работы доильной установки в целом, равно как и ее определяющих узлов: вакуумной станции, пульсаторов с изменяемым циклом работы и доильных стаканов, напрямую воздействующих на сосок животного.

Современные тенденции в проектировании и эксплуатации доильных машин

При создании доильных машин нового поколения высокие требования, в первую очередь, предъявляются к доильным аппаратам. Наиболее перспективным, по утверждению некоторых исследователей [5], представляется устройство, которое при соблюдении основных параметров работы самой машины будет иметь переналаживаемую конструкцию, соответствующую классификационным признакам животного. Открытая архитектура такой системы предполагает конструирование и применение отдельных блоков аппарата (доильного стакана, коллектора, пульсатора, молокоприемника и др.) при соблюдении стандартов на узлы и стыковочные элементы, влияющие на режимные характеристики работы машины в целом. Такие стандарты в отечественном молочном животноводстве до сих пор не установлены.

В Республике Беларусь продолжаются исследования оптимального вакуумного режима доения коров. Их анализ [6] доказывает определенные преимущества низковакуумного доения при 43–45 *кПа* по отношению к традиционно используемым режимам в 48–53 *кПа*. Так, при уменьшении вакуума с 48 до 43 *кПа* незначительно снижалась скорость доения при некотором увеличении разового удоя. Вместе с тем, при повышении вакуума с 43 до 48 *кПа* значительно увеличивалось количество молока, полученного при машинном доении коров, что свидетельствует о наполнении доильных стаканов на соски, особенно у высокопродуктивных животных. Несмотря на то, что, по результатам опытов группы, для животных продуктивностью 3000–6000 *кг* молока в год установлен оптимальным вакуумный режим 45 *кПа*, исследования в этом направлении нельзя считать окончательными. Это подтверждает использование уровня разрежения 43 *кПа* для животных высокой производительности в ряде стран с высокоразвитой механизацией и автоматизацией процессов.

Снижение рабочего вакуума до более безопасных значений 43–45 *кПа* становится возможным, благодаря постепенному переходу на доение в доильных залах. Это приводит к снижению потерь в вакуумной и воздушно-молочной магистрали доильных установок, поскольку значительно уменьшается расстояние передачи молока и распространения вакуума к доильному аппарату.

По экспертным оценкам [5, 7], недостаточен инструментальный контроль как работы доильных машин в целом, так и отдельных узлов. В первую оче-

редь это сказывается на вакуумных и молочно-вакуумных системах, переходных процессах вакуумного режима в подсосковых и межстенных камерах доильных стаканов, поэтому для перехода к использованию новых доильных установок при обслуживании высокопродуктивного скота необходимы дополнительные исследования. Кроме того, использование низковакуумного доения предполагает меньшие допуски по отклонению вакуумного режима от номинального значения, проведение не только необходимых исследований на стадии проектирования и монтаже доильной машины, но и постоянный полноконтурный контроль отклонений при ее эксплуатации.

Общие методические подходы к вопросу стабилизации вакуумного режима

Снижение колебаний разрежения зависит не только от состояния отдельных составных узлов установки, но и правильно спроектированной и смонтированной конструкции трубопроводов вакуумной и молочной линии. Разработаны и описаны некоторые оценочные методы при проектировании и расчете вакуумпроводов [8]. На начальных этапах, при проектировании вакуумной системы, используются математические методы для определения проводимости отверстий и трубопроводов, местных сопротивлений. Инженерные методы применяются для упрощения расчетов вакуумных систем, при сокращении числа расчетных факторов. Экспериментальные и натурные исследования связаны с определенными техническими трудностями. При проведении таких исследований возникают проблемы, вызванные необходимостью оперативного переоборудования доильной установки, фактор случайности, трудности в визуальном восприятии происходящих в установке процессов. Но эти методы рационально использовать для сравнения с эталонными установками.

При разработке доильной установки необходимо рассматривать работу как вакуумной, так и молочно-вакуумной систем. Потребность в вакууме известна и направлена на выполнение полезной работы (обеспечение доения, транспортировку молока, привод пульсатора). Но потери, возникающие вследствие негерметичности в соединениях и узлах системы при подключении животного к доильному аппарату, а также по длине трубопроводов, приводят к «нештатному» процессу доения даже в правильно спроектированной и смонтированной установке.

На основе изученных методов считаем актуальными обоснование и разработку метода полноконтурного параметрического контроля доильного оборудования. Это позволит вести непрерывный контроль расходных и пульсометрических параметров и, как следствие, обеспечит стабилизацию вакуумного режима.

Заключение

Использование высокого (48 *кПа*) рабочего вакуума в доении связано, с одной стороны, с вынужденной эксплуатацией физически и морально устаревшего оборудования советского производства, с другой – со стереотипным

подходом к доению и совершенствованию соответствующего модельного ряда современных доильных установок.

Эффективность низковакуумного (43 кПа) доения коров в промышленном производстве молока обеспечивается при доении высокопродуктивного скота (коров с продуктивностью 5000 кг и более за лактацию) и обусловлена увеличением времени производственного использования поголовья.

Эффективное и безопасное доение как при низком (43 кПа), так и при высоком (48 кПа) уровне рабочего вакуума требует контроля над процессами, протекающими в вакуумной и молочных магистралях, что вызывает необходимость разработки и обоснования метода полноконтурного параметрического контроля разряжения.

Библиография

1. Карташов, Л.П. Машинное доение коров [Текст] / Л.П. Карташов. – М.: Колос, 1982. – 301 с.
2. Соляник, С.С. Вакуумный режим доильных установок [Текст] / С.С. Соляник // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – №5. – С.15-16.
3. Герасименко, И.В. Разработка методики и определение конструктивно-режимных параметров испытательного стенда для доильных аппаратов [Текст]: автореф. дис. ... канд. тех. наук / Герасименко И.В. – Оренбург, 2008. – 20 с.
4. Велиток, И.Г. Технология машинного доения коров [Текст] / И.Г. Велиток. – М.: Колос, 1975. – 256 с.
5. Карташов, Л.П. Концепция развития доильных аппаратов [Текст] / Л.П. Карташов, З.В. Макаровская // Техника в сельском хозяйстве. – 2003. - №1. – С.15-18.
6. Барановский, М.В. Оптимизация вакуумного режима доения коров [Текст] / М.В. Барановский [и др.] // Зоотехническая наука Беларуси. – Жодино, 2007. – С.440-445.
7. Побединский, В.М. Дополнительные параметры при тестировании доильного оборудования [Текст] / В.М. Побединский [и др.] // Материалы XIII-го Международного симпозиума по вопросам машинного доения коров. – Гомель, 2006. – С.49-53.
8. Китиков, В.О. Анализ методов исследования вакуумированных трубопроводов станочных доильных установок [Текст] / В.О. Китиков, Ю.А. Давидюк // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич.сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». Вып.39 – Мн., 2005. – С.165-169.

УДК 637.112

Е. Юговар, С. Винницки, В. Романюк

(Институт строительства, механизации и электрификации сельского хозяйства

г. Познань, Польша);

Р. Гловицка-Волошын

(Институт физкультуры,

г. Познань, Польша)

**ВЛИЯНИЕ ДВУХ ВИДОВ
СОСКОВОЙ РЕЗИНЫ,
ПРИМЕНЯЕМОЙ В
ДОИЛЬНЫХ АППАРАТАХ,
НА КОЛИЧЕСТВО
СОМАТИЧЕСКИХ
КЛЕТОК В МОЛОКЕ
КОРОВ-ПЕРВОТЕЛОК**

Введение

В последнее время рост молочной продуктивности коров сопровождается большей чувствительностью молочной железы к факторам внешней среды и ее более частыми заболеваниями. Принято говорить, что воспаление вымени –

это «профессиональная» болезнь высокопродуктивных коров. Проникновение микроорганизмов в вымя происходит, в основном, через сосковый канал. Повреждение смыкающей сосок мышцы наступает в результате механического воздействия сосковой резины и вакуума в сосковой камере. Ведутся поиски более эластичной сосковой резины, щадяще воздействующей на сосок. Большой эластичностью отличается силикон. Желтую силиконовую сосковую резину применяет фирма «Вестфалья». Польская фирма «Генес» производит белую прозрачную силиконовую сосковую резину, положительное влияние которой на морфологическое состояние конца соска в сравнении со стандартными резинами доказали предыдущие исследования (Nańskowiak i in. 2006). Настоящая работа является продолжением этих опытов и рассматривает влияние доения разной сосковой резиной на количество соматических клеток в молоке коров-первотелок.

Объекты и методы исследований

Исследования проводились на коровах-первотелках, круглый год содержащихся в коровнике на привязи, в стойлах с подстилкой. Средняя продуктивность стада – около 7 тыс. кг молока в год. Тип доильного оборудования – молокопровод. В одной части коровника коров доили аппаратами со стандартной сосковой резиной, а в другой – силиконовыми фирмы «Генес» (www.genes.home.pl).

Количество соматических клеток (КСК) анализировали в зависимости от вида сосковой резины. Исходные данные основывались на стандартах государственного контроля молочной продуктивности, проводимого по системе АТ4. Перед статистической обработкой исходные данные КСК переводили на баллы по шкале Dairy Herd Improvement – DHJ (Philpot i Nickerson 2006). Суть шкалы в том, что КСК ниже 25 тыс./мл – это один балл, ниже 50 тыс./мл – 2 балла, выше 6 400 тыс./мл – до 9 баллов. Исследования проводились на коровах, отелившихся в течение 4 лет, с 2001 по 2004 годы. Соотношение количества коров в группах и по годам представлено в таблице 25.

Таблица 25 – Количество коров-первотелок в опыте

Вид сосковых резин	Год				Итого
	2001	2002	2003	2004	
Резиновые – Р	12	21	28	16	77
Силиконовые – С	22	19	14	6	61

Результаты исследований

В таблице 26 представлено распределение проб молока 10-месячной стандартной лактации для обеих групп в годы исследования.

В 2001 г. процент проб с КСК ниже 400 тыс./мл был в этих группах почти одинаковым и составлял 76,6% и 76,7%. В это время в Польше молокозаводы покупали 64,8% молока класса экстра (Rasz 2007). В 2002–2004 годах

наибольшее количество молока с КСК ниже 400 тыс./мл было получено от коров, доившихся аппаратами с силиконовой сосковой резиной – от 82,4% до 86,1%. При доении со стандартной резиной эта цифра составила 72,9% – 81,1%. Это меньше, чем предъявляется требованиями для молока класса экстра (93%), покупавшегося молокозаводами в 2004 г. (Anonim 2007).

Таблица 26 – Распределение проб молока в отношении КСК по шкале ДНІ

КСК по шкале ДНІ	2001		2002		2003		2004	
	Р	С	Р	С	Р	С	Р	С
1	2,5%	1,4%	2,1%	2,1%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
2	9,2%	7,3%	9,3%	10,7%	10,7%	8,3%	17,0%	3,5%
3	26,7%	30,7%	23,7%	26,2%	25,9%	34,1%	19,6%	36,8%
4	22,5%	25,7%	30,4%	25,7%	19,6%	31,8%	30,1%	29,8%
5	15,8%	11,5%	14,4%	21,4%	16,3%	11,4%	14,4%	12,3%
6	7,5%	8,3%	5,2%	9,1%	12,6%	7,6%	9,8%	8,8%
7	4,2%	7,8%	7,7%	3,2%	7,0%	3,0%	3,3%	1,8%
8	7,5%	4,6%	4,1%	0,5%	4,8%	0,8%	3,3%	3,5%
9	4,2%	2,8%	3,1%	1,1%	2,6%	3,0%	2,6%	3,5%
Всего:	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

В обеих группах находились коровы всех классов по шкале ДНІ (рисунки 99, 100, 101). Самое большое количество проб молока было в классах 3, 4 и 5, показатели ниже 100, 200 и 400 тыс. КСК/мл. Было обнаружено, что большее количество молока высокого качества получили от коров, которых доили аппаратами с силиконовой резиной, нежели обычными аппаратами (таблица 27). В случае 10-месячной лактации от коров, которых доили со стандартной резиной, за весь 4-летний период получено 77,1% проб молока с КСК ниже 400 тыс./мл. Тогда как от коров, доившихся силиконовыми сосковыми резинами, было получено 82,2% проб с таким же показателем КСК. Разница в 5,1% оказалась статистически существенной (таблица 27). В продленной части лактации больше проб молока с КСК ниже 400 тыс./мл также было получено от коров, которых доили силиконовой резиной (рисунок 100).

Таблица 27 – Сравнение процента проб молока, соответствующего требованиям при покупке молокозаводом, в зависимости от вида сосковой резины

Период опыта	Вид сосковых резин	Процент проб с КСК максимально до 5 баллов по шкале ДНІ	Величина <i>p</i>
10-ти месячная лактация	стандартная (Р)	77,1%	0,000
	силиконовая (С)	82,2%	
В продленной части лактации	стандартная (Р)	67,2%	0,144

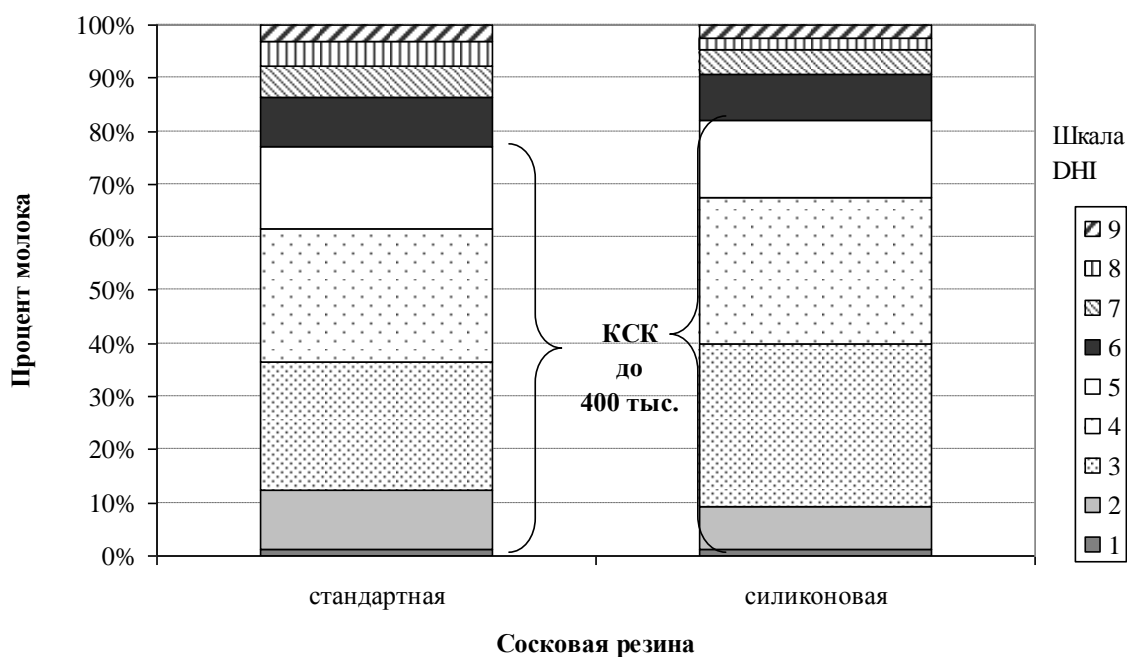


Рисунок 99 – Процентная структура проб молока в отношении КСК по шкале ДНІ в 10-ти месячной лактации за весь период опыта

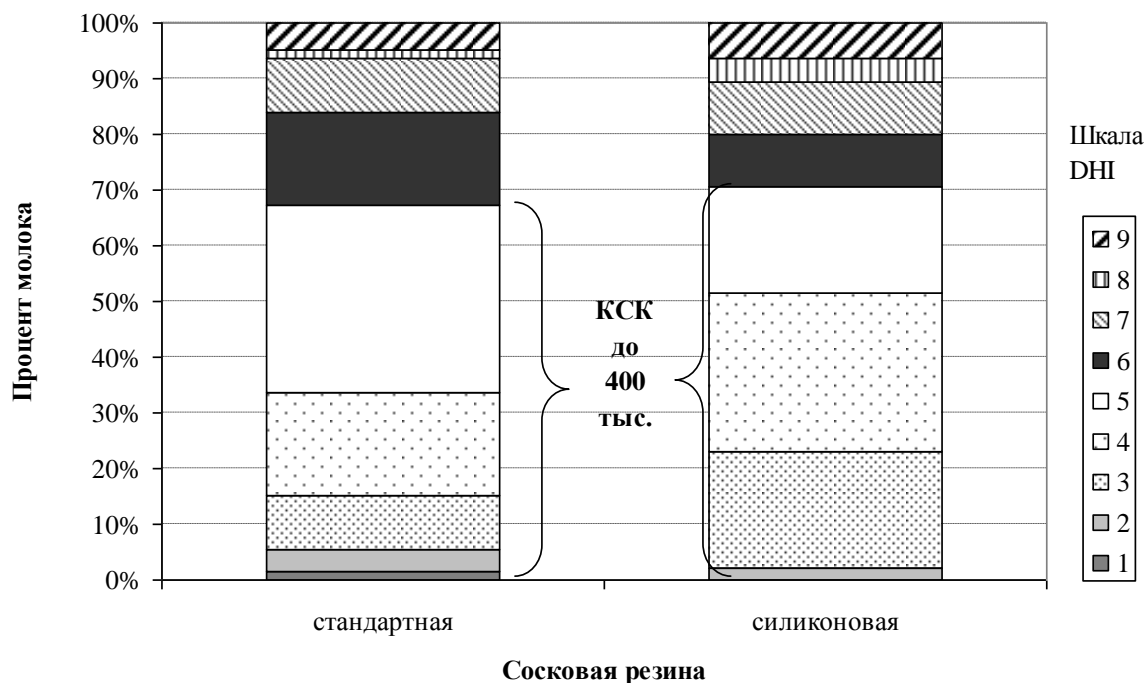


Рисунок 100 – Процентная структура проб молока в отношении КСК по шкале ДНІ в продленной части лактации за весь период опыта

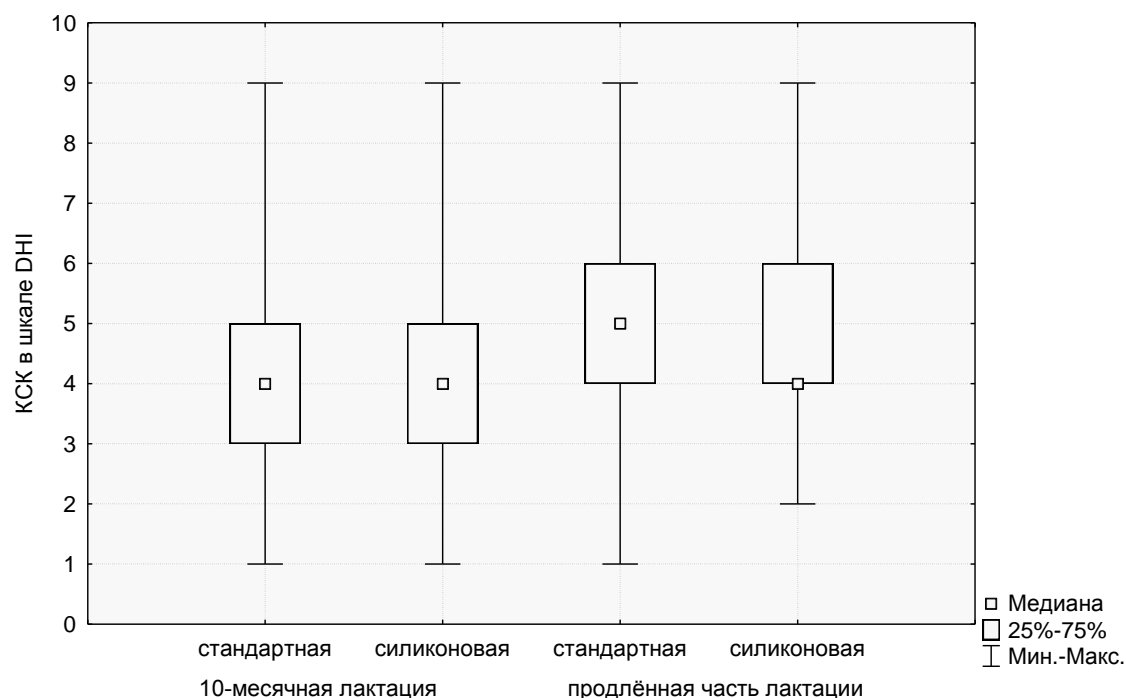


Рисунок 101 – Позиционная характеристика проб молока в отношении КСК по шкале ДНІ за весь период опыта

В обеих группах была выявлена статистически существенная разница процента проб молока с КСК ниже 400 тыс./мл между начальной 10-месячной стандартной лактацией и продленной частью лактации (таблица 28).

Таблица 28 – Сравнение процента проб молока, соответствующего требованиям при покупке молокозаводом, в зависимости от стадии лактации

Вид сосковых резин	Период опыта	Процент проб с КСК максимально до 5 баллов по шкале ДНІ	Величина <i>p</i>
Стандартные	10-ти месячная лактация	77,1%	0,000
	в продленной части лактации	67,2%	
Силиконовые	10-ти месячная лактация	82,2%	0,000
	в продленной части лактации	70,5%	

Характеристика проб молока (рисунок 101) в 10-месячной лактации показывает, что нет разницы между группами как по величине медианы, в пределах 25 и 75%, так и в пределах колебаний. И наоборот, в продленной части лактации получено молоко худшего гигиенического качества в сравнении с молоком начала лактации. В конечной части лактации медиана была ниже для силиконовой резины в сравнении со стандартной резиной.

Выводы

Исследовав процесс доения коров-первотелок стандартной или силиконовой сосковой резиной, можно установить, что процент проб молока с КСК ниже 400 тыс./мл:

- был выше при доении силиконовыми резинами как в 10-месячной, так и продленной части лактации. В период 10-месячной лактации разница между группами была статистически существенной;

- в обеих группах процент проб молока был ниже в 10-месячной лактации в сравнении с продленной частью лактации. Разница была статистически существенной.

Библиография

1. Anonim 2007, Program Rozwoju Obszarów Wiejskich 2007–2013 MRiRwsi, 2007.
2. Hańkowiak A., Winnicki S., Głowicka-Wołoszyn R., Weglarzy K.: 2006, Wpływ rodzaju gum strzykowych w kubkach udojowych na zmiany morfologiczne zakończenia strzyka u krów, Roczn. Nauk. Zoot., T.33, Z.1, 133-140.
3. Philpot W. N., Nickerson S.C.: 2006, Zwyciężyć w walce z mastitis, Wyd. Westfalia Surge Polska Sp. Z.o.o.
4. Rasz H., Dostosowanie poskich norm żywnościowych do norm obowiązujących w Unii Europejskiej, Informacja BSiE nr 961 (IP- 102 G), 2007.

УДК 637.116:621.65

**В.И. Передня, М.В. Колончук,
С.В. Лосик**

*(РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

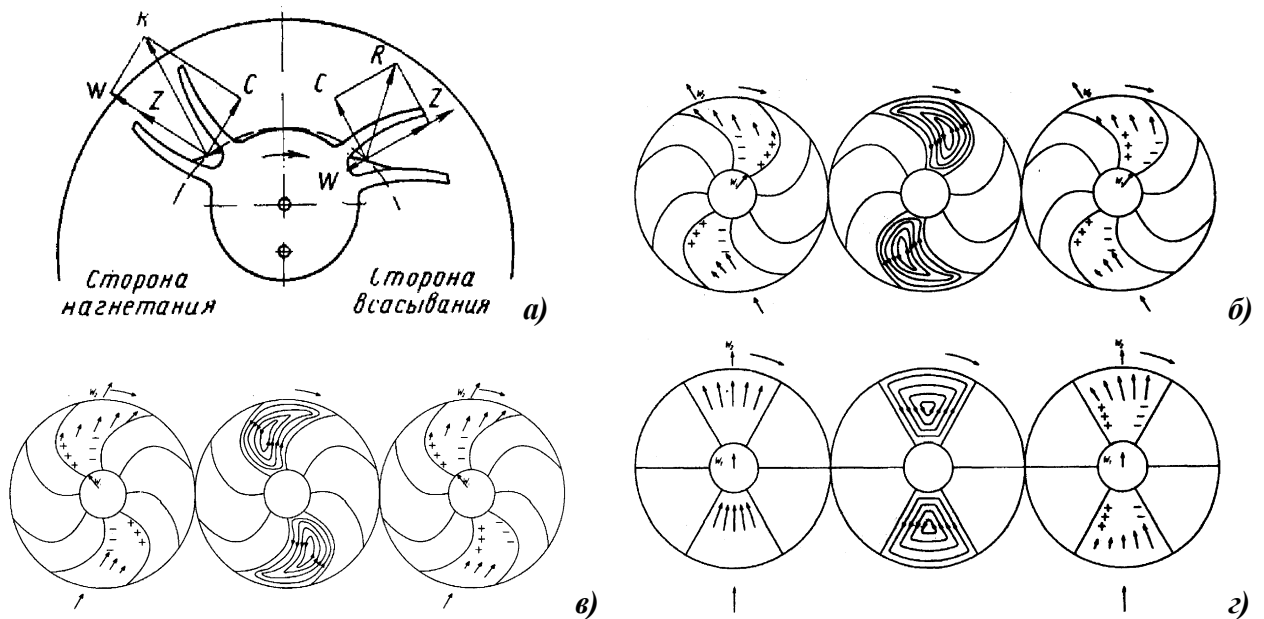
ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВАКУУМНЫХ НАСОСОВ

Введение

Эффективность работы доильных установок различных модификаций определяется постоянством вакуумного режима. Источником вакуума служат водокольцевые и пластинчатые насосы производительностью 45–60 м³/ч при вакуумметрическом давлении 46–50 кПа. Качество насоса лучше, если шире диапазон давления, в пределах которого быстрота действия насоса мало изменяется, и если меньше потребляемая мощность. Передача энергии в водокольцевом насосе осуществляется по сложной схеме «рабочее колесо – жидкостное кольцо – воздух – лобовина». Фактическая производительность насоса в 2–3 раза меньше теоретической, а удельная энергоёмкость достигает 0,06–0,07 кВт/(м³/ч). Причиной этого является несовершенство конструктивных элементов насосов.

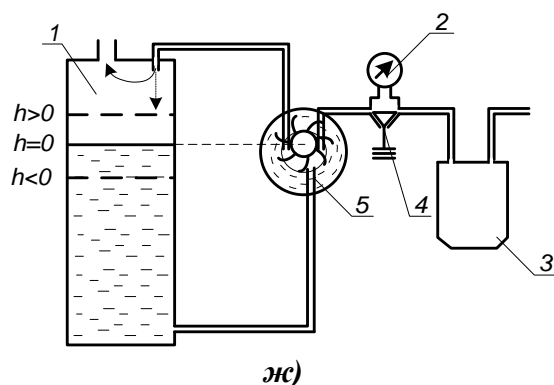
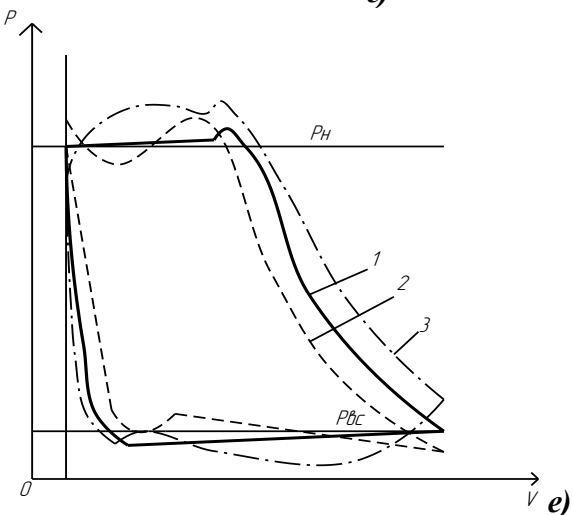
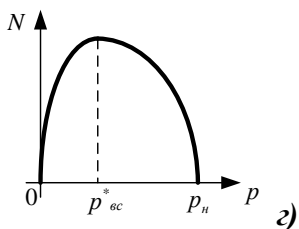
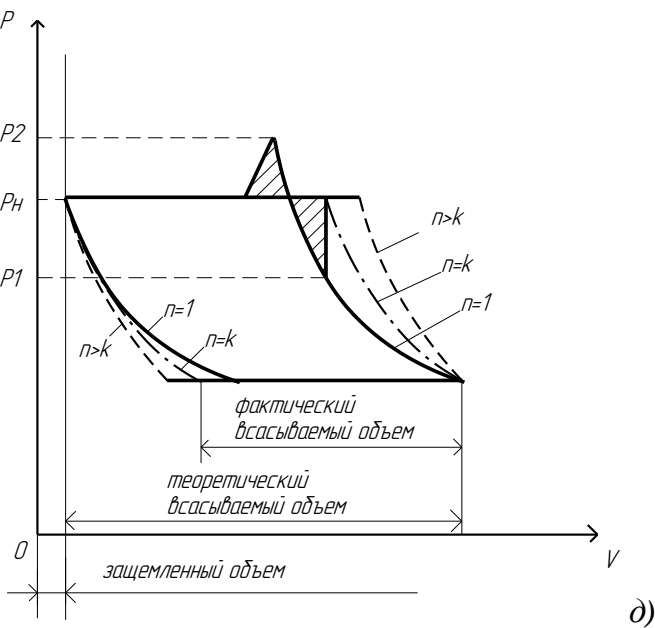
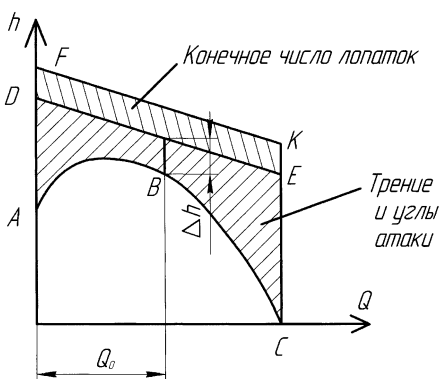
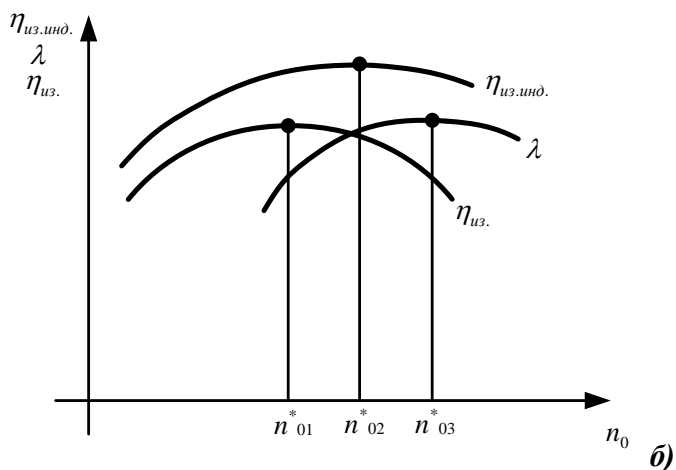
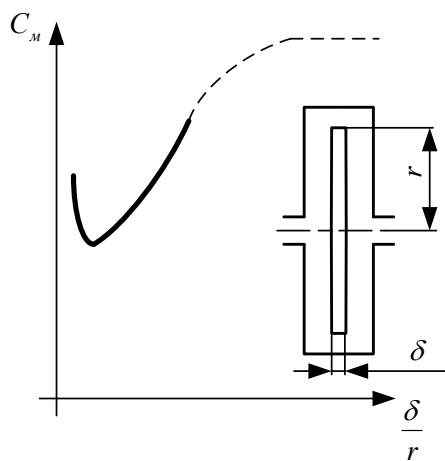
Основная часть

Сложность оптимизации конструктивных параметров ротора водокольцевого насоса обусловлена различием принципов его работы на сторонах всасывания и нагнетания. Со стороны всасывания насоса (рисунок 102 *а*) на частицу жидкостного поршня действуют центробежная сила Z и сила сопротивления инерции W , направленные навстречу друг другу [1], а сила Кориолиса C действует против направления угловой скорости (так же, как и у центробежного насоса). На стороне сжатия центробежная сила Z и сила инерции W имеют одинаковое направление, а сила Кориолиса C действует по направлению угловой скорости (аналогично турбине). Движение жидкости в межлопаточном пространстве жидкостного кольца сложное. При вращении ротора относительное циркуляционное течение вносит дополнительные скорости, направленные вдоль радиуса. Поэтому скорости частиц вблизи вогнутой поверхности лопатки, загнутой назад, увеличиваются, а вблизи выпуклой поверхности – уменьшаются (рисунок 102 *а*). Неравномерное поле скоростей изменяет давление (снижение давления отмечено знаком «-», а его повышение – знаком «+») (рисунок 102 *б*). На стороне нагнетания течение жидкости направлено радиально от периферии к центру. Циркуляционное движение также сохраняет свое направление, изменяя величины скоростей (рисунок 102 *б, в, г*). Радиальная скорость частицы, движущейся в окружном направлении в соответствии с условиями равновесия по второму закону Ньютона, переменная в сечении ячейки. Вследствие этого с одной стороны ячейки радиальная скорость ниже, чем с другой, при этом усиливаются гидродинамические потери энергии (рисунок 103 *д*).



а) действующие силы; б), в), г) распределение скоростей идеальной жидкости в ячейке при отсутствии и наличии относительного вихря и в суммарном поле для лопаток различных форм

Рисунок 102 – Гидродинамические характеристики насоса



- а) гидродинамические потери мощности от трения (зависимость коэффициента момента сопротивления C_m от осевого зазора S для гладкого свободного диска при турбулентном течении);
- б) зависимость КПД и коэффициента откачки от частоты вращения вала насоса; в) конечное число и углы атаки лопаток; з) влияние давления всасывания на мощность сжатия воздуха;
- д) разные термодинамические процессы и давления нагнетания; е) разные конечные давления всасывания; ж) разные гидростатические давления (1 – емкость с водой; 2 – вакуумметр; 3 – молокоприемник; 4 – клапан; 5 – вакуумный насос)

Рисунок 103 – Факторы гидродинамических потерь мощности

В соответствии с теорией центробежных колес величина окружной составляющей скорости при вперед загнутых лопатках выше, чем при использовании лопаток других типов, что и обеспечивает им более высокий напор и давление в кольце жидкости, а следовательно, и большую устойчивость жидкостного кольца. Но, с другой стороны, работа ротора на стороне всасывания, видимо, столь же мало экономична, как и у ротора центробежного насоса с вперед загнутыми лопатками.

Эффективная мощность на валу водокольцевого насоса складывается из мощности сжатия парогазовой смеси, мощности гидродинамических потерь и мощности, затрачиваемой на преодоление трения в сальниках и подшипниках. Около 50% мощности, подводимой к рабочему колесу насоса, затрачивается на вращение жидкостного кольца объемом более 2 литров. Часть жидкостного кольца выдавливается вместе с воздушным потоком в нагнетательное отверстие. Поэтому в процессе работы водокольцевого насоса требуется циркуляция воды (более 10 литров в минуту) для поддержания необходимого объема жидкостного кольца при изменении вакуумметрического давления. Способы подачи воды для образования жидкостного кольца оказывают большое влияние на работу вакуумного насоса и должны быть детально исследованы.

При постоянном эксцентриситете увеличение радиального зазора выводит лопатки в нижнем сечении из жидкостного кольца. В связи с этим он берется от 1 до 4 мм лишь по конструктивным соображениям. Силы трения, возникающие при вращении ротора в вязкой жидкости, снижают коэффициент полезного действия. Момент трения ротора в насосе определяет величина осевого зазора (рисунок 103 а).

Минимальное сопротивление свойственно определенному зазору. Ослабить отрицательные последствия увеличения зазоров другими мерами (например изменением числа оборотов) сложно. С целью снижения энергетических потерь скорость воздуха должна лежать в определенных пределах, которые обуславливают, в свою очередь, пределы чисел оборотов ротора. От выбранной частоты вращения вала насоса зависят размеры и долговечность нагруженных узлов, металлоемкость и себестоимость изготовления насоса, значения полного и индикаторного коэффициентов полезного действия. Причем выбирают для насоса частоту вращения вала, соответствующую максимальному значению полного коэффициента полезного действия, так как в этом случае достигается наибольшая экономичность работы (рисунок 103 б). Изменение параметров, характеризующих условия работы насоса, влияет на оптимальное значение частоты вращения вала. В связи с тем, что нормальный ряд чисел оборотов электродвигателей изменяется ступенчато, число оборотов ротора водокольцевого вакуумного насоса редко соответствует оптимальному значению для насосов данной характеристики.

Выбор электродвигателя с более низким числом оборотов в этом случае увеличивает размеры и вес насоса. Чрезмерное число оборотов ротора уменьшает серповидную площадь для размещения отверстий. Потери, возникающие при входе и

выходе воздуха в ячейку, минимальны при малых скоростях. Это можно предотвратить путем увеличения площади поперечного сечения серповидного пространства, заполняемого воздухом. Постоянная площадь всасывающего и нагнетательного отверстий соответствует одному режиму работы насоса – минимальному предельному рабочему давлению. Вакуумные же насосы для доильных установок должны быть спроектированы для допускаемого диапазона давлений – 48–52 кПа. Этому диапазону давлений должны соответствовать формы окон, обеспечивающие наиболее эффективные режимы работы и наименее энергоемкие процессы.

Однако их размеры и расположение принимаются из условия обеспечения максимального вакуумметрического давления. Это, в конечном итоге, увеличивает энергопотребление насоса. Чрезмерное уменьшение углов увеличивает потери. Высокое конечное давление нагнетания, превышающее расчетное значение, сопровождается потерями энергии сжатия (рисунок 103 в). Малое конечное давление сжатия допускает натекание атмосферного воздуха в полость ячейки до момента выравнивания давлений в полости и пространстве нагнетания.

Совершенство конструкции ротационного вакуумного насоса определяет степень соответствия индикаторных диаграмм действительного и идеального процессов сжатия воздуха. Термодинамический процесс сжатия воздуха в ротационных водокольцевых машинах малой производительности оценивается, в основном, по критериям подобия из данных, полученных для насосов большой производительности. Наименьшая работа, затрачиваемая при получении 1 кг сжатого воздуха, обеспечивается изотермическим сжатием и полностью превращается в тепло. Для этого необходимо отводить от воздуха все количество тепла, эквивалентное работе сжатия. Причем его отвод должен совпадать по времени с подводом механической энергии. Недостаточно интенсивный отвод тепла не дает оснований для соответствия фактического процесса сжатия воздуха изотермическому. Действительный процесс не совпадает и с адиабатой. Кривая сжатия фактически проходит выше изотермы и адиабаты (рисунок 103 д). Объясняется это тем, что значительная часть сжатого воздуха просачивается через торцовые зазоры в ячейки с низким давлением, и, таким образом, повышение давления идет более интенсивно, чем следовало бы по адиабате. Объяснить это можно также недостаточно интенсивным отводом тепла от сжатого воздуха.

Для процессов с переменной массой рабочего тела процесс сжатия идет выше адиабаты с показателем политропы $n = 1,05 \dots 2,17$. При уменьшении показателя политропы увеличивается «потерянная» на обратное расширение воздуха часть рабочего объема цилиндра (рисунок 103 д). Потребляемая вакуумным насосом мощность определяется также величиной рабочего вакуумметрического давления. Существует давление, при котором мощность, потребляемая насосом, будет иметь максимальное значение (рисунок 103 з). Производительность насоса зависит от колебаний давления во всасывающем трубопроводе, так как от давления в конце всасывания зависит величина мас-

сы газа, который дальше будет сжат в насосе (рисунок 103 *е, ж*). Производительность насоса зависит также и от колебаний давления в нагнетательном трубопроводе, так как давление в конце процесса нагнетания определяет объем в конце процесса расширения воздуха из заземленного пространства и объемный коэффициент насоса.

Негерметичность рабочей полости вакуумного насоса позволяет воздуху перетекать из полости высокого давления в полость низкого давления через торцовые, радиальные и щелевые зазоры, снижая быстроту действия и увеличивая удельные затраты энергии более чем на 10–30%. Массовый и тепловой баланс на участке всасывания выделяет влияние температуры и протечек воздуха через зазоры на коэффициент откачки насоса. Подогрев воздуха во время всасывания увеличивает работу сжатия и уменьшает производительность насоса. Подогрев всасываемого воздуха обуславливается, во-первых, его соприкосновением с горячими деталями (ротором и цилиндром, лобовиной и крышкой), превращением энергии, затрачиваемой на проталкивание его через всасывающее отверстие, в теплоту, а также смешиванием воздуха, вновь поступающего в цилиндр, с воздухом, оставшимся в заземленном объеме.

При увеличении температуры всасываемого воздуха на 1 *K* работа, затраченная на сжатие 1 *кг* воздуха, возрастет примерно на 0,33%, а при увеличении температуры всасываемого воздуха на 3 *K* – на 1%. Воздействие вышеупомянутых факторов снижает коэффициент подогрева до 0,9–0,98. Влияние влажности воздуха (представляющего собой смесь сухого воздуха и водяного пара) обуславливается снижением относительной влажности воздуха при его сжатии и, соответственно, росте температуры. Это снижает производительность насоса. Откачка влажного воздуха повышает удельный расход энергии, потребляемый насосом.

Поэтому обеспечение расчетного режима работы водокольцевого вакуумного насоса имеет большое значение для повышения его технико-экономических показателей. Целью работы является снижение удельной энергоемкости водокольцевого вакуумного насоса и повышение стабильности его работы, а задачей – выявление и оценка значимых факторов, влияющих на работу вакуумной установки.

Поиск рациональных параметров заключался в том, чтобы после небольшого числа опытов найти такое сочетание параметров, которое оптимизировало бы показатели эффективности элементов вакуумного насоса для доильных установок на молочно-товарных фермах с поголовьем 100 коров. На основании существующей информации определены наиболее существенные факторы каждого структурного элемента: ротора – наклоны лопаток и втулки ротора; лобовины – углы всасывания и сжатия; патрубка подвода рециркуляционной жидкости – диаметр, радиальное и угловое положение отверстия; насоса – температура и плотность рабочей жидкости, торцовый зазор. Формы лопаток ротора (прямые и изогнутые) дополнены лопатками цепной формы.

Это обеспечивает минимальное время движения жидкости вдоль лопатки и вихреобразование. Критерием интенсивности вихреобразования служит величина радиальной скорости w_r , которая пропорциональна углу между радиусами R и r и определяется разностью абсолютной скорости на выходе с лопатки рабочего колеса c (векторная сумма переносной u и относительной скоростей) и скорости v в пространстве без лопаток. Используя теоремы синусов и косинусов (рисунок 104 а), получаем:

$$w_2 / \sin \alpha = \sqrt{u_2^2 + w_2^2 - 2u_2 \cdot w_2 \cdot \cos(\pi - \beta_2)} / \sin \beta_2 \rightarrow$$

$$\sin \alpha = w_2 \cdot \sin \beta / \sqrt{u_2^2 + w_2^2 + 2u_2 \cdot w_2 \cdot \cos \beta_2},$$

где $w_2 = c_{2r} / \sin \beta = [2R \cdot n \cdot (1 - v) / \sin \beta]$ – относительная скорость;

$u_2 = 2\pi \cdot R \cdot n$ – окружная скорость;

$v = r/R$;

n – число оборотов в минуту;

α – угол между окружной скоростью u_2 и результирующей c_2 .

В точке C жидкостного пространства скорость v жидкости направлена по касательной к траектории своего движения (по линии CO на рисунке 3 б). Отсутствие радиальной скорости w_r возможно при совпадении скоростей c_2 и v , если $\angle OCE = \alpha$.

Так как $\angle OCE = \angle ACB$ (углы $\angle ECA$ и $\angle OCB$ прямые), то из треугольника ABC по теореме синусов (рисунок 104 б) $AC / \sin(\pi - \varphi) = AB / \sin \delta$, откуда

$$\sin \delta = e \cdot \sin \varphi / (r + e),$$

где φ – угол поворота.

Так как в равнобедренном треугольнике COH ($CH = CO = c_2 = v$) $HO = w_r$, то радиальная скорость на выходе с лопатки на стороне всасывания и нагнетания:

$$w_r^{bc} = 2c_2 \cdot \sin((\delta - \alpha)/2);$$

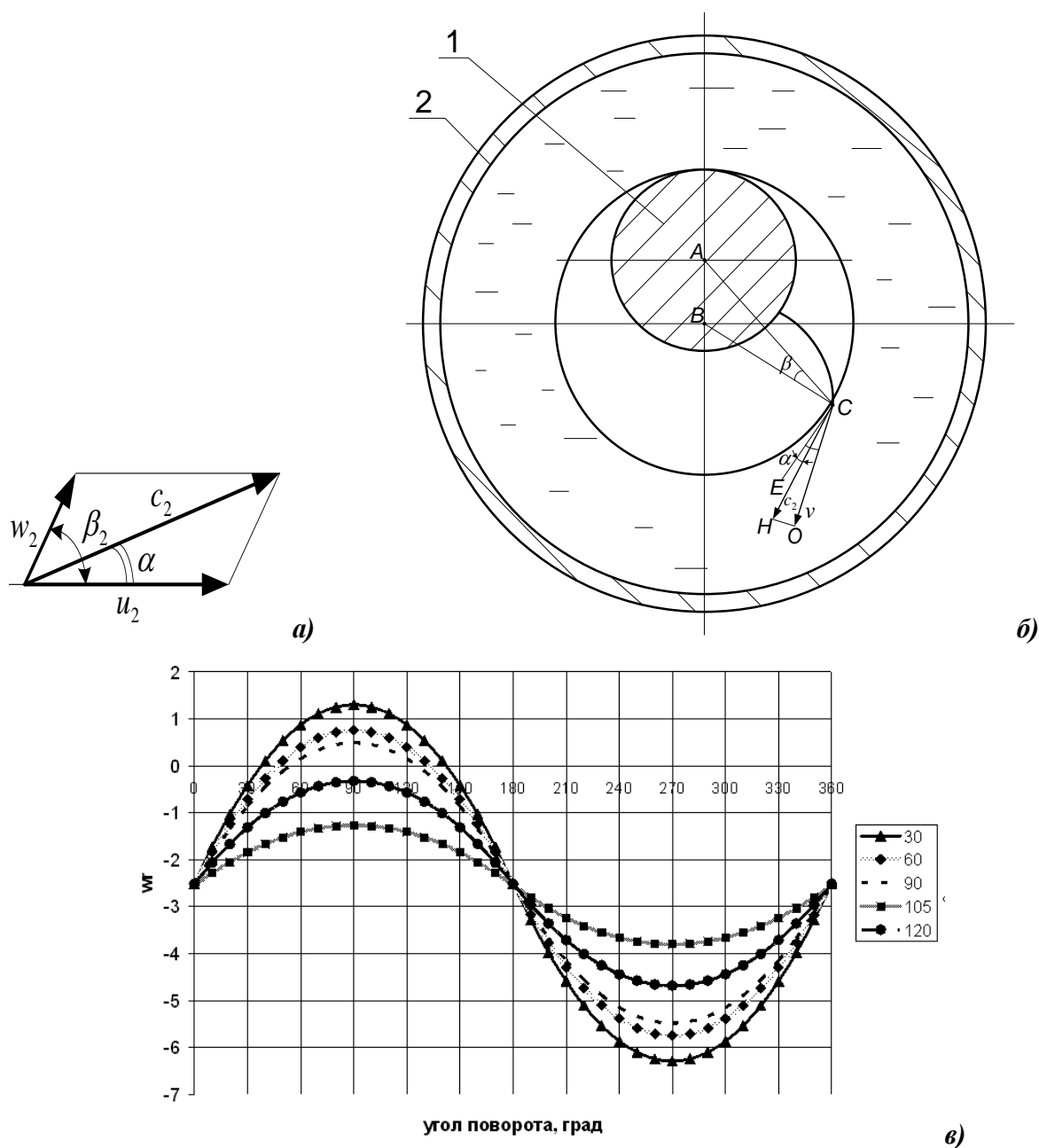
$$w_r^H = 2c_2 \cdot \sin((\delta + \alpha)/2),$$

где $\beta = \arcsin(e \cdot \sin \varphi / (r + e + e \cdot \sin \varphi))$;

$$\alpha = \arcsin\left(w_2 \cdot \sin \beta_2 / \sqrt{u_2^2 + w_2^2 + 2u_2 \cdot w_2 \cdot \cos \beta_2}\right).$$

Максимальную скорость C_2 (завихрения жидкости) создают лопатки с углом наклона $\beta_2 < 30^\circ$ (рисунок 104 в). Наименьшие радиальные скорости w_r на стороне всасывания соответствуют углам наклона лопаток $60^\circ < \beta_2 < 120^\circ$. Снижение скорости жидкости на выходе с лопатки обуславливает ухудшение энергетических характеристик насосов с лопатками, загнутыми назад. На стороне нагнетания радиальные скорости w_r меньше для лопаток, загнутых назад, и минимальны при углах $\beta_2 \approx 98^\circ$. Однако скорость C_2 лопаток, загнутых

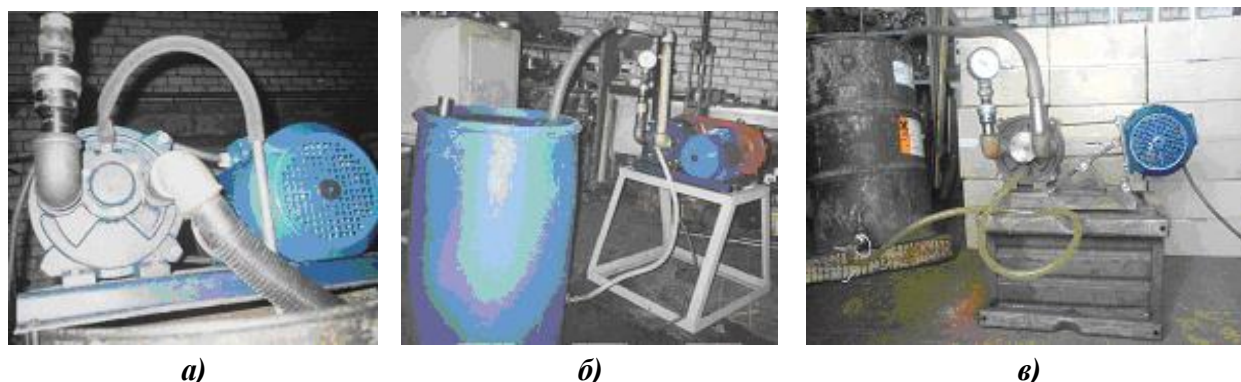
назад, меньше лопаток, загнутых вперед. Этим предполагается наличие минимума удельной мощности в интервале углов $\beta_2 > 60^\circ$.



а) параллелограмм относительной и окружной скоростей; **б)** элемент жидкости на выходе с лопатки (1 – ротор; 2 – корпус; А – центр ротора; В – центр корпуса; углы $\angle ECA$ и $\angle OCB$ – прямые); **в)** зависимость радиальной скорости от угла поворота для различных углов выхода
Рисунок 104 – Кинематические характеристики элементов жидкостного кольца

Пополнение водяного кольца осуществляли тремя способами: под избыточным гидростатическим давлением (рисунок 105 а), всасыванием с нулевым гидростатическим давлением (рисунок 105 б), всасыванием вакуумметрическим давлением (рисунок 105 в). Выявлено, что увеличение гидростатического давления снижает удельную потребляемую насосом мощность. Подача рецир-

куляционной жидкости с нулевым гидростатическим давлением упрощает работы по запуску насоса.



а)

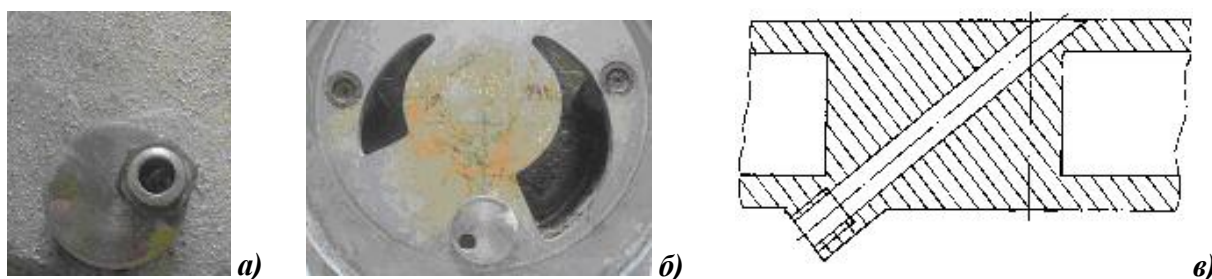
б)

в)

а) отрицательный; б) нулевой; в) избыточный

Рисунок 105 – Гидростатические способы подвода рециркуляционной жидкости

Пополнение жидкостного кольца осуществляли путем подвода воды во втулку ротора или его кольцевую выточку, а также в серповидное пространство. Пополнение жидкостного кольца через кольцевую выточку или центр втулки максимально увеличивает скорость нагрева жидкости (до температуры 80°C за время дойки). Пополнение жидкостного кольца через серповидное пространство эффективнее при рациональном диаметре и расположении водоподводящего патрубка. Вода, пополняющая жидкостное кольцо на всасывающей стороне вакуумного насоса, снижает момент количества движения кольца. Большой диаметр патрубка рециркуляционной жидкости увеличивает подачу воды и потребляемую мощность и снижает производительность насоса. Малый диаметр отверстия снижает скорость пополнения жидкостного кольца. Вследствие чего отход жидкостного кольца от втулки ротора способствует перетеканию воздуха в верхней части насоса из полости нагнетания в полость всасывания, снижая производительность насоса. Жидкость, подаваемая через отверстие на стороне нагнетания, повышает интенсивность отвода тепла от воздуха, что снижает энергетические затраты в процессе сжатия (рисунок 106 *а, б*).



а)

б)

в)

а) поворотная пробка в лобовине; б) штуцерные отверстия (диаметр 6; 8 и 10 мм);

в) наклонный канал

Рисунок 106 – Поиск рационального положения водоподводящего штуцера

Эффективность размещения патрубка подвода рециркуляционной жидкости в зону нагнетания серповидного пространства объясняется незначительным сжа-

тием воздуха при углах поворота ротора $\varphi \leq 50^\circ$. Наклон канала подачи жидкости позволяет снизить гидравлические потери и завихрения, возникающие при входе добавочной жидкости в жидкостное кольцо, а также затраты энергии на вращение жидкостного кольца (рисунок 106 в). Увеличение расхода воды снижает производительность насоса и повышает потребляемую мощность.

Заключение

При создании вакуумной установкой вакуумметрического давления, равного 50 кПа , оптимальный размер нагнетательного отверстия водокольцевого насоса для подвода рециркуляционной воды равен $7\text{--}8 \text{ мм}$. Отверстие следует располагать в ячейке максимального объема на стороне угла начала сжатия на расстоянии $0,85$ радиуса ротора. Допустимый радиальный зазор консольных вакуумных насосов составляет $2\text{--}3 \text{ мм}$, а двухпорных насосов – $1\text{--}2 \text{ мм}$. Минимальный торцовый зазор ($0,1\text{--}0,2 \text{ мм}$) снижает удельную потребляемую мощность вакуумных насосов. Внесенные конструктивные изменения позволят повысить производительность вакуумного насоса с 60 до $75 \text{ м}^3/\text{ч}$, снизив потребляемую мощность с 4 до $3,8 \text{ кВт}$.

Библиография

1. Колончук, М.В. Исследование кинематических и режимных параметров водокольцевого вакуумного насоса для доильных установок [Текст] / М.В. Колончук. – Агропанорама, 2007. – №4. – С.25-34.

УДК 631.363.2

**В.И. Хруцкий, В.И. Передня,
А.И. Пунько, С.В. Гаврилович,
А.М. Тарасевич**

*(РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКТ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОМБИКОРМОВ В УСЛОВИЯХ ХОЗЯЙСТВ

Введение

На современном этапе развития ставится задача повышения рентабельности производства продукции животноводства, а определяющим фактором себестоимости животноводческой продукции являются корма, которые в структуре себестоимости составляют $55\text{--}70\%$ от общих затрат [1].

Повышение продуктивности животных, снижение затрат кормов на единицу продукции немислимы без рационального использования кормов. Поэтому для эффективного использования их необходимо сбалансировать по питательности. С целью стабилизировать полноценное кормление животных в мировой науке и практике все больше внимания уделяется концентрированным кормам. Именно благодаря зернофуражным кормам можно сбалансировать кормление по недостающим элементам питания.

В соответствии с прогнозом, разработанным РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» совместно с Минсельхозпродом, для обеспечения полной потребности животноводства республики в концентрированных кормах и рационального использования зерна в ближайшие время необходимо производить около 7,5 млн. тонн комбикормов в год. Более половины этого объема будет производиться для крупных животноводческих комплексов и птицефабрик на государственных комбикормовых заводах Птицепрома и Департамента хлебопродуктов Минсельхозпрода. Остальную часть комбикормов целесообразно приготавливать непосредственно в хозяйствах.

Близость производства комбикормов и кормовых добавок к источникам сырья и местам потребления позволяет более полно и рационально использовать сырье самих хозяйств (зернобобовые и масличные культуры, травяную и сенную муку, сапропелевые залежи и т.п.), а также отходы перерабатывающих и химических производств.

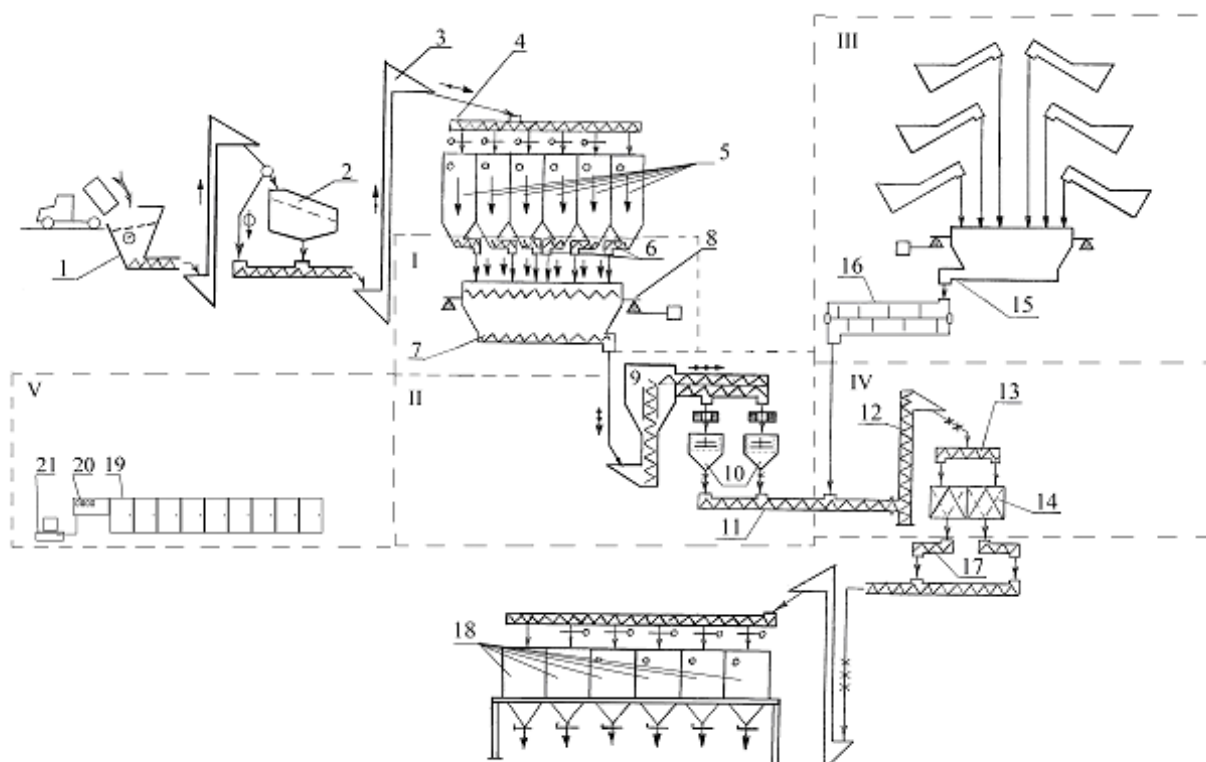
Производство комбикормов непосредственно в хозяйствах дает возможность сократить транспортные расходы на перевозку исходного сырья и готового продукта, из-за чего можно ежегодно экономить по стране только на перевозках 25–30 тыс. тонн топлива и бесперебойно обеспечивать животных свежими доброкачественными комбикормами требуемой рецептуры. В республике уже работает около 500 внутрихозяйственных комбикормовых цехов.

В настоящее время значительная часть оборудования комбикормовых установок, работающих в хозяйствах, не отвечает современным требованиям, что снижает эффективность использования компонентов комбикормов и приводит к уменьшению эффективности получения животноводческой продукции. Назрела острая необходимость технического переоснащения и реконструкции применяемого оборудования.

Сегодня в республике отсутствует производство полнокомплектного оборудования для оснащения внутрихозяйственных комбикормовых цехов. На некоторых заводах выпускаются отдельные технические средства (дробилки, смесители), предназначенные для выполнения отдельных технологических операций, что не позволяет создавать полные технологические линии получения комбикормов.

В РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан комплект оборудования для приготовления комбикормов и кормосмесей, который апробирован в СПК «Луки-Агро» Кореличского района. Он обеспечивает производство комбикормов и кормосмесей в условиях хозяйства по заданным рецептам, позволяет вести весовой учет и контроль поступающих компонентов и готовой продукции. Управление технологическим процессом происходит автоматизировано и базируется на использовании промышленного компьютера и программируемого контроллера. Технологическая схема комплекта оборудования представлена на рисунке 107.

Комбикормовый цех работает следующим образом. Зерновые компоненты, доставленные к цеху, выгружаются из транспортных средств в приемный бункер 1, откуда они подаются в сепаратор 2, где очищаются от металлических и других примесей. Затем очищенное сырье норией 3 выгружается на распределительный транспортер 4, который поочередно загружает емкости зернового силоса 5.



- ▶ - зерновой компонент;
- ▶ - очищенный зерновой компонент;
- ♦▶ - смесь зерновых компонентов;
- ×▶ - измельченные зерновые компоненты;
- ××▶ - смесь измельченных зерновых компонентов и измельченных добавок;
- ×××▶ - готовая кормосмесь.

I – модуль весового дозирования зерновых компонентов;

II – модуль измельчения зерновых компонентов;

III – модуль приема и весового дозирования сыпучих добавок;

IV – модуль смешивания измельченных компонентов и добавок;

V – автоматизированная система управления

Рисунок 107 – Технологическая схема автоматизированного комплекта оборудования для производства комбикормов

При работе цеха, в соответствии с заданными рецептами, порции компонентов из соответствующих емкостей зернового силоса 5 шнеками 6 подаются в весовой бункер 7, который установлен на электронных весах 8. Из весового бункера порция зерновых компонентов выгружается в бункер предварительного смешивания 9, где они перемешиваются и равномерно поступают в дробилки зерна 10.

Поток измельченного зерна из дробилок 10 транспортерами 11, 12, 13 подается в одну из камер общего смесителя 14. В соответствии с заданным рецептом комбикорма, туда же одновременно из смесителя 16 поступает дозированная порция измельченных добавок из весового бункера 15. После смешивания готовый продукт из общего смесителя 14 одним из транспортеров 17 выгружается в один из бункеров 18 готовой продукции. Очередная порция измельченных зерновых компонентов и добавок подается во вторую камеру общего смесителя 14.

Комплект оборудования по своей конструкции несложен, машины и узлы для основных технологических процессов собраны заводом-изготовителем в готовые модули, которые обеспечивают быстрый и простой монтаж на месте установки.

Для облегчения монтажа оборудования отдельные узлы собраны в следующие модули:

- модуль весового дозирования зерновых компонентов;
- модуль весового дозирования измельченных добавок;
- модуль измельчения;
- модуль смешивания;
- модуль автоматизированной системы управления.

Модули весового дозирования измельченных добавок и зерновых компонентов включают в себя подающие транспортеры и весовые бункеры с тензометрическими датчиками, рассчитанные на общий вес порции 500 и 1000 кг соответственно, с точностью весов от 0,5 до 1%. В нижней части весовых бункеров установлены шнековые выгрузные транспортеры. Производительность модуля весового дозирования зерновых компонентов составляет 10 т/ч, модуля весового дозирования измельченных добавок – 5 т/ч. Управление весовым дозированием осуществляется по заданной программе, путем очередной подачи компонентов в весовой блок.

Модуль измельчения состоит из дробилки, активного бункера-накопителя и питателя. Для измельчения зерна применена вертикальная молотковая дробилка мощностью 37 кВт и производительностью 3–5 т/ч, в зависимости от приготавливаемых рецептов. Дробилка укомплектована отделителем инородных предметов и металла.

Активный бункер-накопитель используется при многокомпонентном дозировании для предварительного перемешивания зерновых компонентов, поступивших в весовой бункер, что повышает качество и надежность процесса измельчения. Выгрузка зерновой массы из бункера-накопителя осуществляется питателем, электродвигатель которого при помощи частотного инвертера обеспечивает требуемую частоту вращения, тем самым плавно изменяет производительность дробилки, поддерживая оптимальный режим загрузки.

Модуль смешивания состоит из двухкамерного смесителя общей вместимостью 2000 кг измельченных компонентов и системы загружающих и вы-

грузных транспортеров. В каждой камере смесителя установлены две группы рабочих органов, выполненных в виде лопастей. Такая конструкция обеспечивает непрерывное движение всех смешиваемых компонентов, а материал, выносимый на поверхность, ограничен специальным устройством, уменьшающим его сегрегацию, что позволяет значительно повысить эффективность смешивания. Рабочие камеры смесителя загружаются материалом через люки и разгружаются нижними шнековыми транспортерами. Смеситель обеспечивает непрерывность технологического процесса – загрузка второй камеры начинается одновременно с началом выгрузки материала из первой.

Линии накопления зерновых компонентов и комбикорма состоят из 12 емкостей зернового силоса, систем транспортирования и распределения загружаемых компонентов и готового продукта. По шесть видов силоса для комбикорма и зерновых добавок, что обеспечивает работу цеха в течение 8 часов. В каждом бункере-накопителе имеются датчики уровня с сигнализацией степени наполнения: полностью загружен или пустой бункер. Загрузка зерновых компонентов и готового продукта в зерновой силос осуществляется короткими шнековыми транспортерами (вместо задвижек), установленными над каждым бункером (кроме последнего) и забирающими зерновой материал из распределительного транспортера.

Модуль системы автоматизированного управления состоит из 9 электрошкафов с силовой аппаратурой и шкафа автоматики, в котором установлен программируемый контроллер и средства обеспечения его работы. В качестве пульта управления на рабочем столе оператора установлен компьютер.

Управление всем циклом процесса приготовления комбикормов от приема компонентов до выгрузки готового продукта полностью автоматизировано. На мониторе компьютера можно следить за ходом технологического процесса, приемом зерновых компонентов, дозированием, измельчением, смешиванием, выгрузкой и распределением по емкостям зернового силоса готового продукта. Разработанное программное обеспечение позволяет накапливать статистические данные о количестве и видах компонентов, прошедших по технологической линии, об объеме произведенной продукции за любой требуемый промежуток времени.

Для обеспечения безопасности производства все транспортеры и нории оснащены устройствами контроля вращения и датчиками подпора; емкости силоса, воздухопроводы оснащены устройствами локализации взрыва. Информация о состоянии датчиков работающего оборудования выводится на монитор компьютера, расположенного в операторской.

Конструкция модулей позволяет устанавливать их практически во всех реконструируемых производствах и работающих установках. Весовой бункер, смеситель, бункер-накопитель, дробилки устанавливаются на ровную бетонированную площадку и крепятся анкерными болтами. Специального фундамента не требуется. Приемные горловины транспортеров установлены под бунке-

рами. Транспортёры устанавливаются на стойки, обеспечивающие их надёжное положение.

Эффективность использования кормов зависит не только от качества сырьевых компонентов, но и способности технологического оборудования выдерживать требования рецептуры комбикормов, а также быстрого внесения изменений в рецепты в зависимости от потребности животных.

Результаты эксплуатации комплекта оборудования демонстрируют его высокую эффективность. За период эксплуатации с 01.09.2007 г. по 01.03.2008 г. выполнен объём работы в пределах 4800 тонн комбикормов. Балансовая прибыль увеличилась на 20%. Основным фактором, влияющим на прибыль, является дозирование компонентов комбикормов, что позволило при одинаковом расходе сырьевых компонентов получить на 360 т животноводческой продукции больше в сравнении с предыдущими периодами. После реконструкции удалось улучшить скорость использования основных фондов комбикормового цеха, в связи с чем значительно возросла годовая выработка продукции.

Использование разработанного комплекта оборудования для приготовления комбикормов с автоматизированной системой управления показало значительные преимущества. Упростилась организация и контроль производственного потока и управления им, все оборудование практически обслуживается одним оператором и рабочим, отпала необходимость в создании начальных заделов при переходе с рецепта на рецепт, сократилось время переналадки оборудования при смене рецептуры и выполнении расчетов.

Заключение

Комплектация разработанного в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» оборудования комбикормовых внутрихозяйственных заводов в модульном исполнении упрощает монтаж, наладку и организацию управления процессом. Завод может практически обслуживаться одним оператором и рабочим.

Библиография

1. Передня, В.И. Новые малозатратные технологии приготовления и раздачи кормов в скотоводстве [Текст] / В.И. Передня: сб. науч. тр. Т.10. Ч.П. – Подольск, 2001. – С.167.
2. Дашков, В.Н. Аспекты ресурсосбережения в животноводстве Беларуси [Текст] / В.Н. Дашков, В.И. Передня: мат. межд. науч.-практ. конф.Т.2. – Киров, 2002. – С.182.

УДК [(636.087.6+631.363):631.147]

**А.И. Пунько, В.И. Хруцкий,
С.В. Гаврилович**
*(РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ КОМБИКОРМОВОГО ЦЕХА

Введение

В условиях интенсивного ведения животноводства важное значение приобретает организация правильного использования сырьевых компонентов для приготовления комбикормов. Наиболее рационально и с высокой отдачей используются комбикорма, сбалансированные по протеину, аминокислотам, микроэлементам, витаминам и другим биологически активным веществам. Однако из-за отсутствия требуемых технических средств и оборудования значительное количество сырья для производства комбикормов используется неэффективно – в виде кормосмесей или дробленого зерна.

В настоящее время значительная часть оборудования комбикормовых установок, работающих в хозяйствах, устарела и не отвечает современным требованиям, что снижает эффективность использования компонентов комбикормов и приводит к снижению объемов животноводческой продукции. Назрела необходимость технического переоснащения и реконструкции этих комбикормовых установок, с частичной или полной заменой оборудования.

Основная часть

В СПК «Луки-Агро» Кореличского района после реконструкции оборудования введена в эксплуатацию автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП) комбикормового цеха.

Эта система, построенная на основе вычислительной сети и спектра коммутирующих и измерительных устройств, обеспечивает централизованное компьютерное управление приводами всех механизмов, непрерывное получение и отображение информации о состоянии механизмов, движении компонентов и продукта, автоматизацию исключения аварийных ситуаций. АСУ ТП основана на локальной вычислительной сети (компьютер-контроллер) и включает автоматизацию процессов выбора, дозирования, пуска и остановки технологических маршрутов, обеспечение оперативной и архивной информации, планово-экономической службы. Разработка и внедрение АСУ ТП выполнены собственными силами РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства».

АСУ ТП комбикормового производства позволяет решать следующие задачи: повышение производительности (снижение затрат ручного труда), затрат на электроэнергию и эксплуатацию (ремонт) электродвигателей, сокращение числа ситуаций, вызывающих остановку технологических процессов, автоматизацию операций взвешивания компонентов и документирования результа-

тов, упрощение и повышение наглядности управления (централизация процесса управления, дистанционное включение и выключение механизмов технологических маршрутов, отображение на экране монитора функционирующих технологических маршрутов и технического состояния включенных в них механизмов); повышение надежности работы оборудования (контроль состояния приводов механизмов, скорости вращения рабочих органов, предотвращения завалов при транспортировке материалов); обеспечение необходимого уровня взрыво- и пожаробезопасности производства (предупреждение оператора о возникновении аварийных ситуаций и автоматизация выключения оборудования).

Для работы системы использованы современные датчики и измерительные устройства, разработаны алгоритмы автоматизированного управления технологическим процессом и соответствующее программно-математическое обеспечение. Согласно структурной схеме АСУ ТП, приведенной на рисунке 108, объектами управления и контроля системы являются:

- емкости для хранения исходных компонентов и продуктов переработки (силос и бункеры);
- средства транспортирования (шнековые горизонтальные и вертикальные норрии, питатели);
- средства распределения (шнеки, задвижки);
- средства переработки (дробилки, отделители инородных включений, железоотделители, сепараторы);
- весовые устройства.

В состав АСУ ТП входят:

1) вычислительная сеть системы, включающая в себя компьютер и промышленный контроллер (фирмы Mitsubishi Electric). Компьютер вместе с периферийным оборудованием (клавиатура и т.д.) и контроллером, а также силовые коммутирующие устройства и инвертер размещены в комнате оператора. В контроллере заложены алгоритмы управления конкретными механизмами, с помощью которых осуществляются операции ввода-вывода аналоговых и релейных сигналов, формирование технологических маршрутов, отображение состояния включенных в них механизмов; их пуск и остановка производится посредством компьютера;

2) система дистанционного контроля верхнего и нижнего уровня в емкостях, предупреждающая о наполнении загруженной емкости и полной выгрузке из нее материала. В системе используются датчики типа РОС 101 Н, включающие в себя первичный и передающий преобразователи, совмещенные в одном корпусе. Датчики установлены в выгрузной части обеих камер смесителя, в нижней части бункера-накопителя, а также под крышкой каждого из шести силосов зерновых компонентов. Датчики подпора норрий, сигналы которых предупреждают о завале продуктом башмаков, установлены на всех башмаках норрий;

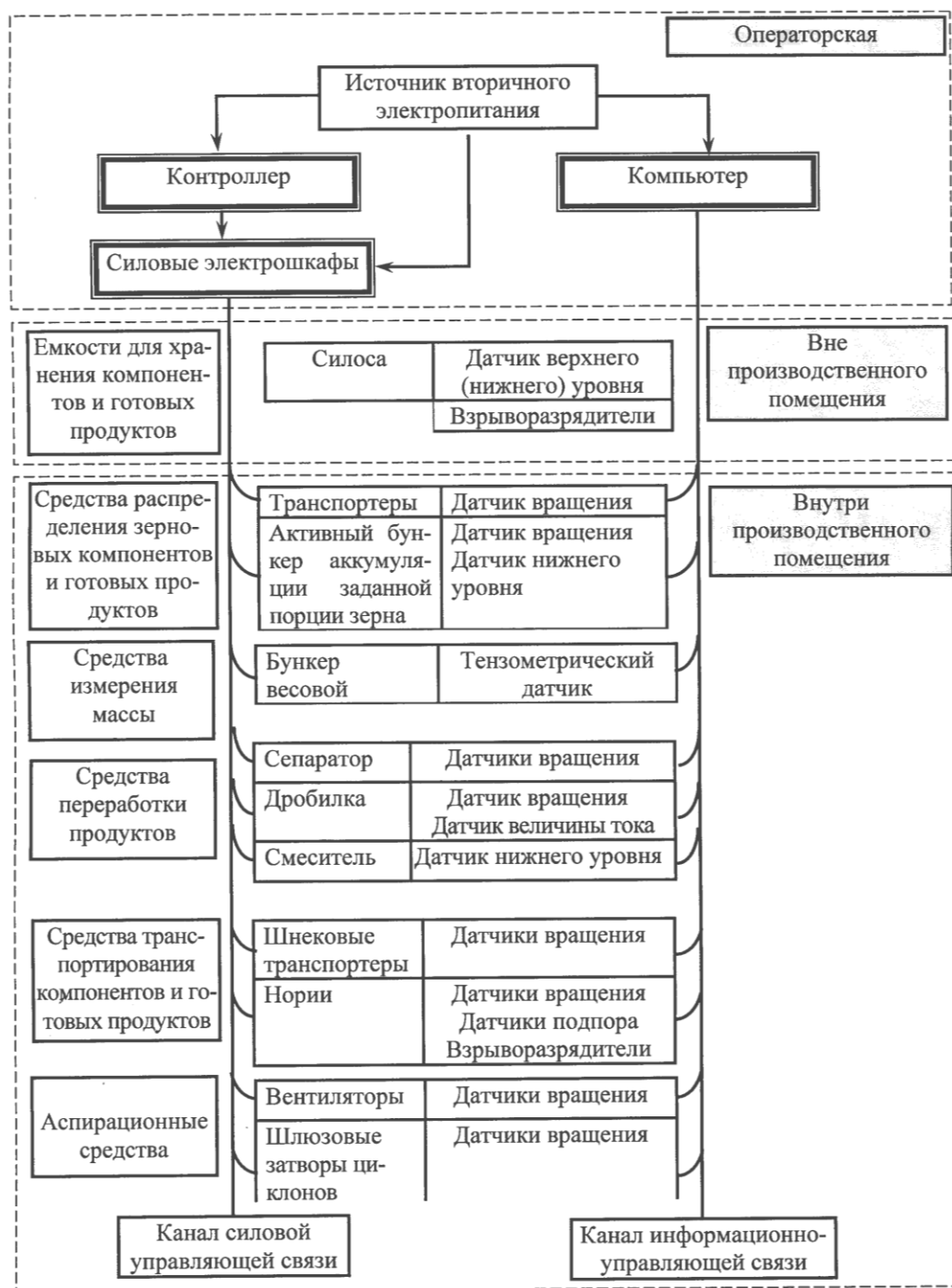


Рисунок 108 – Структурная схема АСУ ТП комбикормового цеха

3) система контроля скорости вращения (движения) рабочих органов шнеков, норий, сигналы которой предупреждают о нарушении работы механизмов;

4) система автоматического взвешивания, включающая тензометрические весы, связанные с компьютером. Система обеспечивает автоматизацию процессов взвешивания, учета и документирования результатов этого процесса, управления транспортерами, подающими исходные компоненты (зерновые и кормовые добавки) в технологический процесс;

5) источники вторичного электропитания, обеспечивающие бесперебойное питание вычислительной сети, фильтрацию промышленных помех, организацию питания датчиков.

На структурной схеме АСУ ТП показаны также управляющие силовые и информационные связи между вычислительной сетью системы, измерительным оборудованием и объектами управления. Для компактности и наглядности в одном столбце, с обозначением каждого из объектов управления, сгруппированы датчики и другие устройства, обслуживающие данный объект.

На выбранном технологическом оборудовании, в соответствии с текущими потребностями, оператор формирует технологические маршруты различного производственного назначения. Делается это путем поочередного вызова на экран монитора изображения механизмов, входящих в данный технологический маршрут. Одновременно с вызовом на экран производится автоматическое тестирование механизма и выдается информация о его результатах. После формирования маршрута оператор выдает команду на включение, а по окончании – на выключение маршрута. В ходе работы маршрута ведется оперативный автоматический контроль над состоянием включенных в него механизмов. В случае угрожающих безопасности производства ситуаций оператору выдается сигнал тревоги (в виде звуковой сигнализации и текстовых сообщений), и если по истечении допустимого времени он не отменит сигнал тревоги или не выключит маршрут, срабатывает автоматическое выключение маршрута.

АСУ ТП с применением промышленного программируемого контроллера (АСУ ТП ПК), установленная в комбикормовом цехе СПК «Луки-Агро», состоит из станции управления, персонального компьютера в качестве пульта управления, контроллера с блоком расширения входов-выходов, датчиков уровня, датчиков вращения и двух весовых систем. Имеет 69 входных и 80 выходных сигналов, более сотни приборов и устройств, обеспечивающих управление и контроль объектов.

Станция управления состоит из девяти электрошкафов с пускозащитными аппаратами и одного шкафа с контроллером. Пускозащитные аппараты предназначены для коммутации электрооборудования и защиты от перегрузки. Программируемый контроллер управляет технологическим процессом по записанной во внутренней памяти программе и в соответствии с состоянием АСУ ТП ПК, которое оценивается датчиками состояния пускозащитных аппаратов, датчиками контроля вращения механизмов, датчиками верхнего и нижнего уровней, установленными в бункерах и двух весовых системах.

Для оперативного управления технологическим процессом в качестве пульта управления используется персональный компьютер. На дисплее компьютера производится визуализация состояния оборудования, динамическая визуализация технологического процесса и имитация кнопок управления механизмами. Возле каждого схематического изображения механизма установлены индикаторы по каждой точке состояния механизма (датчики уровня,

вращения, защиты). С помощью программного обеспечения происходит накопление и статистическая обработка информации по производству готовой продукции (комбикормов) с учетом расхода каждого составляющего компонента. Оператор имеет возможность просмотреть статистические данные за любой период работы комплекта оборудования. Визуализация механизмов, согласно технологической схеме их расположения и их динамическому состоянию, позволяет оператору контролировать их работу. Оператор с помощью клавиатуры выбирает на дисплее компьютера кнопки управления механизмами либо кнопки задания режимов работы АСУ ТП, а также устанавливает начальные параметры работы (задает рецепт, вес порции, выбор дробилки, бункера для загрузки зерна, бункера для выгрузки комбикорма, общий вес комбикорма по данному рецепту).

АСУ ТП ПК имеет три режима работы: «наладка», «ручной», «автомат». Режим «наладка» предназначен для проверки состояния механизмов при ремонтных работах или текущем обслуживании. В этом режиме отдельные механизмы работают вне зависимости от состояния остального оборудования. Режим «ручной» предназначен для производства комбикормов по заданному рецепту при непрерывном управлении процессом производства оператором. В этом режиме работы оборудование включают в зависимости от состояния остальных механизмов, включенных в маршрут, с учетом технологической безопасности, т.е. при отключении любого механизма из-за ошибки оператора либо аварии автоматически отключаются все механизмы, которые могут оказаться в аварийном режиме. Оператором включаются шнеки подачи зерновых компонентов и измельченных кормовых добавок на весы и автоматически отключаются при наборе заданного рецептом веса. В режиме «автомат» комбикорм производится по рецепту в соответствии с алгоритмом, реализуемым программой управления, находящейся в памяти программируемого контроллера.

При аварийной остановке одного из механизмов в режиме «автомат» АСУ ТП ПК автоматически отключает оборудование в соответствии с требованиями технологической безопасности. Переход из режима «автомат» в «ручной» или «наладка» позволяет оператору восстановить работу вышедшего из строя механизма, после чего продолжить процесс в автоматическом режиме, не останавливая комбикормовую установку в целом.

Рассмотренная АСУ ТП ПК установлена в комбикормовом цеху свиноводческого комплекса СПК «Луки-Агро». При разработке системы управления для решения основной задачи, связанной с кормлением, учтены реальные факторы, часто имеющие обратное действие. Автоматический учет полученного комбикорма и близкая связь с продуктивностью животных дает возможность оперативно корректировать рецепты по потребности животных. Динамика развития лактационного процесса подчиняется актуализированной информации о биологическом развитии животных, их потребности в правильном определении рациона и устранении стрессовых ситуаций.

В процессе года эксплуатации АСУ ТП ПК увеличена реализация продукции на 345 т, уменьшена заболеваемость животных, на 10 % снижен расход комбикормового сырья при получении одинаковых привесов животных по сравнению с предыдущей технологией производства комбикормов (передвижными установками, а также установками, производящими корм с объемным дозированием сырьевых компонентов). С начала эксплуатации технические средства, входящие в АСУ ТП ПК, работают без сбоев.

Выводы

1. Разработанная автоматизированная система управления технологическим процессом комбикормового цеха обеспечивает централизованное компьютерное управление приводами всех механизмов, непрерывное получение и отображение информации о состоянии механизмов, их дистанционное включение и выключение.

2. Ее применение позволяет повысить производительность, снизить эксплуатационные затраты, сократить число ситуаций, вызывающих остановку технологических процессов; повышает надежность работы оборудования; обеспечивает необходимый уровень взрыво- и пожаробезопасности производства.

УДК 636.086.1(083.74)

**В.И. Передня, А.Л. Тимошук,
В.И. Хруцкий, Л.Ф. Минько,
С.В. Гаврилович**
(*РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь*);

С.В. Игнатович
(*ООО «ТарасовоАгро» Минского района,
Республика Беларусь*)

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКТ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОРЦИОННОГО ВВОДА ЖИРА В СМЕСИТЕЛЬ КОМБИКОРМОВ

Введение

Рост производства комбикормов и повышение их эффективности могут быть достигнуты, благодаря применению различных кормовых средств и стимулирующих добавок.

Увеличения энергии комбикормов можно добиться, добавляя в его состав жиры растительного и животного происхождения. Зоотехнической практикой доказано, что по усвояемой энергии животные жиры превосходят другие корма. Так, если принять энергию жира за 100 к.е., то в сопоставимых единицах усвояемая энергия будет: в кукурузе – 42 к.е, пшенице – 38 к.е, рыбной муке – 34 к.е, ячмене – 33 к.е, овсе – 32 к.е.

Введение жиров в комбикорм снижает себестоимость, улучшает вкусовые качества, способствует стабилизации витаминов, содержащихся в корме, уменьшает пылевыделение, изменяет внешний вид, структуру и, естественно, повышает питательную ценность комбикормов. Процесс ввода жиров животного происхождения в комбикорм связан с большими трудностями из-за его многофазного состояния. При хранении жира в естественных условиях он переходит в твердую фазу. Агрегатное состояние жира сильно зависит от окружающей температуры.

Основная часть

Существующие в настоящее время установки не обеспечивают качественное приготовление и ввод жира животного происхождения в рассыпные кормосмеси.

Технологический процесс приготовления и ввода жира состоит из нескольких основных этапов.

1. Подготовка сырья: нагрев, растворение, гомогенизация.
2. Транспортирование жидкого продукта: формирование потока жидкости, поддержание температуры нагрева на всем участке транспортирования, обеспечение потока жидкости энергией, достаточной для подачи в технологическую линию.
3. Подача потока жидкости в технологическую линию, дозированное распределение по объему комбикорма.

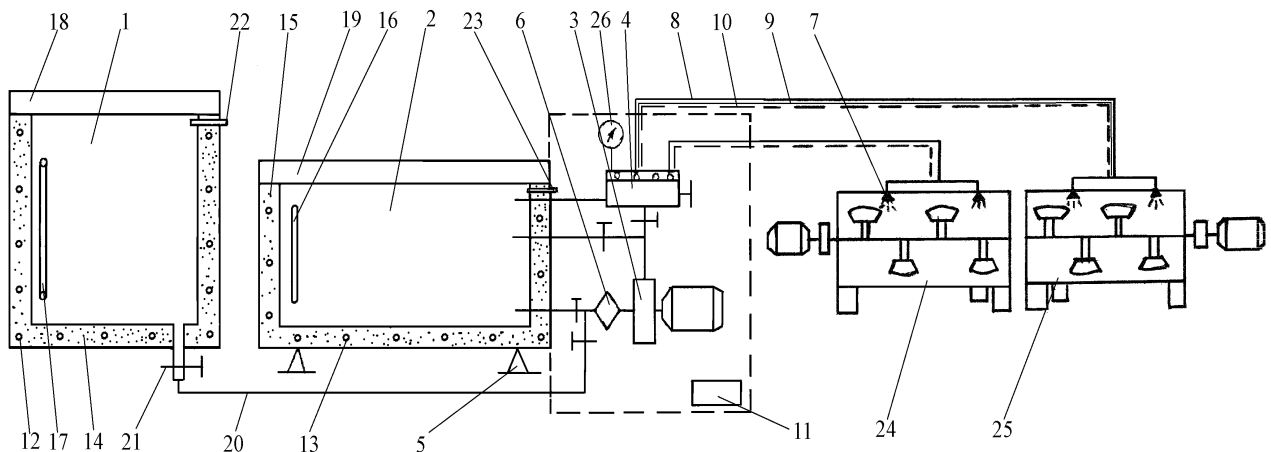
В РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан комплект оборудования для ввода жира животного происхождения в смеситель комбикормовой линии, пригодный для работы в необогреваемом помещении с температурой окружающей среды от -20 до $+45^{\circ}\text{C}$.

Технологическая схема комплекта оборудования для ввода животного жира приведена на рисунке 109.

Исходное сырье (жир) в любом состоянии загружается в накопительную емкость. Жир разогревают до заданной температуры, которую контролируют термометрами (тару вытаскивают из емкости).

Процесс разогрева жира производится автоматически, без вмешательства оператора (необходима только подзагрузка исходного сырья в случае необходимости). Разогрев и поддержание температуры осуществляется в промежутке между рабочими сменами. Путем соответствующих переключений подготавливается трубопроводная система. Разогретая масса жира насосом 3 через гибкий шланг 20, фильтр 6, при открытых кранах 21 перекачивается в оперативную емкость. Вес закачиваемой массы контролируется на цифровом табло весоизмерительной системы. После набора требуемой порции кран 21 закрывается. Открывается кран из оперативной емкости, а температура жировой массы поддерживается нагревающей системой оперативной емкости. Там же происходит перемешивание жировой массы, она перекачивается насосом из нижней части в верхнюю. После подготовки жира в оперативной емкости

схема управления установкой переводится в автоматический режим согласованной работы с технологической линией комбикормовой установки.



1 – емкость для подогрева сырья; 2 – оперативная емкость; 3 – насос; 4 – регулятор давления; 5 – весовое устройство; 6 – фильтр; 7 – распылители; 8 – металлическая трубка; 9 – нагревательный кабель; 10 – теплоизоляция; 11 – нагреватель; 12, 13 – нагревающие элементы; 14, 15 – промежуточный теплоноситель (вода, тосол); 16, 17 – уровнемер; 18, 19 – крышки; 20 – гибкий шланг; 21 – краны; 22, 23 – сапун; 24, 25 – смесители; 26 – манометр

Рисунок 109 – Технологическая схема комплекта оборудования для ввода животного жира

Гидравлическая система комплекта оборудования состоит из 3-х частей (рисунок 109). Первая часть состоит из насосной установки и включает элементы: оперативную емкость 2, насос 3, регулятор давления 4, гибкий шланг 20 (имеет внутренний диаметр $\varnothing 30$ мм). Вторая часть – нагнетательный трубопровод, представляет собой металлическую трубку 8 с внутренним диаметром $\varnothing 12$ мм. На металлической трубке 8 закреплен нагревательный кабель 9 и вся система находится в теплоизоляции. Температура нагревательного кабеля устанавливается и управляется регулятором температуры.

Нагревательный кабель 9 охватывает систему распылителей 7. Они распределены таким образом, чтобы поступающий поток сыпучих частиц полностью покрывался распыляемой жидкостью.

Форсунки – щелевого типа, с фильтром и обратным клапаном (при падении давления жидкость через форсунки не проходит). Необходимый напор H_e определяется по формуле

$$H_e = H_2 + \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + h, \quad (1)$$

где H_2 – геометрический напор насосной установки;

P_1, P_2 – давление жидкости на входе и выходе из насосной установки;

h – общие потери напора в трубопроводе;

γ – удельный вес жидкости.

Общие потери h состоят из потерь напора по длине и в местных всасывающем и нагнетающем трубопроводах.

$$h = \lambda \frac{l \cdot v^2}{d \cdot 2g}, \quad (2)$$

где λ – коэффициент гидростатического трения;

l – длина участка трубопровода;

d – диаметр трубопровода;

v – средняя скорость движения жидкости в трубопроводе;

g – ускорение свободного падения.

В установке применено регулирующее устройство, позволяющее бесступенчато регулировать расход жидкости путем изменения давления в напорном трубопроводе регулятором давления. А также автоматически поддерживать постоянное давление в пределах от 0,2 до 0,6 *МПа* при расходах через форсунки 0,5–7 *л/мин*.

Основные достоинства комплекта оборудования:

- система ввода жидких добавок позволяет достичь высокой эффективности смешивания с сыпучими материалами, однородность смеси достигает 90–95%;
- высокая дисперсность распыления жидкости форсунками с диаметром капель 300–400 *мкм*;
- высокая точность дозирования жидкости, погрешность системы дозирования составляет 0,5–1%;
- комплект оборудования оснащен современными средствами автоматизации, компактен, удобен в монтаже, прост в эксплуатации и надежен в работе.

Результаты исследований

Исследования показали, что оптимальная температура нагрева масла растительного – 35–50°C, жира животного происхождения – 40–65°C.

В комплекте оборудования установлены технические средства:

- шестеренчатый насос НМШ-50 – для приема и подачи жидкости;
- регулятор давления СРРЖ-03 – для регулирования давления;
- тензометрические весоизмерительные датчики с программным контроллером – для дозирования.

Система управления имеет интерфейс RS – 485, позволяющий работать в автоматизированных системах управления. Такая система значительно упрощает технологический процесс, одновременно выполняя взвешивание порций компонентов, поступающих в оперативную емкость, и выдачу их в технологическую линию. Система нагревания через промежуточный теплоноситель позволяет исключить нагрев жидкости в месте контакта с теплонагревателем путем равномерного разогрева по объему.

Для разогрева в промежуточном теплоносителе установлено 6 теплоэлектронагревателей по 2,2 *кВт*, распределенных под дном и по боковым поверхностям.

После полного разогрева жидкости часть электронагревателей отключается, а для поддержания температуры остаются включенными два электронагревателя.

Для увеличения производительности необходимо в процессе работы с подготовительной емкости подливать жидкий компонент в оперативную емкость.

Разработанная технология и комплект оборудования позволяют приготовить и ввести отходы и вторичные ресурсы перерабатывающих предприятий в комбикорм в процессе его производства.

Заключение

Комплект оборудования изготовлен и установлен в комбикормовом цехе ООО «ТарасовоАгро» Минского района, где он прошел производственные испытания.

Комплект оборудования показал надежную работу при температуре окружающего воздуха до -20°C .

Использование комплекта оборудования позволяет сэкономить в год до 200 тонн дорогостоящих ростостимулирующих препаратов, минеральных и биологически активных веществ, ввозимых из-за пределов республики, а также позволяет:

- повысить качество комбикормов на 5–7%;
- снизить энергозатраты на 15%;
- обеспечить обновляемость продукции на 15–20%.

Библиография

1. Дашков, В.Н. Ресурсосберегающая автоматизированная линия обогащения комбикормов жидкими компонентами [Текст] / В.Н. Дашков, А.Д. Селезнев, В.И. Хруцкий / ВНИИКП: труды. – Тб. – М., 2005. – С.41-42.
2. Бородин, В.А. Распыливание жидкостей / В.А. Бородин [Текст]. – М.: Машиностроение, 1976. – 163 с.

УДК 631.363.2

Н.А. Воробьев

(УО «БГАУ», г. Минск, Республика Беларусь);

В.Н. Савиных

*(РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

**ОБОСНОВАНИЕ
ОСНОВНЫХ
ПАРАМЕТРОВ
РИФЛЕННОЙ
ПОВЕРХНОСТИ
ВАЛЬЦОВ**

Введение

Ресурсосбережение – глобальная проблема двадцать первого века. В Республике Беларусь ресурсосберегающие и энергоэффективные технологии производства конкурентоспособной продукции являются одним из приоритетных направлений научно-технической деятельности на 2006–2010 годы.

В хозяйствах республики широкое применение находит технология плющения и консервирования фуражного зерна ранних стадий спелости. Она широко применяется в Финляндии, Чехии, Англии и других европейских странах, а также в Московской, Ленинградской и других областях Российской Федерации [1].

Анализ современных технических средств, применяемых для плющения зерна, и их рабочих органов [2], анализ условия захвата зерновки вальцами [3] указывают на недостаточную обоснованность параметров и режимов работы вальцов плющилок и обуславливают необходимость проведения дополнительных исследований в этой области.

Обоснование основных параметров рифленой поверхности вальцов

В исследованиях рассматривается поверхность вальцов с рифлями по всей длине, параллельными, и под некоторым углом к образующей; рифли, впадины которых в поперечном сечении образованы простыми геометрическими фигурами: прямоугольником, треугольником и трапецией. Применение таких впадин обусловлено наличием у них ребер, а исследования [4, 5, 6, 7] показали, что воздействие ребер рифлей на зерновку позволяет снизить затраты энергии на ее разрушение.

Для того чтобы определить влияние рифленой поверхности на качество плющения, составим формулу для определения среднего зазора между вальцами:

$$b_c = b + 2hk_b,$$

где b – рабочий зазор;

h – высота рифлей;

k_b – коэффициент увеличения зазора ($0 \leq K_b \leq 1$), $K_b = 0$ при использовании гладких вальцов.

$$k_b = \frac{V_{en}}{V_{ц}},$$

где V_{en} – общий объем впадин рифлей;

$V_{ц}$ – объем полого цилиндра со стенкой, равной высоте рифлей и длиной, равной длине вальца.

$$V_{en} = n_{en}LS_{с},$$

где n_{en} – количество впадин;

L – длина вальца;

$S_{с}$ – площадь поперечного сечения впадины.

Объем впадин рифлей с треугольным сечением:

$$V_{en.m} = n_{en}L \frac{ah}{2}.$$

Объем впадин рифлей с прямоугольным сечением:

$$V_{en.пр} = n_{en}Lah.$$

Объем впадин рифлей с трапецидальным сечением:

$$V_{en.mp} = n_{en} L \frac{(a+c)h}{2},$$

где a , c , h – геометрические характеристики сечений, представленных на рисунке 109.

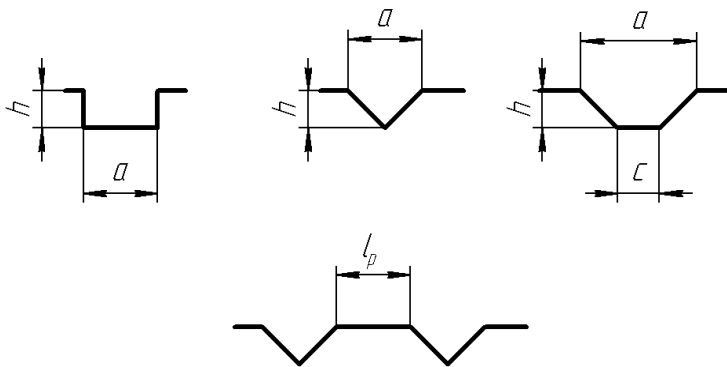


Рисунок 109 – Геометрические характеристики сечений

прямоугольным сечением

$$b_c = b + 2h \frac{n_{en} a}{\pi(D-h)};$$

- для впадин рифлей с трапецидальным сечением

$$b_c = b + h \frac{n_{en}(a+c)}{\pi(D-h)}.$$

Построим графические зависимости (рисунок 110) среднего зазора от числа впадин при $b = 1,0$ мм, $h = 1,5$ мм, $a = 3,0$ мм, $c = 2,0$ мм, $D = 300$ мм.

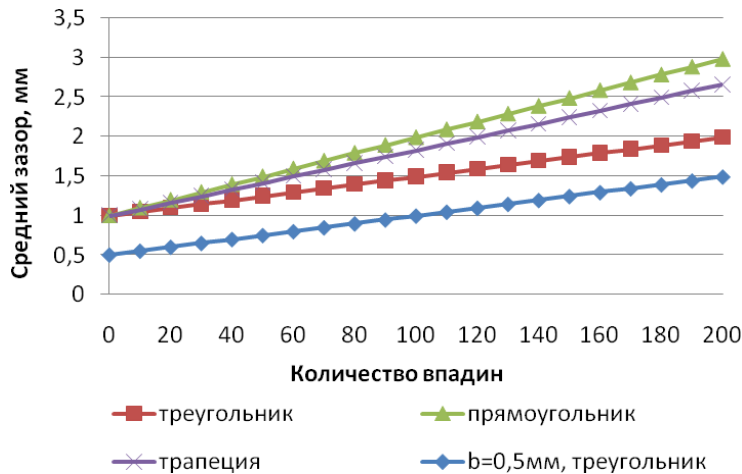


Рисунок 110 – Зависимость среднего зазора от числа впадин

фиксации зерновки между рифлями, при котором боковые грани рифлей параллельны (рисунок 112).

При этом также необходимо, чтобы расстояние между гранями было больше средней толщины зерновки, а высота боковых граней равнялась половине ширины.

$$V_u = \pi L (Dh - h^2).$$

После подстановки и упрощения формула для определения среднего зазора примет вид:

- для впадин рифлей с треугольным сечением

$$b_c = b + h \frac{n_{en} a}{\pi(D-h)};$$

- для впадин рифлей с

Из рисунка 110 видно, что использование вальцов с впадинами в виде треугольника дает наименьшее приращение фактического зазора. Поэтому дальнейшие исследования будем проводить над ними.

Найдем углы α_3 , α_4 (рисунок 111) наклона граней рифли, исходя из среднего размера зерновок, соблюдая условие жесткой

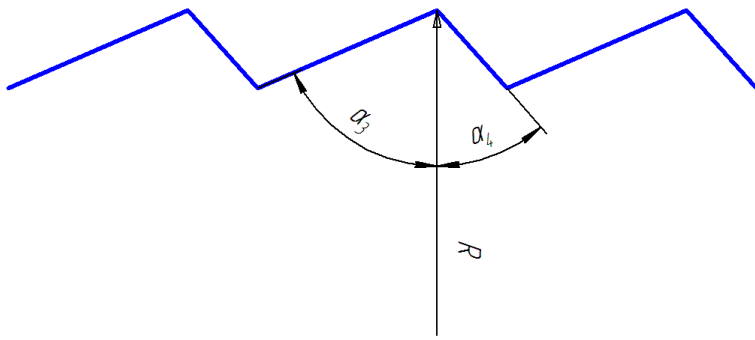


Рисунок 111 – Углы наклона граней рифли

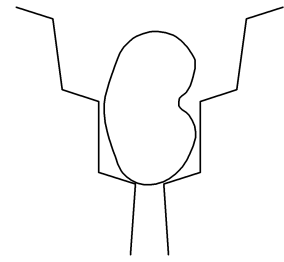


Рисунок 112 – Схема защемления зерновки рифлями

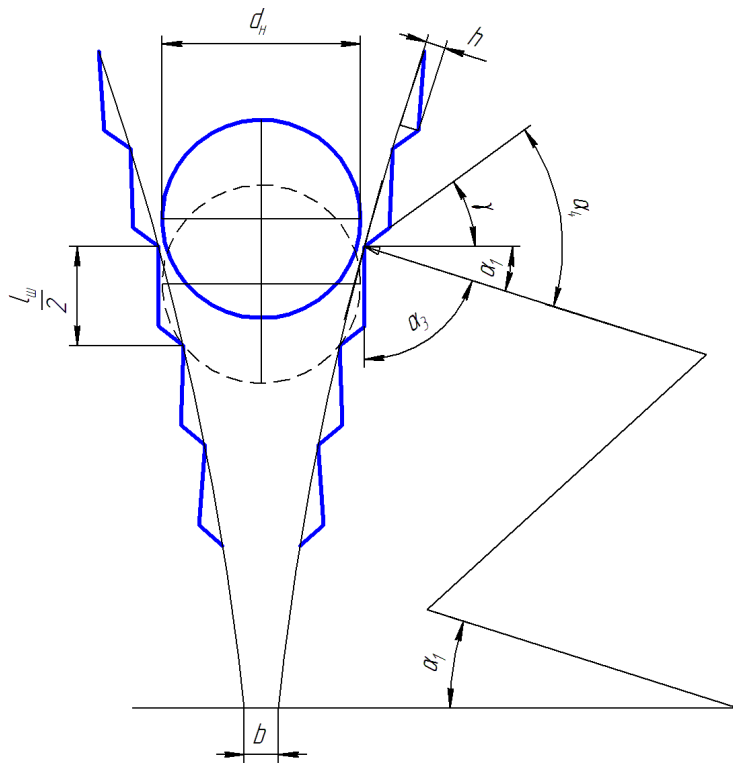


Рисунок 113 – Расчетная схема взаимодействия зерновки с рифлями

Составим расчетную схему взаимодействия зерновки с рифлями (рисунок 113).

Найдем угол, при котором зерновка толщиной d_n касается гладкого вальца.

$$\cos \alpha_1 = \frac{D + b - d_n}{D},$$

тогда угол наклона боковой грани

$$\alpha_3 = 90 - \alpha_1,$$

а угол наклона нижней грани

$$\alpha_4 = \gamma + \alpha_1,$$

где $\sin \gamma = \frac{l_w}{2d_n};$

l_w – средняя ширина зерновки.

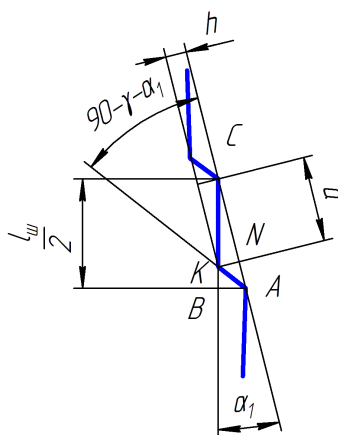


Рисунок 114 – Расчетная схема для определения высоты и длины рифли

Найденные величины позволяют определить высоту и длину рифли (рисунок 114), необходимые для расчета фактического зазора.

Тогда $a = \frac{l_w}{2 \cos \alpha_1};$

$$h = \frac{l_w}{2} \sin \alpha_1 (1 - \operatorname{tg} \alpha_1 \operatorname{tg} (90 - \gamma - \alpha_1)).$$

Для анализа полученных результатов рассчитаем значения $\alpha_3, \alpha_4, a, h, b_C$. Расчет произведем для ячменя и кукурузы при $b = 0,1; 0,5$ мм для разных

диаметров вальцов при условии максимального использования пропускной способности плющилки. Результаты расчета приведены в таблицах 29 и 30.

Число впадин рифлей вычислим по формуле:

$$n_{en} = \frac{\pi D}{a}.$$

Таблица 29 – Геометрические параметры рифлей для плющения кукурузы

<i>D, мм</i>	<i>a, мм</i>	<i>h, мм</i>	<i>n_{en}</i>	<i>α₃</i>	<i>α₄</i>	<i>α₃+α₄</i>	<i>b_c, мм</i>
150	5,77	1,45	82	72,4	68,3	140,8	1,57
170	5,74	1,37	93	73,5	67,3	140,8	1,48
190	5,71	1,30	104	74,4	66,4	140,8	1,40
210	5,69	1,24	116	75,2	65,6	140,8	1,35
230	5,67	1,19	127	75,8	64,9	140,8	1,29
250	5,66	1,14	139	76,4	64,4	140,8	1,25
270	5,65	1,10	150	76,9	63,8	140,8	1,21
292	5,64	1,06	163	77,4	63,3	140,8	1,17
310	5,63	1,03	173	77,8	63,0	140,8	1,14
330	5,62	1,00	184	78,2	62,6	140,8	1,11
350	5,61	0,98	196	78,5	62,3	140,8	1,08
370	5,61	0,95	207	78,8	61,9	140,8	1,05
390	5,60	0,93	219	79,1	61,6	140,8	1,03
410	5,60	0,91	230	79,4	61,4	140,8	1,01
430	5,59	0,89	241	79,6	61,1	140,8	0,99
450	5,59	0,87	253	79,9	60,9	140,8	0,97

Таблица 30 – Геометрические параметры рифлей для плющения ячменя

<i>D, мм</i>	<i>a, мм</i>	<i>h, мм</i>	<i>n_{en}</i>	<i>α₃</i>	<i>α₄</i>	<i>α₃+α₄</i>	<i>b_c, мм</i>
150	2,83	0,53	166	76,1	51,6	127,7	0,63
170	2,82	0,50	189	76,9	50,7	127,7	0,60
190	2,82	0,48	212	77,6	50,0	127,7	0,58
210	2,81	0,46	235	78,3	49,4	127,7	0,56
230	2,80	0,44	258	78,8	48,9	127,7	0,54
250	2,80	0,43	280	79,2	48,4	127,7	0,53
270	2,80	0,41	303	79,6	48,0	127,7	0,51
292	2,79	0,40	328	80,0	47,6	127,7	0,50
310	2,79	0,39	349	80,3	47,3	127,7	0,49
330	2,79	0,38	372	80,6	47,0	127,7	0,48
350	2,79	0,37	395	80,9	46,8	127,7	0,47
370	2,78	0,36	417	81,2	46,5	127,7	0,46
390	2,78	0,35	440	81,4	46,3	127,7	0,45
410	2,78	0,34	463	81,6	46,1	127,7	0,44
430	2,78	0,34	486	81,8	45,9	127,7	0,44
450	2,78	0,33	509	82,0	45,7	127,7	0,43

Заключение

Рассчитаны геометрические параметры рифлей, обеспечивающие устойчивый захват зерна и минимальное приращение среднего зазора.

Библиография

1. Нагорский, И.С. Энергосберегающий способ заготовки фуражного зерна [Текст] / И.С. Нагорский, А.Д. Селезнев, Н.А. Воробьев // *Агропанорама*. – 2006. – №1. – С.4-6.
2. Шило, И.Н. Современные технические средства для плющения зерна [Текст] / И.Н. Шило, Н.А. Воробьев // *Агропанорама*. – 2007. – №4. – С.4-7.
3. Воробьев, Н.А. К определению параметров машин для плющения зерна [Текст] / Н.А. Воробьев // *Инженерный вестник*. – 2007. – №1. – С.15-17.
4. Ромалинский, В.С. Плющение зерна рифлеными поверхностями [Текст] / В.С. Ромалинский // *Механизация и электрификация сельского хозяйства: сб. науч. тр. Вып.10.* - М.: Колос, 1977. – С.52-54.
5. Андрианов, А.М. Исследование рабочего процесса валковой зерноплющилки [Текст]: автореф. дис. к.т.н.:05.20.01 / А.М. Андрианов. – Воронеж, 1974. – 19 с.
6. Сыроватка, В.И. Обоснование параметров рабочих органов плющилок [Текст] / В.И. Сыроватка, В.С. Ромалинский // *Мех. и электриф. сельск. хоз.: сб. науч. тр. Вып. 10.* – М.: Колос, 1977. – С.22-24.
7. Елисеев, В.А. Разрушение зерновок сжатием рифлеными поверхностями [Текст] / В.А. Елисеев, А.М. Андрианов / *Воронежский СХИ им. К.Д. Глинки: матер. науч. конф.* - Воронеж, 1969. - С.35-41.

УДК 631.363.2

В.Н. Савиных, Д.И. Романчук
(*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь*);

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

**РЕЗУЛЬТАТЫ
ИСПЫТАНИЙ
ПЛЮЩИЛКИ
ВЛАЖНОГО
ЗЕРНА ПВЗ-10**

Введение

Важнейшим направлением совершенствования сельскохозяйственного производства Республики Беларусь является внедрение достижений науки, способствующих снижению ресурсоемкости производства и исключаящих негативное влияние почвенно-климатических условий.

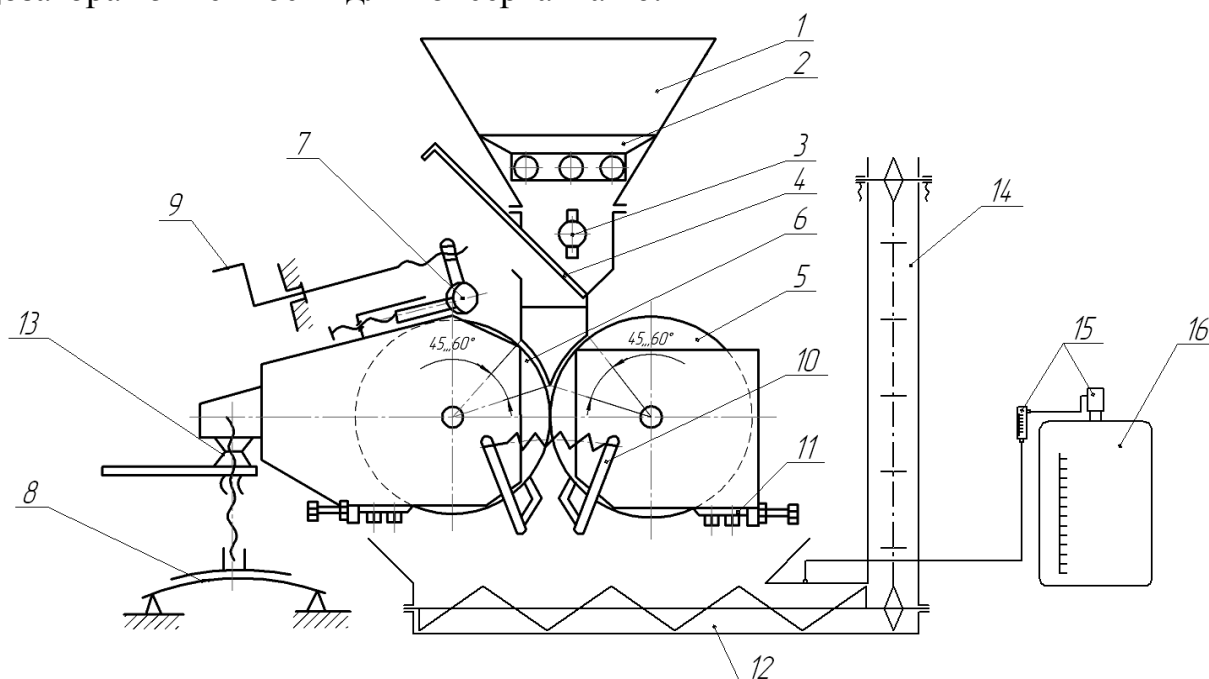
В последние годы все большее распространение получает технология консервирования плющеного зерна ранних стадий спелости. Это сравнительно новый, более совершенный способ заготовки, хранения и использования фуражного зерна. Принцип технологии такой же, как при силосовании трав, то есть кормовая масса хранится в герметичных условиях, препятствующих деятельности вредных микроорганизмов, с использованием консерванта [1].

До настоящего времени для плющения зерна в отечественных хозяйствах в основном применялись дорогостоящие импортные плющилки, не приспособленные для работы в условиях республики. Это сдерживало широкое применение ресурсосберегающей технологии плющения и консервирования зерна [2].

Конструкция и рабочий процесс плющилки влажного зерна ПВЗ-10

На основе результатов теоретических и экспериментальных исследований был разработан и изготовлен на ОАО «Витебский МРЗ» опытный образец плющилки влажного зерна ПВЗ-10.

Вальцовая плющилка влажного зерна, представленная на рисунке 115, состоит из бункера 1 для загрузки зерна, в нижней части которого установлен магнитный сепаратор 2 для задержания ферромагнитных примесей и дозатор 3 с регулируемой заслонкой 4, двух параллельно расположенных встречно вращающихся валцов 5 и 6, механизма регулировки зазора между вальцами 7 и 9, прижима 8, подпружиненных скребков 10, ножей 11, шнекового транспортера 12, кулачковой муфты 13, скребкового транспортера 14, насос-дозатора 15 и емкости для консерванта 16.



- 1 – бункер; 2 – магнитная решетка; 3 – дозатор; 4 – регулируемая заслонка;
5, 6 – вальцы; 7, 9 – механизм регулировки зазора; 8 – прижим; 10 – скребок;
11, 12 – нож; 13 – кулачковая муфта; 14 – скребковый транспортер;
15 – насос-дозатор; 16 – емкость

Рисунок 115 – Схема плющилки влажного зерна ПВЗ-10

Плющилка влажного зерна работает следующим образом.

Зерно загружается в бункер 1, далее самотеком проходит через магнитную решетку 2, где задерживаются ферромагнитные примеси. Очищенное зерно поступает к дозатору 3 и, минуя регулирующую заслонку 4, поступает к вальцам 5 и 6. Зерно захватывается вальцами и плющится. На выходе из зоны плющения установлены подпружиненные скребки 10 и регулируемые ножи 11, которые очищают вальцы от налипшего плющеного зерна и сбрасывают его в кожух шнекового транспортера 12. Зазор между вальцами изменяется с помощью механизма регулировки зазора 7 и 9. Вальцы прижимаются прижи-

мом 8. Кулачковая муфта 13 позволяет быстро разводить валцы для облегчения пуска и очистки.

Ввод жидкого консерванта в плющенное зерно осуществляется насосом-дозатором 15 из емкости 16 в корпус шнека 12. Выгрузка плющенной массы производится скребковым транспортером 14. Привод валцов, дозатора, шнека со скребковым транспортером осуществляется от электродвигателя мощностью 30 кВт через клиноременную передачу.

Общий вид плющилки представлен на рисунке 116. Для обеспечения мобильности и универсальности плющилка влажного зерна ПВЗ-10 имеет возможность привода от ВОМ трактора (рисунок 117).



а) – вид сбоку; б) – вид сверху

Рисунок 116 – Плющилка влажного зерна ПВЗ-10 в работе



Рисунок 117 – Плющилка влажного зерна ПВЗ-10 (привод от ВОМ трактора)

Результаты испытаний плющилки влажного зерна ПВЗ-10

Испытания плющилки влажного зерна ПВЗ-10 проводились на зерне колосовых культур и кукурузе. Загрузка плющилки осуществлялась шнековым транспортером. Испытания проводили на универсальных вальцах с нарезанными на цилиндрической поверхности пазами 2×2 мм с шагом 11,46 мм (80 пазов при диаметре вальца 292 мм) и кукурузных вальцах с пазами $2,5 \times 2$ мм с шагом 5,73 мм (160 пазов при диаметре 292 мм).

По результатам испытаний в хозяйствах (СПК «Беличи» Слуцкого района Минской области, СПК «Маяк Коммуны» Оршанского района Витебской области, КСУП «Краснослободское» Октябрьского района Гомельской области) в конструкцию плющилки были внесены изменения.

1. Для обеспечения лучшей очистки поверхности вальцов от налипшего зерна к подпружиненным скребкам добавили ножи с устройством регулировки (предложенное техническое решение защищено патентом РБ на полезную модель [3]).

2. Устройство прижима вальцов снабдили более жесткой рессорой и кулачковой муфтой, что позволяет быстро разводить вальцы и создавать зазор между ними 5...8 мм. Применение данной конструкции позволяет облегчить запуск плющилки и значительно сократить время на очистку вальцов в случае забивания.

3. Для обеспечения направленной выгрузки плющеного зерна в транспортные средства была изменена конструкция выгрузного кожуха скребкового транспортера.

4. Снизить биение вальцов удалось путем их обработки на собственном валу вместо обработки на технологическом.

Испытания плющилки с универсальными вальцами проводили на тритикале влажностью 18,9%, объемной массой 595 г/л при зазоре 1,0 мм. В результате толщина плющеного зерна составила 1,19 мм (по ТЗ 1,1–1,8 мм) при производительности плющилки 7,8 т/ч (что соответствует требованиям ТЗ – не менее 7,0 т/ч), при потребляемой мощности 20 кВт. При этом удельный расход электроэнергии составил 2,56 кВт·ч/т (что соответствует требованиям ТЗ – не более 3,75 кВт·ч/т).

При плющении зерна кукурузы влажностью 37,3% и объемной массой 482 г/л плющилкой с универсальными вальцами, имеющими зазор 1,0 мм, толщина плющеного зерна равнялась 1,5 мм (по ТЗ не более 2,5 мм). Производительность составила 11,1 т/ч (по ТЗ не менее 10,0 т/ч) при потребляемой мощности 17 кВт и удельном расходе электроэнергии 1,53 кВт·ч/т.

Испытания плющилки со специальными вальцами с зазором 1,0 мм при плющении зерна ячменя влажностью 19,6 %, объемной массой 605 г/л показали, что испытываемая машина обеспечивает производительность 10,0 т/ч, что соответствует требованиям ТЗ при потребляемой мощности 20,0 кВт. Толщи-

на плющеного зерна составила 1,14 мм, удельные затраты электроэнергии – 2,0 кВт·ч/т.

При плющении зерна кукурузы влажностью 37,3%, объемной массой 483 г/л, на кукурузных вальцах с зазором 1,5 мм, плющилка показала производительность 20,0 т/ч. При этом толщина плющеного зерна равнялась 1,6 мм, потребляемая мощность – 19,0 кВт, удельные затраты электроэнергии – 0,95 кВт·ч/т.

Плющилки ПВЗ-10 и «Murska 700 S2» имеют схожую конструктивную схему. Так же, как и плющилка «Murska 700 S2», плющилка ПВЗ-10 может комплектоваться как универсальными, так и кукурузными вальцами, привод ее может осуществляться как от электродвигателя, так и от ВОМ трактора. По производительности, потребляемой мощности плющилка ПВЗ-10 не уступает зарубежному аналогу. Стоимость отечественной плющилки значительно ниже.

Заключение

Приемочными испытаниями определены фактические значения показателей плющилки влажного зерна ПВЗ-10 и установлено, что опытный образец соответствует ТЗ по функциональным показателям, установленной мощности, удельному расходу электроэнергии, показателям надежности и безопасности.

Результаты испытаний плющилки влажного зерна ПВЗ-10 показали, что она обеспечивает качественное плющение зерна при высокой производительности, в чем сравнима с зарубежными аналогами со схожей технической характеристикой. Для наиболее полной реализации потенциала машины необходимо использовать вальцы для плющения зерна колосовых и зерна кукурузы. Наличие кукурузных вальцов позволяет повысить производительность до 20 т/ч. Использование универсальных вальцов при плющении зерна колосовых культур позволяет добиться производительности соответственно 0,95, 2,56 и 1,53 кВт·ч/т.

На основании проведенных приемочных испытаний Белорусская МИС рекомендовала: устранить недостатки, выявленные в процессе испытаний, поставить на производство плющилку влажного зерна ПВЗ-10, комплектацию плющилки различными типами вальцов осуществлять по заявкам хозяйств.

Библиография

1. Нагорский, И.С. Энергосберегающий способ заготовки фуражного зерна [Текст] / И.С. Нагорский, А.Д. Селезнев, Н.А. Воробьев // Агропанорама. – 2006. – №1. – С.4-6.
2. Шило, И.Н. Современные технические средства для плющения зерна [Текст] / И.Н. Шило, Н.А. Воробьев // Агропанорама. – 2007. – №4. – С.4-7.
3. Вальцовая плющилка влажного зерна: пат. 3290 Респ. Беларусь, МПК7 В 02 С 4/00 / В.Н. Дашков, А.Д. Селезнев, М.К. Карпович, В.Н. Савиных, Н.А. Воробьев, Е.А. Селезнева; заявитель Респ. унит. научн.-исслед. предпр. «Инстит. мех. сельск. хоз. Нац. акад. наук Беларуси». – № и 200660387.

УДК 636.085.55:631.363.7

**А.Л. Тимошук, В.И. Хруцкий,
А.В. Гришков, Л.Ф. Минько,
С.В. Гаврилович**

*(РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

К ВОПРОСУ СМЕШИВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ КОМБИКОРМОВ СМЕСИТЕЛЯМИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ТИПА

Введение

Прогресс науки и техники в сельскохозяйственном производстве отмечен созданием весьма эффективных средств механизации и автоматизации для различных технологических операций. На базе новой техники построены современные поточные линии для приготовления комбикормов и кормовых добавок.

Практически любая кормовая смесь состоит из нескольких компонентов. Ее качество во многом определяется качеством перемешивания. Цель смешивания и агрегатное состояние компонентов определяют способы и выбор аппаратуры для его проведения.

Основной задачей технологического процесса является получение однородной смеси компонентов, т.е. гомогенизация ее составляющих. Скорость и результат смешивания во многом определяются формой и величиной частиц, общим зерновым составом и составом каждого компонента в отдельности, числом компонентов и соотношением их качественных показателей: плотности и коэффициентов трения, степени увлажнения и способности к слипанию отдельных частиц, а также степенью измельчения в процессе перемешивания.

Основная часть

Основой для сравнительной оценки смесителей являются эффективность и интенсивность действия. Эффективность перемешивающего устройства характеризует качество проведения процесса перемешивания и в сельскохозяйственном производстве определяется степенью гомогенизации массы, т.е. степенью равномерности распределения компонентов в объеме полученной смеси. Интенсивность перемешивания определяется временем достижения заданного технологического результата. Так как основная цель операции – максимальная однородность состава, то это идентично требованию максимального увеличения первоначальной поверхности раздела между компонентами смеси, на что уходит некоторое время.

Взаимное проникновение частиц при смешивании происходит за счет придаваемой им кинетической энергии, и процесс можно рассматривать как диффузию. Тогда, согласно первому закону Фика, скорость диффузии между каждой парой компонентов определяется уравнением:

$$\frac{dm}{dt} = k(C_r - C_f), \quad (1)$$

где C_r, C_f – концентрации материалов;

k – коэффициент пропорциональности, зависящий от коэффициента диффузии, толщины диффузного слоя и поверхности соприкосновения компонентов.

В процессе смешивания изменяющиеся во времени концентрации материалов и количество компонентов можно заменить изменяющейся величиной площади поверхности раздела.

Тогда

$$\frac{dA}{dt} = k(A_{\max} - A_t), \quad (2)$$

где A_{\max} – максимально возможная поверхность раздела, достигаемая при $t \rightarrow \infty$;

A_t – площадь поверхности раздела в данный момент времени.

После интегрирования получим уравнение кинетики смешивания:

$$A_t = A_{\max} (1 - e^{-tk}). \quad (3)$$

Так как A_{\max} не может быть определено экспериментально, то по данному уравнению нельзя определить A_t .

Исходя из теории вероятности, можно записать

$$P_t = 1 - e^{-kA_{\max}t}, \quad (4)$$

где P_t – вероятность того, что, по крайней мере, один из элементов площади поверхности раздела попадает в элементарный объем ΔV смеси при данном времени перемешивания t .

Преобразуя выражение (4), можно получить

$$kA_{\max} = \ln \frac{1}{1 - P_t} / (1 - e^{-tk}). \quad (5)$$

Для определения времени можно установить значение kA_{\max} , вместо времени t принять число оборотов смесителя, а вместо P_t – долю проб, содержащих заданное количество компонентов с отклонением $\pm 5\%$ (вероятность 95 % в технике считается достоверностью).

Оценкой качественной стороны перемешивания служит степень гомогенизации массы. Для этого из общей массы отбирают пробы. В двухкомпонентной смеси М+N сумма масс отдельных компонентов равна массе отобранной пробы. Общее количество смеси равно сумме всех подобных долей по массе, т.е.

$$\sum_{i=1}^{i=N} g_i = G. \quad (6)$$

Концентрация компонентов в любой пробе будет M_i и N_i , тогда

$$M_i = gM_i / g_i \text{ и } N_i = gN_i / g_i. \quad (7)$$

В идеально перемешанной смеси должно быть соблюдено равенство

$$\sum_{i=1}^{i=n} M_i + \sum_{i=1}^{i=n} N_i = M + N = 1. \quad (8)$$

Отклонение частот по массе компонентов M_i и N_i :

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (M_i - M)^2} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (N_i - N)^2}. \quad (9)$$

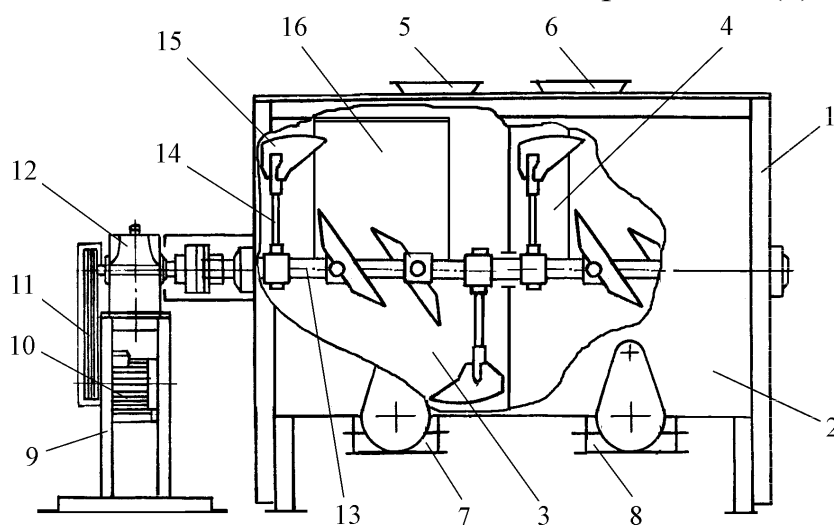
Для количественной оценки качества перемешивания пользуются коэффициентом изменчивости (коэффициент вариации, %)

$$\overline{C}_v = \frac{\sigma}{N} 100. \quad (10)$$

Очевидно, что при идеальном смешении $\overline{C}_v = 0$. На практике считают качество смешивания удовлетворительным при $\overline{C}_v = 6...8\%$, хорошим – при $\overline{C}_v = 4...6\%$, а очень хорошим – при $\overline{C}_v \leq 4\%$.

В соответствии с приведенной выше методикой путем задания значений, и используя выражения (1-10), подбираются конструктивные параметры смесителя.

В РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан горизонтальный двухкамерный смеситель порционного действия для смешивания сыпучих материалов. Конструктивные поверхности рабочих органов выполнены в соответствии с выражением (5).



1 – рама; 2 – корпус; 3, 4 – рабочая камера; 5, 6 – загрузочная горловина; 7, 8 – разгрузочная горловина; 9 – привод; 10 – электродвигатель; 11 – клиноременная передача; 12 – редуктор; 13 – вал; 14 – стойка; 15 – лопасть; 16 – пластина

Рисунок 118 – Горизонтальный двухкамерный смеситель

Смеситель (рисунок 118) содержит раму 1, горизонтальный корытообразный корпус 2, разделенный на две рабочие камеры 3, 4; загрузочные 5, 6 и разгрузочные 7, 8 горловины; привод 9, включающий электродвигатель 10, клиноременную передачу 11 и редуктор 12. На оси корпуса установлен вал 13 с закрепленными на нем через 90° четырьмя стойками 14 в каждой камере

ре. Две крайние и две средние стойки в камере размещены попарно относительно середины каждой камеры корпуса. На стойках закреплены лопасти 15. Левая пара лопастей имеет углы установки, позволяющие перемещать материал

от края в центр и вверх. Правая пара лопастей должна перемещать материал от центра вверх. Лопасты, закрепленные на средних стойках посередине, должны перемещать материал от центра к боковым сторонам.

Смеситель работает следующим образом: порция материалов, подлежащая смешиванию, загружается в одну из камер смесителя через загрузочную горловину. Вал смесителя вращает лопасти, которые распределяют материал внутри корпуса. После полной загрузки порции, путем взаимного перемещения материалов в пространстве, производится их смешивание. Таким образом создается максимальная поверхность раздела. Обе группы основных лопастей перемещают материал от боковых стенок к середине и одновременно выталкивают его в вертикальном направлении. Выносимый на поверхность, материал упирается в пластину и растирается, при этом значительно уменьшается сегрегация выносимых частиц. Средние лопасти выталкивают материал от середины к боковинам, тем самым выравнивая и распределяя материал по объему камеры.

Выгружается готовая смесь из бункера после открытия задвижки. При этом система подачи переориентируется на загрузку порции компонентов во вторую рабочую камеру.

Смеситель изготовлен и проходит производственную проверку в комбикормовом цеху СПК «Луки-Агро» Кореличского района.

Основная техническая характеристика смесителя, работающего в составе комбикормовой установки, представлена в таблице 31.

Таблица 31 – Техническая характеристика горизонтального смесителя

Наименование показателей	Значение
Производительность, <i>т/ч</i>	5
Качество смешивания, %	90±5
Установленная мощность, <i>кВт</i>	18,5
Емкость рабочей камеры, <i>м³</i>	2×2,5
Общий вес порции материалов в рабочей камере, <i>кг</i>	1000

Заключение

Проведенные исследования смесителя показали, что в условиях наблюдающейся на практике изменчивости свойств исходных компонентов, влажности, гранулометрического состава и при высокой интенсивности работы смеситель работает надежно.

Удельная энергоемкость процесса смешивания составляет 1,7 *кВт·ч/т*. Продолжительность цикла, после загрузки всей порции, составляет 2 *мин*. Смеситель в работающей линии обеспечивает снижение прямых эксплуатационных затрат на 25%, срок окупаемости – 1,1 года.

Преимущество предлагаемого смесителя состоит в том, что за счет уменьшения нерабочих зон около боковых стенок повышается однородность смешивания.

Библиография

1. Сыроватко, В.И. Методика проведения испытаний машин для смешивания кормов [Текст] / В.И.Сыроватко. – М. : ВИЭСХ, 1972. – 112 с.
2. Селезнев, А.Д. Основы расчета горизонтального смесителя сыпучих материалов [Текст] / А.Д. Селезнев . – Мн. : УП «БелНИИМСХ», 2003. – С.112-114.

УДК [(636.087.6+631.363):631.147]

**А.Л. Тимошук, А.И. Пунько,
А.Ф. Шведко, А.В. Гришков,
С.В. Гаврилович**

*(РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ
ТЕХНОЛОГИЯ И ЛИНИЯ
ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ
МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ
ПРЕДПРИЯТИЙ
В ПРОТЕИНОВУЮ
КОРМОВУЮ ДОБАВКУ**

Введение

Предполагаемая технология открывает принципиально новый подход к утилизации отходов биологического и растительного происхождения и позволяет получать корм высокой питательной ценности и степени усвояемости. Преимущества нового метода переработки по сравнению с традиционным (в котлах-утилизаторах) заключается не только в приоритете этой технологии с точки зрения охраны окружающей среды (полное отсутствие отходов, выбросов, стоков и вредного запаха), но и в значительно меньших затратах на переработку, в высокой степени стерилизации, которая делает безопасными отходы, содержащие патогенные и болезнетворные микроорганизмы.

Основная часть

В процессе производства и переработки продукции животноводства образуется много отходов – цельные туши вынужденно забитых животных и птицы, отходы от убоя и переработки животных и т.д. – которые при соответствующих условиях могут стать как источником распространения болезней, так и экономичным, не причиняющим ущерба окружающей среде и экологии, высококачественным ингредиентом рациона.

В основе используемого в настоящее время технологического процесса переработки отходов животноводства в корм лежит длительная (4–5 часов), при высокой температуре (120–140°C) и давлении 0,3–0,4 МПа обработка, которая осуществляется в варочных котлах и предусматривает их разваривание, стерилизацию и сушку. При соблюдении технологических параметров эта технология обеспечивает получение стерильного продукта, но оказывает отрицательное действие на его качество. За счет длительного теплового воздействия значительная часть белка разрушается, снижается его усвояемость. Использование традиционного метода переработки требует больших энергетических затрат и сопряжено со сложностями в эксплуатации оборудования.

В основе новой технологии по переработке отходов животноводства лежит экструдирование. Резкий перепад давления при выходе экструдата из ствола экструдера приводит к разрыву стенок клеток, в том числе стенок клеток микроорганизмов, грибов и плесеней. Во время «сухой» экструзии отходы животноводства подвергаются кратковременному (до 30 секунд) воздействию высокой температуры (120–170°C) при давлении до 40 *атм*. Кратковременная температурная обработка оказывает минимальное воздействие на качество белка, разрушая в нем только вторичные связи, но не аминокислоты (усвояемость протеина составляет 90%, лизина – до 88%). Она инактивирует антипитательные факторы, уничтожает или подавляет до приемлемого уровня токсины бактерий, грибов и плесеней. В результате получается стерильный, обеззараженный корм. За 30 секунд пребывания сырья в экструдере содержание влаги понижается до 50% (относительно исходной).

Основным условием при переработке отходов в предлагаемой технологии является процесс их смешивания с сухим наполнителем. Это дает возможность эффективного экструдирования сырья, влажность которого не должна превышать 40% и позволяет сохранить находящиеся в отходах жиры и водорастворимые питательные вещества, теряемые в процессе механического удаления влаги из отходов. Лучше всего в качестве наполнителя использовать злаковые и зернобобовые культуры, продукцию их переработки, жмыхи и шроты подсолнечника, сои, рапса. При экструдировании этих наполнителей не только перерабатываются отходы, но одновременно инактивируются содержащиеся в наполнителе антипитательные факторы.

Белковый корм из отходов животноводства и наполнителя используется в рационах животных и птицы в составе комбикорма. Нормы его ввода в комбикорм определяются с учетом потребности животных в питательных веществах и экономической целесообразностью его включения.

Технологический процесс

Исходное сырье: отходы от убоя и переработки животных, наполнитель. Конечная продукция: белковая кормовая добавка. Выход продукции: из 1 *т* экструдированной смеси влажностью 25–30% (250–300 *кг* отходов влажностью 70% и 700–750 *кг* наполнителя влажностью 10%) производится 850–880 *кг* белкового корма влажностью 14–15%.

Технологическая схема линии переработки отходов в протеиновую кормовую добавку представлена на рисунке 119 и включает в себя следующие процессы.

1. *Измельчение отходов.* Отходы от убоя и переработки животных транспортером 1 подаются в измельчитель 2 и далее – в пастоприготовитель 3, где измельчаются до частиц величиной не более 8 *мм* и через выгрузной патрубком направляется в установку 4 (А1-ФН-3К) для транспортирования фарша в смеситель 5.

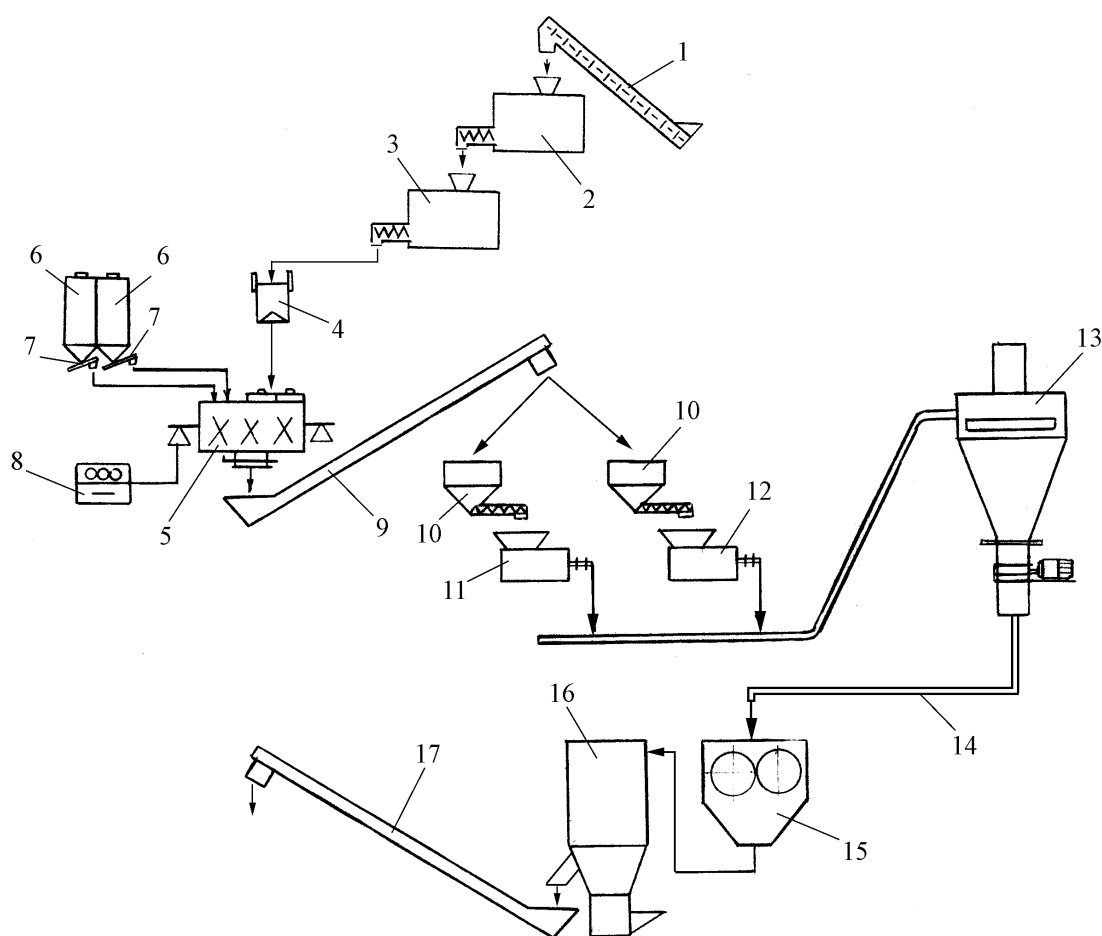
2. *Подача наполнителя.* Наполнитель из вертикальных бункеров 6 по транспортерам 7 подается в смеситель 5.

3. *Дозирование и смешивание компонентов.* Наполнитель и измельченные отходы взвешиваются на электронных весах 8, загружаются в смеситель 5, откуда готовая смесь шнековым транспортером 9 подается в активный накопитель 10.

4. *Экструдирование.* Смесь отходов с наполнителем подается в экструдеры 11, 12 для кратковременной температурной обработки под давлением.

5. *Охлаждение.* Циклонное устройство 13 засасывает экструдат из экструдера и охлаждает его до температуры окружающей среды, что придает ему стабильность.

6. *Измельчение.* Охлажденный белковый корм пневмопроводом 14 подается в дробилку 15, где он измельчается и по пневмопроводу подается в приемное устройство бункера-накопителя готовой продукции 16, откуда шнековым транспортером 17 выгружается в мобильное средство.



1, 4 – скребковые транспортеры; 2 – измельчитель отходов; 3 – пастоприготовительная машина; 5 – смеситель; 6 – вертикальные бункеры; 7 – транспортеры загрузки экструдеров; 8 – электронные веса; 9, 17 – шнековые транспортеры; 10 – активные накопители; 11, 12 – экструдеры; 13 – циклонное устройство; 14 – пневмопровод; 15 – дробилка; 16 – бункер-накопитель

Рисунок 119 – Технологическая схема линии переработки отходов в протеиновую кормовую добавку

Техническая характеристика линии переработки отходов в протеиновую кормовую добавку представлена в таблице 32.

Таблица 32 – Техническая характеристика линии переработки отходов

Тип	стационарный
Привод	электрический
Производительность за 1 час основного времени, <i>т/ч</i>	0,8–1,5
Установленная мощность, <i>кВт</i>	не более 230
Удельный расход электроэнергии, <i>кВт</i>	не более 90
Масса, <i>кг</i>	4500
Габаритные размеры, <i>мм</i>:	
длина	не более 7150
ширина	не более 3150
высота	не более 2450
Обслуживающий персонал, чел. (оператор + 2 подсобные рабочие)	3
Срок службы, лет	7

При годовой загрузке линии на 1600 часов и производительности 1,5 *т/ч* планируется производить в год 2400 тонн протеиновой кормовой добавки. Экономия металла на одну линию составляет 2,5 тонны, электроэнергии – 38,4 тыс. *кВт·ч*. Суммарный экономический эффект одной линии в год составит около 120 тыс. долл. США.

Выводы

1. Разработанная технология и линия переработки отходов мясоперерабатывающих предприятий отличается простотой конструкции, низкими энергозатратами и металлоемкостью, высокой эффективностью.

2. Удельные затраты энергии на вновь разработанной линии на 16 *кВт·ч/т* ниже по сравнению с существующей технологией. Жидкое топливо для производства протеиновой кормовой добавки исключается, в то время как на существующем оборудовании расходуется около 250 *кг* мазута на 1 тонну кормовой добавки.

УДК 637.1.02/.112:005.934

**В.К. Клыбик, Е.А. Юркевич,
Т.С. Декевич**

*(РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ
АСПЕКТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО
СЕРВИСА ДОИЛЬНОГО
ОБОРУДОВАНИЯ**

Введение

В республике в настоящее время 350 молочно-товарных ферм и комплексов оборудованы современными доильными залами, где обслуживается около 130 тыс. коров со средним удоем более 5000 *кг* молока. В соответствии с про-

граммой возрождения и развития села до 2010 года в Республике Беларусь необходимо реконструировать и технически переоснастить 1372 молочно-товарные фермы, на которых будет производиться почти 90% валового объема молока [1].

При высокой концентрации поголовья на современных фермах и комплексах особенно важно создавать оптимальные условия содержания и доения коров для максимального использования их генетической продуктивности. Исследования показывают, что при несоблюдении технологических и санитарно-гигиенических норм содержания животных, а также при отступлении от технологических режимов использования оборудования наблюдается рост числа заболеваний и снижение продуктивности молочного стада.

Основная часть

Большинство крупных молочно-товарных ферм и комплексов республики оснащены современным высокотехнологичным доильным оборудованием отечественного и импортного производства с элементами автоматизации управления процессом доения, в целом удовлетворяющим физиологическим механизмам молокоотдачи коров.

Распределение современных доильных залов с выборкой по областям приведено в таблице 33.

Таблица 33 – Распределение доильных залов по областям и их производственные показатели

Наименование области	Количество МТФ с доильными залами	Обслуживается коров, голов	Средний удой на корову за 2007 г.	Количество МТФ, оборудованных залами	
				отечественными	импортными
Брестская	61	25143	5307	14	47
Витебская	21	6407	4561	9	12
Гомельская	63	18284	4379	49	14
Гродненская	83	33433	5420	16	67
Минская	49	15127	5953	12	37
Могилевская	73	31018	4387	48	25
Итого по РБ	350	129412	5023	148	202

Чтобы обеспечить эффективное использование установленного на фермах и комплексах оборудования, имеющего, как правило, круглогодичный режим использования, оно должно находиться в высокой степени технической готовности. Это невозможно без своевременного выполнения в полном объеме регламентных работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту.

Реальная ситуация, сложившаяся в области технического сервиса молочного оборудования, свидетельствует о том, что часто товаропроизводители по экономическим соображениям отказываются от услуг сервисных предприятий и решают вопросы поддержания оборудования в рабочем состоянии своими

силами. Из-за отсутствия необходимых диагностических приборов, оснастки и специалистов такое обслуживание производится не в полном объеме. Как правило, не проводится контроль режимов доения, производительности вакуумных насосов, герметичности молокопроводов, качества сосковой резины, что сказывается на качестве и количестве получаемого молока. В результате производители несут значительно большие финансовые потери в сравнении с затратами на проведение квалифицированного технического обслуживания.

Простой доильного оборудования из-за поломок приводит не только к потерям продукции, но и к снижению продуктивности коров. При задержке времени доения на 1–2 ч молокоотдача снижается на 1–2%, а исходная продуктивность восстанавливается только через 7 дней [2]. Несвоевременное доение вызывает дополнительное напряжение вымени коровы и болезненные реакции, что может способствовать его заболеванию (около 1/3 коров болеют маститом). При этом расход кормов на единицу продукции увеличивается на 10–20%.

К основным причинам нарушения работы доильного оборудования относится возрастание величины вакуума. При наличии высокого вакуума (более 0,52 бар.) возможны механические повреждения в области соскового канала коровы. При этом появляется боль в области вымени, что тормозит молокоотдачу, приводит к возрастанию продолжительности доения и доли остаточного молока. Повышение вакуума в большинстве случаев происходит при неисправности вакуумметра, регулировочного клапана (засорение фильтра) и при накоплении молочных хлопьев в трубопроводе.

Важным параметром при работе доильного оборудования является частота пульсаций. Ее повышение сверх оптимальных пределов влияет на сосковый канал таким образом, что он остается открытым еще некоторое время после окончания такта сосания, и молоко в результате сжатия сосковой резины может снова попасть в сосковый канал. Низкая частота пульсаций ведет к удлинению такта сосания, что вызывает появление боли, в вымени остается некоторое количество молока и увеличивается время доения.

Установлено, что изменение частоты пульсации в недопустимых пределах приводит к появлению маститов и нарушению секреции молока. Исследования показали, что при нарушениях работы пульсатора количество коров с заболеваниями составляло 34,1%, при правильной настройке – только 8,7% [3].

Нарушение цикличности в работе доильных аппаратов наблюдается также при недостаточной подаче воздуха, при спадании доильных стаканов и нарушении герметичности в вакуумной системе. Если появляются нарушения в такте пульсации, то они могут быть обусловлены несоответствующим диаметром, длиной и натяжением сосковой резины, а также объемом коллектора и длиной молокопровода.

Несоблюдение вакуумного режима приводит к травмам сосков вымени и маститу, в результате чего потери молочной продуктивности коров составляют 8%, при повышенной частоте пульсаций (на 30% и выше) – до 16%, при ком-

плектовании доильной установки узлами и деталями, неправильно подобранными по параметрам технического состояния, из-за неполной молокоотдачи – до 4%. Незначительные нарушения технологии доения приводят к тому, что совокупные потери молочного сырья могут достигать 30%. Стоимость часа сверхнормативного простоя (>2 часов) доильного оборудования составляет не менее 2,5% от стоимости суточного производства продукции.

Приведенные цифры еще раз подтверждают важность надлежащего обслуживания доильного оборудования в процессе его эксплуатации. Нынешнее состояние технического обслуживания ферм требует организации сервисных служб, осуществляющих своевременное и, главное, профессиональное обслуживание доильных машин.

Экономический эффект организации сервисных услуг определяется величиной снижения себестоимости механизированных работ. Услуги по техническому сервису должны обеспечивать повышение эксплуатационной надежности машин, вследствие чего затраты на внедрение были бы меньше прибыли от увеличения наработки. Прибыль от увеличения наработки состоит из прибыли от увеличения времени работы машин и снижения затрат на устранение отказов. Из этого следует:

$$Z_{\partial} \leq P_{yn} + C_o,$$

где Z_{∂} – дополнительные затраты при внедрении технического сервиса;

P_{yn} – прибыль от увеличения наработки машин;

C_o – снижение стоимости затрат на устранение отказов.

Таким образом, организация технического сервиса позволит получить дополнительную прибыль, которая равна

$$P_{\partial} = C_{\partial вп} - Z_p - Z_{mc},$$

где $C_{\partial вп}$ – стоимость дополнительной валовой продукции;

Z_p – затраты на ремонт;

Z_{mc} – затраты на организацию технического сервиса.

На примере экономических моделей двух среднестатистических молочно-товарных ферм с доильными залами, рассмотрев показатели первой – с нарушениями в техническом обслуживании, отсутствием диагностики, профилактических ремонтно-восстановительных работ доильных установок, и второй – с правильной организацией технического сервиса доильного оборудования, выяснилось, что прибыль фермы, на которой соблюдался регламент обслуживания доильного оборудования, на 19,1 млн. руб. больше.

Ситуацию на рынке услуг технического обслуживания МТФ можно улучшить, разработав и освоив производство отечественного передвижного поста с комплектом оборудования для технического обслуживания, диагностики и текущего ремонта доильных установок молочно-товарных ферм и комплексов. Укомплектование поста современными диагностическими и измерительными приборами для сервисного обслуживания систем доения коров

позволит с большой точностью диагностировать причины отказов при эксплуатации и повысить качество их ремонта.

Использование инструментальных методов оценки технического состояния животноводческого оборудования без его разборки позволит осуществить переход стратегии ремонтного обеспечения эксплуатируемой техники с планово-предупредительной, опирающейся на жесткий регламент, на стратегию «по состоянию». Такой переход в течение последних десятилетий не мог быть выполнен из-за недостаточного количества средств диагностирования и довольно узкой их номенклатуры, не покрывающей весь спектр возможных неисправностей разнообразных машин в животноводстве. Этим определяется приоритет разработки средств диагностирования и освоения новой техники. Первостепенное значение придается комплекту приборов и оснастки для выявления и устранения неисправностей. Предусматривается достаточно гибкая комплектность, способная удовлетворить требования практически любого заказчика и соответствующая предполагаемому типу обслуживаемых машин.

В пост должен входить комплект оборудования для экспресс-диагностики и комплексного контроля основных узлов и систем доильных установок в процессе эксплуатации, состоящий из электронного блока с аналоговым и цифровым модулями (включая микропроцессор, ПЗУ и ОЗУ), сенсорного дисплея. Параметры снимаются с помощью уникальных датчиков с длительной стабильностью результатов измерений, что позволяет использовать калибровочные данные из модуля памяти для получения особо точных измерений. Прибор должен иметь возможность измерений следующих технических параметров доильных установок:

- производительность и эффективный запас производительности вакуумного насоса;
- чувствительность регулятора;
- утечку воздуха в вакуум-регуляторе и вакуум-проводе;
- стабильность вакуума в системе;
- величину падения вакуума в вакуумных кранах и вакуум-проводе;
- засоренность вакуум-провода;
- утечку воздуха в доильной системе (молокопроводе);
- подсос воздуха к доильным стаканам;
- жесткость сосковой резины по вакууму смыкания и удлинению;
- перепад вакуумметрического давления между вакуум-проводом и молокопроводом.

Комплектация поста должна включать автоматизированное устройство диагностирования асинхронных двигателей общепромышленного применения без разборки и снятия напряжения (АУД-1), приспособления для монтажа, демонтажа и замены часто используемых расходных материалов, комплекты инструментов и другое вспомогательное оборудование.

Использование укомплектованных передвижных постов для обслуживания доильных установок на основе периодического контроля параметров технического состояния и прогнозирования остаточного ресурса, упреждающего выполнения профилактических, ремонтно-восстановительных работ, позволит реализовать комплекс организационно-технических мероприятий по поддержанию доильного оборудования в работоспособном состоянии, а также снизит затраты на ремонт на 15%, заболеваемость животных на 20%, при повышении их продуктивности на 10% и более, и увеличит срок службы доильных установок на 3–5 лет.

Заключение

Получить высокие удои и снизить себестоимость молока можно только при комплексном подходе: необходимо правильное планирование и строгое соблюдение всех организационно-технологических операций по содержанию, кормлению, доению, а также периодический контроль параметров технического состояния оборудования и «упреждающее» выполнение работ по его профилактике, ремонту и восстановлению.

Использование передвижных постов в качестве составляющей технического сервиса доильного оборудования позволит реализовать комплекс организационно-технических мероприятий по поддержанию доильного оборудования в работоспособном состоянии.

Рациональное рассредоточение нужного количества передвижных постов по регионам республики обеспечит качественное и своевременное проведение технического обслуживания всего доильного оборудования молочно-товарных ферм и комплексов, что позволит на 350 молочно-товарных фермах с доильными залами сэкономить порядка 6,7 млрд.руб. в год только за счет сокращения затрат на техническое обслуживание и ремонт доильного оборудования.

Библиография

1. Национальный интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / «Экономическая газета». – Минск 2002. – Режим доступа: <http://www.neg.by/news/5360.html>. – Дата доступа: 28.11.2006.
2. Казаровец, Н.В. Технологии, оборудование и технический сервис в молочном животноводстве: [Текст] / Н.В. Казаровец, В.П. Миклуш, М.В. Колончук. – Мн.: БГАТУ. – 2007. – С.6.
3. Кальвайн, Г. Руководство по молочному делу и гигиене молока / Г. Кальвайн // Народ.ру [Электронный ресурс]. – 2008 – Режим доступа: <http://vetfac.narod.ru/keiweinomilk/book098/htm>. – Дата доступа: 19.03.2008.

Введение

В агропромышленном комплексе республики в настоящее время актуальна проблема технического обслуживания тракторов, особенно в связи с пополнением МТП сельскохозяйственных предприятий современными сложными энергонасыщенными тракторами отечественного и импортного производства. Ранее [1] нами подробно рассмотрены объективные и субъективные причины низкого уровня организации технической эксплуатации сельскохозяйственной техники, к которым относятся и имеющиеся недостатки в организации технического обслуживания (ТО) тракторов.

Основная часть

Под организацией технического обслуживания тракторов, как и любой техники вообще, понимают планирование технического обслуживания с разработкой план-графика ТО и управление постановкой их на техническое обслуживание.

Планирование технического обслуживания осуществляют, как правило, на календарный год с последующей разработкой месячных планов-графиков.

Исходными данными для планирования являются: наработка трактора от начала эксплуатации до начала планируемого периода и плановая наработка трактора в планируемом периоде, вид последнего технического обслуживания и его периодичность.

Согласно действующей в республике планово-предупредительной системе технического обслуживания, его периодичность регламентируется наработкой в моточасах, которая одинакова для всех марок тракторов.

Учет наработки каждого трактора в производственных условиях можно вести в моточасах и часах работы, килограммах или литрах израсходованного топлива, в условных эталонных гектарах. Первые две из указанных единиц наработки можно снимать с показаний соответствующих приборов, имеющих на современных тракторах. Такой учет наиболее объективен, однако в производственных условиях он не является обязательным, и сама величина – моточас – не является объективным показателем наработки трактора. Чем меньше загружен двигатель трактора по мощности, тем большее количество моточасов он наработает, в то время как количество расходуемого топлива будет меньшим, меньшей будет и выработка трактора в условных эталонных гектарах (усл. эт. га) при меньшей загрузке двигателя. Применяются указанные единицы, в основном, для учета наработки тракторов, находящихся на гарантийном обслуживании.

В производственных условиях в настоящее время обязательному учету подлежит расход топлива, так как оно является не только дорогостоящим материалом, но и одним из измерителей наработки трактора. На производстве такой учет расхода топлива в килограммах или литрах хорошо налажен как в целом по машинно-тракторному парку, так и по каждому трактору в отдельности.

В штатных документах сельскохозяйственных предприятий годовая наработка тракторов представляется в условных эталонных гектарах и определяется по применяемым нормам выработки на механизированные тракторные работы и фактическим выполненным физическим объемам тракторных работ за год, т.е. по известной методике перевода физических объемов тракторных работ в условные.

Наработка каждого трактора в процессе его эксплуатации может быть определена в моточасах или часах работы, килограммах (литрах) израсходованного топлива и в условных эталонных гектарах. Однако оперативная информация по наработке тракторов имеется только в килограммах израсходованного топлива, так как в условных эталонных гектарах она определяется, как правило, за какой-то промежуток времени, например, календарный год, а учет наработки в моточасах или часах не является на производстве обязательным. Следовательно, только наработка трактора в килограммах (литрах) израсходованного топлива из-за возможности простоты ее учета может использоваться для управления техническим обслуживанием, то есть для постановки конкретного трактора на конкретный вид регламентированного технического обслуживания в пределах допуска на периодичность в $\pm 10\%$. При этом следует иметь в виду, что между единицами учета наработки тракторов существует устойчивая связь, то есть если имеется наработка трактора в одной из указанных выше единиц наработки, то ее можно перевести в любую другую. Другими словами, если известна наработка трактора в одних единицах, можно перевести ее в другие и сравнить с периодичностью технического обслуживания в этих же единицах с целью определения времени (даты) постановки на обслуживание. При планировании ТО для перевода наработки трактора из одних единиц в другие могут использоваться таблицы (шкалы) периодичности технического обслуживания тракторов в различных единицах наработки. Например, шкала периодичности технического обслуживания тракторов в усл. эт. *га* приведена в [2]. Имеется аналогичная шкала периодичности и в килограммах (литрах) израсходованного топлива.

Определить фактическую наработку трактора в производственных условиях можно в любой из четырех принятых единиц наработки. Однако с точки зрения объективности и оперативности учета, что особо важно для своевременной постановки конкретного трактора на техническое обслуживание, наиболее приемлемой является наработка в килограммах или литрах израсходованного топлива.

Для планирования технического обслуживания тракторов кроме их фактической наработки на начало планируемого периода следует определить их плановую наработку в этом периоде. В качестве такого периода обычно рассматривают календарный год, и для определения плановой наработки тракторов на календарный год можно поступить следующим образом. Вначале разработать план механизированных работ предприятия на календарный год, основанием для которого служат: структура посевных площадей, технологические карты возделывания сельскохозяйственных культур, действующие на предприятии нормы выработки и расхода топлива на механизированные работы, перечень операций механизированных тракторных работ, не вошедших в технологические карты. Затем составляется так называемая сводная ведомость механизированных работ, в которой в календарной последовательности приводятся все операции таких работ по всем сельскохозяйственным культурам, вносятся не учтенные в технологических картах операции, обозначаются составы используемых машинно-тракторных агрегатов с их нормами выработки и расхода топлива, агротехнические сроки выполнения каждой операции и длительность рабочего дня. На основании этих данных по каждой операции определяют требуемое количество нормо-смен или нормо-часов работы и расход топлива, что является исходным для определения плановой наработки данной марки тракторов в килограммах или литрах израсходованного топлива и в усл. эт. га.

Чтобы определить плановую годовую наработку одного трактора данной марки, следует разделить плановую наработку данной марки тракторов на их количество.

Как видно, рассмотренный метод определения плановой наработки тракторов весьма трудоемок, так как требует множества исходных данных и сложных расчетов, хотя, казалось бы, является достаточно точным, так как учитывает почти все предполагаемые в сельхозпредприятии работы. Однако определенная таким образом плановая наработка – это тот объем механизированных работ, который нужно выполнить данным трактором в хозяйстве, а не тот, который он потенциально может выполнить с учетом его срока службы. Это является самым существенным недостатком рассмотренного выше метода определения плановой наработки. Вторым недостатком является то, что он не позволяет обеспечить равномерность загрузки ПТО предприятия даже при изменении периодичности ТО в допущенных пределах $\pm 10\%$.

Наиболее простым и нетрудоемким методом планирования наработки тракторов следует считать метод, в основе которого лежит нормативная годовая загрузка тракторов, приводимая в часах работы или в усл. эт. га [3]. Зная коэффициенты перевода тракторов в приведенные по сроку службы [2], возраст и марки тракторов сельхозпредприятия, можно определить плановую годовую наработку по каждому трактору в часах или в усл. эт. га. Затем, определив сложившееся на предприятии распределение объема механизированных

работ по месяцам года путем анализа фактической наработки каждого трактора за 2-3 предшествующих года или взяв сложившуюся в Республике Беларусь ситуацию [2], можно спланировать время постановки на техническое обслуживание каждого трактора в течение календарного года.

В [2] подробно изложена методика планирования технического обслуживания тракторов, в т.ч. определение плановой наработки в усл. эт. га, позволяющие разработать реальный план-график ТО, который может являться средством управления постановкой тракторов на ТО. Однако в последнее время среди специалистов бытует мнение о том, что условный эталонный гектар как единица учета наработки тракторов исчерпал себя и в скором времени может быть забыт. Этот вопрос является спорным, но в настоящее время в производственных условиях усл. эт. га надо учитывать, так как он является единственным обобщенным показателем, учитывающим объем тракторных работ. На наш взгляд, для простоты планирования технического обслуживания, разработки реального плана-графика ТО следует использовать нормативную годовую загрузку тракторов в часах и учитывать срок их службы. Методика же определения плановой наработки каждого трактора и разработки годового плана-графика технического обслуживания приведена в [2].

Выводы

1. Самым простым и достоверным методом определения плановой наработки тракторов и планирования их технического обслуживания является метод, основанный на использовании нормативной годовой загрузки трактора в часах или усл. эт. га и коэффициентов, учитывающих срок его службы.

2. Управление постановкой тракторов на техобслуживание при таком его планировании возможно по разрабатываемому плану-графику.

Библиография

1. Хилько, И.И. Моторесурс в забвении [Текст] / И.И. Хилько, А.В. Новиков, В.Я. Тимошенко // Белорусская нива. – 2007. – № 98.
2. Новиков, А.В. Новое – хорошо забытое старое / А.В. Новиков, В.Я. Тимошенко, А.В. Чирич // Агропанорама. – 2005. – № 6. – С.7-10.
3. Справочник нормативов трудовых и материальных затрат для ведения сельскохозяйственного производства [Текст] / БелНИИ аграрной экономики. - 2-е изд., перераб. и доп.; под ред. В.Г. Гусакова; сост. Я.Н. Бречко, М.Е. Сумонов. – Мн., 2002. – 440 с.

УДК 62-791.2

С.А. Ворса

(РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь)

**ВИБРАЦИОННО-
ЧАСТОТНЫЕ
ДИНАМОМЕТРЫ**

Введение

Работа технологических комплексов по производству смесей в промышленности, строительстве, сельском хозяйстве и других отраслях основана на

определении и учете непрерывным или периодическим способом массы компонентов, поступающих на смешивание. С этой целью применяют разнообразные системы определения и учета массы. Для использования в сельском хозяйстве интерес представляют вибрационно-частотные динамометры [1], так как они просты в конструкции, надежны в работе, обеспечивают широкий диапазон измерений, менее подвержены воздействию агрессивных сред и температур, обладают высокой чувствительностью.

Вибрационно-частотные динамометры относятся к устройствам параметрически-частотного преобразования информации с распределенными механическими параметрами и предназначены для измерения силы.

Основная часть

Рассмотрим конструкцию и принцип работы динамометра.

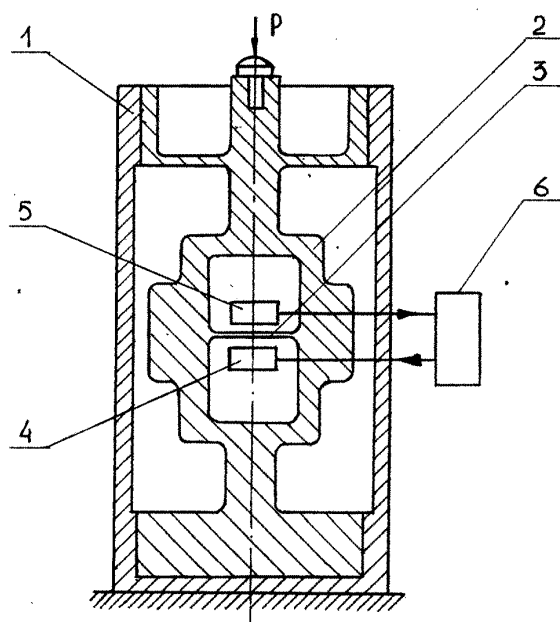


Рисунок 120 – Вибрационно-частотный динамометр

На рисунке 120 изображен динамометр, содержащий корпус 1, упругий элемент 2, изготовленный из легированной конструкционной стали 35ХГСА (УЭ), с ленточной струной 3 (резонатор), выполненный как одно целое, электронный возбудитель 4 и датчик колебаний 5, размещенные по разные стороны от ленточной струны 3 и связанные с усилителем 6.

Если приложить к динамометру сжимающую нагрузку P , то в результате деформации упругого элемента 2 резонатор 3 растягивается, при этом частота его поперечных колебаний увеличивается. При колебании резонатора 3 в датчике 5 наводится э.д.с., частота ко-

торой равна частоте колебаний резонатора 3. Сигнал с датчика 5 подается на вход усилителя 6, выход которого подключен к возбудителю 4. Таким образом, замыкается автоколебательная система, частота автоколебаний которой практически равна собственной частоте поперечных колебаний резонатора. Объясняется это тем, что добротность механической колебательной системы очень велика – $5 \cdot 10^3 \div 10 \cdot 10^3$. Регистрация показаний динамометра сводится к измерению частоты колебаний резонатора.

Определим собственную частоту колебания резонатора (рисунок 121) от воздействия растягивающей силы N . Приравнивая сумму проекций на верти-

каль всех сил, приложенных к элементу участка резонатора dx , произведению массы этого элемента qdx на ускорение $\frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2}$, получим:

$$-\frac{\partial Q}{\partial x} dx + N \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} = q \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} dx \quad \text{или} \quad \frac{\partial Q}{\partial x} = N \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} - q \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2},$$

где Q – поперечная сила в резонаторе, H ;

η – прогиб резонатора, m ;

q – масса единицы длины резонатора, $кг/м$.

С другой стороны, используя уравнение моментов, получим:

$$\frac{\partial M}{\partial x} = Q.$$

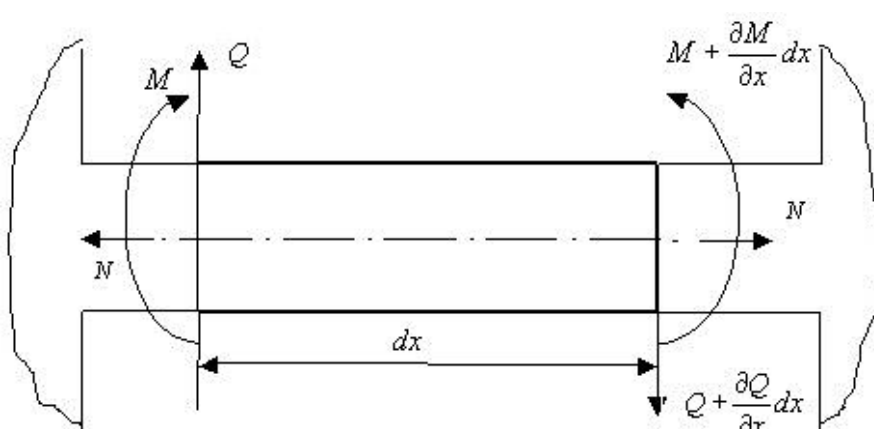


Рисунок 121 – Резонатор вибрационно-частотного динамометра

Как известно, изгибающий момент M и приближенное значение кривизны $\frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2}$ согласно [2] связаны зависимостью

$$EJ \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} = M,$$

где EJ – жесткость сечения резонатора при изгибе, $H/м$.

Исключая из полученного уравнения M и Q , найдем частоту поперечных колебаний резонатора с учетом растягивающей силы N , тогда дифференциальное уравнение свободных колебаний резонатора примет вид:

$$\frac{\partial^4 \eta}{\partial x^4} - \frac{N}{EJ} \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} + \frac{q}{EJ} \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} = 0.$$

Решим это уравнение в виде:

$$\eta = v(x) \sin(\omega t + \varphi),$$

где $v(x)$ – функция, определяющая форму колебания резонатора.

Получим обыкновенное дифференциальное уравнение для функции $v(x)$:

$$v^{IV} - \frac{N}{EJ} v'' - \frac{f^2 q}{EJ} v = 0. \quad (1)$$

Этому выражению соответствуют граничные условия:

$$v = A \sin \frac{n\pi x}{L},$$

где L – длина резонатора, $м$;

$n = 1, 2, 3 \dots$ – форма колебаний.

Подставив это выражение в уравнение (1), получим:

$$\frac{n^4 \pi^4}{L^4} + \frac{N}{EJ} \frac{n^2 \pi^2}{L^2} - \frac{f^2 q}{EJ} = 0.$$

Тогда частота собственных колебаний резонатора равна

$$f_n = n^2 \pi^2 \sqrt{\frac{EJ}{qL^4}} \sqrt{1 + \frac{NL^2}{n^2 \pi^2 EJ}},$$

а для меньшей частоты при $n = 1$

$$f = \pi^2 \sqrt{\frac{EJ}{qL^4}} \sqrt{1 + \frac{\pi^2 EJ}{L^2}}.$$



Рисунок 122 – Весы крановые электронные ВКЭ

В настоящее время, после решения вопроса компенсации основной погрешности, вызванной влиянием изменения температуры окружающей среды [3], разработан типоразмерный ряд динамометров с верхним пределом измерения силы $0,1 \cdot 10^4 \text{ Н}$; $1,0 \cdot 10^4 \text{ Н}$; $5,0 \cdot 10^4 \text{ Н}$; $10,0 \cdot 10^4 \text{ Н}$, классом точности 0,1 и начальной частотой выходного сигнала 6000 Гц, соответствующий рекомендациям МОЗМ [4].

На базе динамометров с верхним пределом измерений $5,0 \cdot 10^4 \text{ Н}$; $10,0 \cdot 10^4 \text{ Н}$ разработаны весы крановые электронные ВКЭ (рисунок 122), которые внесены в Государственный реестр средств измерений за №РБ 0302145901 и выпускаются по ТУ РБ 100088931.024-2001.

Основные технические характеристики весов крановых электронных приведены в

таблице 34.

Таблица 34 – Основные технические характеристики весов крановых электронных

Наименование показателя	Значение показателя	
	ВКЭ-5	ВКЭ-10
Наибольший предел взвешивания (НПВ), т	5,0	10,0
Наименьший предел взвешивания (НмПВ), т	0,05	0,05
Класс точности	обычный	
Цена поверочного деления (e) и дискретность отсчета (d _d), кг:		
от 50 до 1000 кг включительно	5,0	5,0
свыше 5000 до 10000 кг включительно		10,0

Продолжение таблицы 34

Наименование показателя	Значение показателя	
	ВКЭ-5	ВКЭ-10
Пределы допускаемой погрешности при эксплуатации в интервалах взвешивания, кг: от 50 до 1000 кг включительно свыше 1000 до 5000 кг включительно свыше 5000 до 10000 кг включительно	±5,0 ±10,0	±5,0 ±10,0 ±20,0
Диапазон выборки массы тары, кг	от 50 до 5000	от 50 до 10000
Пределы допускаемой погрешности с выборкой массы тары, кг: от 50 до 1000 кг включительно свыше 1000 до 5000 кг включительно свыше 5000 до 10000 кг включительно	±5,0 ±10,0	±5,0 ±10,0 ±20,0
Порог чувствительности, кг	1,4e	1,4e
Вид уравнивающего устройства	автоматическое	
Габаритные размеры, мм: грузоприемное устройство дистанционное отсчетное устройство	не более Ø180x545 не более 195x102x45	
Источник питания	аккумулятор	
Напряжение, В: грузоприемное устройство дистанционное отсчетное устройство	12 _{-1,0} 12 _{-2,0}	
Время непрерывной работы без подзарядки в нормальных условиях (температура +20°C), ч: грузоприемное устройство дистанционное отсчетное устройство	не менее 60 не менее 7	
Время непрерывной работы без подзарядки при пониженной температуре -10°C, ч: грузоприемное устройство дистанционное отсчетное устройство	не менее 30 не менее 2	
Вероятность безотказной работы за 2000 ч	не менее 0,9	
Средний срок службы, лет	8	
Масса, кг	не более 50	
Потребляемая мощность, Вт	12,5	

Заключение

Использование вибрационно-частотных динамометров позволит разработать различные весоизмерительные устройства применительно к условиям сельскохозяйственного производства республики.

Библиография

1. Прецизионные частотные преобразователи автоматизированных систем контроля и управления [Текст] / В.Б. Кудрявцев [и др.]. – М.: Энергия, 1974. – С.17.

2. Основы современных методов расчета на прочность в машиностроении [Текст] / С.Д. Пономарев [и др.]. – Л.: МАШГИЗ, 1952. – С.192.
3. Патент 6819 Республика Беларусь, (51) G 01 M 13/ 02. Вибрационно-частотный динамометр [Текст] / С.А. Ворса, А.Б. Либенсон, И.С. Лященко, В.В. Гревцов: заявитель и патентообладатель С.А. Ворса №20020226: заявл.02.07.02: опубл. 2005 г., Бюл. №1 (44). – С.168.
4. Взвешивающие устройства неавтоматического действия. Измерение массы: Международные рекомендации: в 2-х частях: Ч.1, Ч.2: утв. межд. конф. законодательной метрологии в 1992 г.

УДК 62-791.2

С.А. Ворса

*(РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

КОМПЕНСАЦИЯ АДДИТИВНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ВИБРАЦИОННО-ЧАСТОТНЫХ ДИНАМОМЕТРОВ

Введение

Температура является основным фактором, влияющим на характеристики вибрационно-частотных динамометров.

При изменении температуры окружающей среды происходит изменение линейных размеров упругих элементов вибрационно-частотных динамометров, а также изменение модуля упругости материалов, из которых они изготовлены, что оказывает существенное влияние на точность измерений.

Рассмотрим методы компенсации аддитивной составляющей температурной погрешности вибрационно-частотных динамометров, которые относятся к устройствам параметрически-частотного преобразования информации с распределенными механическими параметрами [1]. Последние предназначены для измерения силы классом точности 0,1 с верхним пределом измерения от $0,1 \cdot 10^4 \text{ Н}$ до $10 \cdot 10^4 \text{ Н}$.

Основная часть

На рисунке 123 изображен динамометр, содержащий корпус 1, упругий элемент 2 (УЭ) с ленточной струной 3 (резонатор), электронный возбудитель 4 и датчик колебаний 5, размещенные по разные стороны от ленточной струны 3 и связанные с усилителем 6 и регистратором 10.

При приложении к динамометру сжимающей нагрузки P в результате деформации упругого элемента 2 резонатор 3 растягивается, при этом частота его поперечных колебаний увеличивается. При колебании резонатора 3 в датчике 5 наводится э.д.с., частота которой равна частоте колебаний резонатора 3. Сигнал с датчика 5 подается на вход усилителя 6, выход которого подключен к возбудителю 4. Таким образом, замыкается автоколебательная система, частота автоколебаний которой практически равна собственной частоте поперечных колебаний резонатора. Объясняется это тем, что добротность механи-

ческой колебательной системы очень велика – $5 \cdot 10^3 \div 10 \cdot 10^3$. Регистрация показаний динамометра сводится к измерению частоты колебаний резонатора.

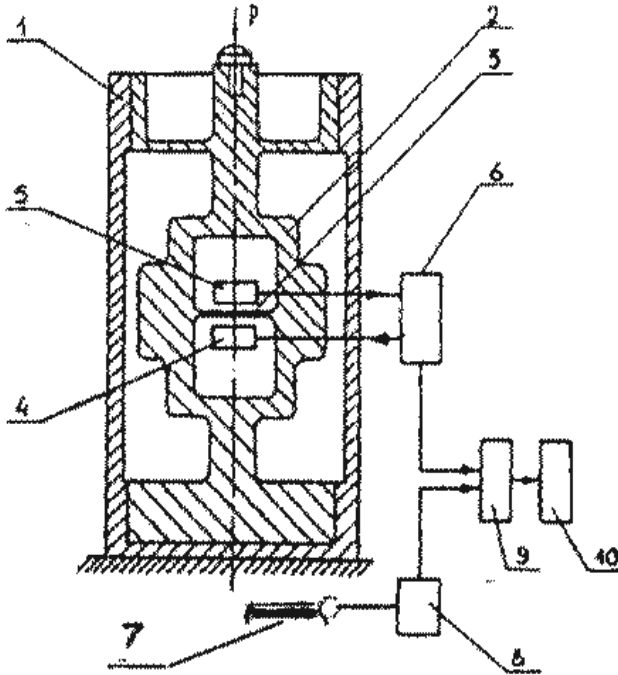


Рисунок 123 – Вибрационно-частотный динамометр

ных конструкционных сталей (35ХГСА, 30ХГС и т.п.), при работе в условиях изменяющихся температур появляется дополнительная приведенная погрешность $\pm 1,3\%$ (при $\Delta f = 10\%$) на 10°C . Естественно, что такие динамометры можно применять только при работе в условиях, когда температура окружающей среды не успевает измениться за время измерения, что резко ограничивает область их применения.

Рассмотрим три способа компенсации аддитивной составляющей температурной погрешности вибрационно-частотных динамометров.

Способ компенсации температурной погрешности путем введения поправок в измерения. Как показано в литературе [2], приближенная зависимость частоты f автоколебаний резонатора от измеряемого параметра P имеет вид:

$$f = f_0 \sqrt{1 + KP},$$

где f_0 – начальная частота при нулевом значении P , Гц;

K – коэффициент, зависящий от модуля упругости материала E и геометрических размеров резонатора.

В этой формуле f_0 и K являются функцией температуры t :

$$f_{0(t)} = \frac{4,73^2}{2\pi L^2(t)} \sqrt{\frac{E_{(t)} l_{(t)}}{F_{(t)} P_{(t)}}}; K_{(t)} = \frac{L^2(t)}{(2\pi)^2 E_{(t)} l_{(t)}}$$

При изменении температуры окружающей среды происходит дополнительная деформация упругого элемента 2, что вызывает изменение (с увеличением температуры частота поперечных колебаний резонатора уменьшается) частоты поперечных колебаний резонатора 3. Температурная погрешность от изменения начальной частоты резонатора имеет аддитивный характер, и ее численное значение зависит от девиации частоты Δf .

В динамометрах, упругие элементы которых выполнены из легирован-

где p – плотность материала резонатора, $кг/м^3$;

F – площадь поперечного сечения резонатора, $м^2$.

При изменении температуры на Δt ($\Delta t = t - t_0$) линейные размеры резонатора L и модуль упругости материала резонатора E изменяются по закону:

$$L_{(t)} = L_0(1 + \alpha)\Delta t, \quad E_{(t)} = E_0(1 - \beta)\Delta t,$$

вследствие чего получим:

$$\begin{aligned} f_{0(t)} &= f_0(1 - 0,5 \cdot (\beta - \alpha)\Delta t); \\ K_{0(t)} &= K_0(1 + 0,5 \cdot (\beta - 2\alpha)\Delta t), \end{aligned} \quad (1)$$

где $f_0 = f_{0(t_0)}$;

α – температурный коэффициент линейного расширения резонатора, $К^{-1}$;

$K_0 = K_{0(t_0)}$;

β – температурный коэффициент изменения модуля упругости.

Используем зависимость частоты колебаний перемычки от растягивающей силы в резонаторе:

$$f = f_0\sqrt{1+Y} \cong f_0\sqrt{1+Z-\gamma Z_0^2}, \quad (2)$$

где $Z = KP$;

$\gamma = 0,0257$;

Y – безразмерный параметр, пропорциональный действующей в резонаторе силе N .

Пользуясь формулой [2]

$$P = \frac{1}{K} \left[\left(\frac{f}{f_0} \right)^2 - 1 \right], \quad (3)$$

находим выражение температурной погрешности, тогда

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \frac{\partial P}{\partial K} \frac{\partial K}{\partial t} + \frac{\partial P}{\partial f_0} \frac{\partial f_0}{\partial t}.$$

Здесь применена формула

$$P = \frac{Y + \gamma Y^2}{K}, \quad (4)$$

следующая из (3) с точностью до малых высшего порядка. Используя (1, 2, 4) и пренебрегая $Z^2, Z^4, \dots, \gamma^2$ и α по сравнению с β , вычислим:

$$\frac{\partial K}{\partial t} = (\beta - 2\alpha)K_0.$$

Тогда

$$\begin{aligned} \frac{\partial P}{\partial t} &= \frac{P}{K}(\beta - 2\alpha)K + \frac{1+2\gamma Y}{K} \frac{f^2}{f_0^3}(\beta - \alpha) = \\ &= \frac{1}{K} + (1+2\gamma + \gamma Z)P = P[Y(2+Z)\beta + Z] + \frac{1}{K}(\beta - \alpha). \end{aligned}$$

Абсолютная температурная погрешность

$$\Delta P = \frac{\partial P}{\partial t} \Delta t = \Delta P_1 + \Delta P_2,$$

где $\Delta P_2 = \frac{1}{K}(\beta - \alpha)\Delta t$, не зависит от P ; (5)

$\Delta P_1 = P[\gamma(2 + Z)\beta + \alpha]\Delta t$ – переменная погрешность, которой можно пренебречь в связи с тем, что она крайне мала.

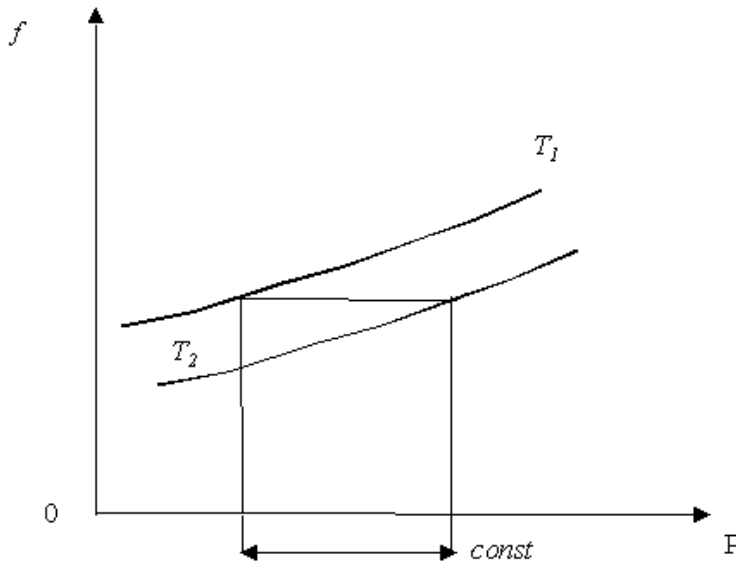


Рисунок 124 – Характер изменения частотной характеристики динамометра от температуры

Из этого следует, что зависимости $f = f(P)$ (рисунок 124) при изменении температуры перемещаются эквидистантно в направлении P . Следовательно, изменение температуры динамометра можно рассмотреть как появление дополнительной фиктивной силы. На этом основана компенсация температурной погрешности [4] путем введения поправки в измерение микропроцессорным

корректором частоты (рисунок 123, поз. 9) вследствие того, что его программа температурной компенсации основана на графике изменения частоты в зависимости от температуры окружающей среды. Она измеряется электронным термометром (рисунок 123 поз. 7) с электронной схемой (рисунок 123 поз. 8) в диапазоне от $+40$ до -20°C .

Способ компенсации температурной погрешности путем дифференциальной схемы измерения. Компенсация температурной погрешности заложена в динамометрах, построенных по дифференциальной схеме. Суть ее заключается в том, что в динамометре имеется два резонатора, один из которых при приложении измеряемой нагрузки растягивается, а другой сжимается. При измерении разности частоты двух резонаторов температурная погрешность δ_t^0 автоматически исключается, так как она практически одинакова для них обоих.

Частота поперечных колебаний резонатора [3] с учетом растягивающей силы N (рисунок 125) определяется из уравнения свободных колебаний резонатора:

$$\frac{\partial^4 \eta}{\partial x^4} - \frac{N}{EJ} \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} + \frac{q}{EJ} \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} = 0,$$

где η – прогиб резонатора, м.

Решим это уравнение в виде:

$$\eta = v(x) \sin(\omega t + \varphi),$$

где $v(x)$ – функция, определяющая форму колебания резонатора.

Получим обыкновенное дифференциальное уравнение $v(x)$:

$$v^{IV} - \frac{N}{EJ} v'' - \frac{f^2 q}{EJ} v = 0. \quad (6)$$

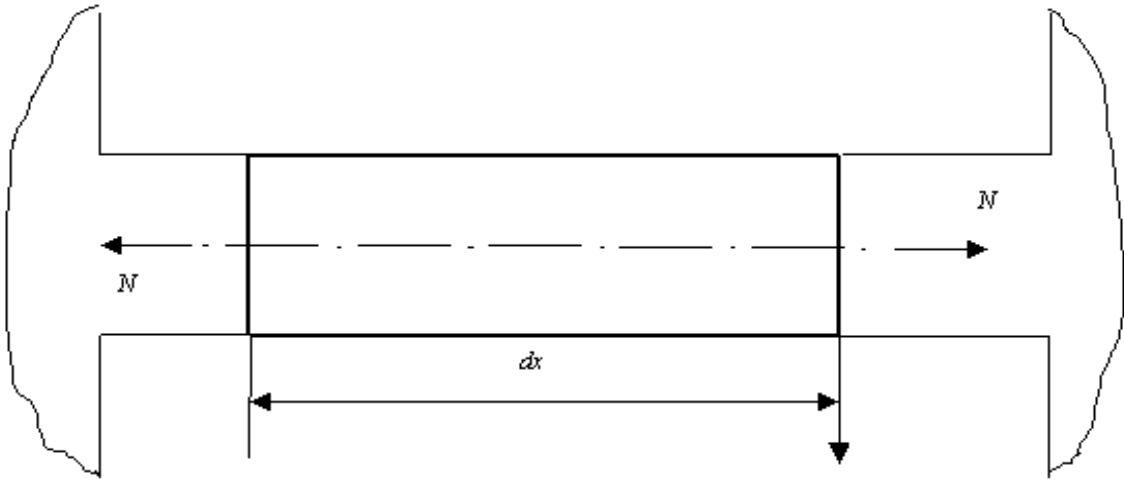


Рисунок 125 – Резонатор вибрационно-частотного динамометра

Этому выражению соответствуют граничные условия:

$$v = A \cdot \sin \frac{n\pi x}{L},$$

где $n = 1, 2, 3 \dots$ – форма колебаний.

Подставив это выражение в уравнение (6), получим

$$\frac{n^4 \pi^4}{L^4} + \frac{N}{EJ} \frac{n^2 \pi^2}{L^2} - \frac{f^2 q}{EJ} = 0.$$

Тогда частота собственных колебаний резонатора равна

$$f_n = n^2 \pi^2 \sqrt{\frac{EJ}{qL^4}} \sqrt{1 + \frac{NL^2}{n^2 \pi^2 EJ}},$$

где EJ – жесткость сечения резонатора при изгибе, $H/м$;

q – масса единицы длины резонатора, $кг/м$;

L – длина резонатора, $м$.

Для низшей частоты колебаний $n = 1$

$$f = \pi^2 \sqrt{\frac{EJ}{qL^4}} \sqrt{1 + \frac{N}{N_9}}, \quad (7)$$

где $N_9 = \frac{\pi^2 EJ}{L^2}$ – критическая сжимающая сила резонатора (эйлерова сила),

соответствующая его продольному изгибу в плоскости колебаний, H .

Влияние растягивающей силы отражает дополнительный множитель

$$\sqrt{1 + \frac{N}{N_9}}.$$

Если продольная сила сжимается, ее следует вносить в формулу со знаком минус.

Таким образом, согласно выражению (7), при растяжении резонатора частота его собственных колебаний увеличивается, а при сжатии уменьшается. При приближении сжимающей силы к критической частота собственных колебаний резонатора (рисунок 125) стремится к нулю. Все это усложняет выбор и расчет конструкции дифференциальных динамометров, их изготовление и настройку, что является существенным недостатком.

Способ силовой компенсации температурной погрешности. Этот способ основан на том, что в процессе работы динамометра при изменении температуры окружающей среды в резонаторе необходимо создать такое дополнительное натяжение, которое компенсировало бы изменение его начальной частоты. Практически это можно сделать, выполнив упругий элемент 2 и резонатор 3 (рисунок 123) с разными коэффициентами расширения α .

Выразим действующую на резонатор силу N_p с учетом температурного расширения упругого элемента и резонатора и их силового взаимодействия:

$$\begin{aligned} \Delta L_p &= (\Delta L_p)_t \pm (\Delta L_p)_{\text{УЭ}} = L_p \alpha_p \Delta t_p \pm C_p N_p; \\ \Delta L_{\text{УЭ}} &= (\Delta L_{\text{УЭ}})_t \pm \Delta L_{\text{УЭ}} = L_{\text{УЭ}} \alpha_{\text{УЭ}} \Delta t_{\text{УЭ}} \pm C_{\text{УЭ}} N_{\text{УЭ}}, \end{aligned} \quad (8)$$

где $\Delta L_p, L_p$ – удлинение и длина резонатора;

$(\Delta L_p)_t, (\Delta L_p)_{\text{УЭ}}$ – температурное удлинение резонатора и удлинение резонатора при взаимодействии с УЭ;

$\alpha_p, \alpha_{\text{УЭ}}$ – коэффициенты температурных расширений резонатора и УЭ;

$\Delta t_p, \Delta t_{\text{УЭ}}$ – приращение температуры резонатора и УЭ;

$L_{\text{УЭ}}, L_{\text{УЭ}}$ – удлинение и длина УЭ, приведенная к месту заделки резонатора;

$(\Delta L_{\text{УЭ}})_t, \Delta L_{\text{УЭ}}$ – температурное удлинение УЭ и удлинение УЭ при взаимодействии с резонатором, приведенное к месту заделки резонатора;

$C_p, C_{\text{УЭ}}$ – податливость резонатора и УЭ;

$N_{\text{УЭ}}$ – сила действия на УЭ в местах заделки резонатора.

Исходя из условия неразрывности системы в местах заделки резонатора, имеем

$$N_p = N_{\text{УЭ}} = N; \quad \Delta L_p = \Delta L_{\text{УЭ}}; \quad L_p = L_{\text{УЭ}} = L.$$

Рассмотрим установившийся температурный режим, при котором температура резонатора и УЭ равны ($\Delta t_p = \Delta t_{\text{УЭ}} = \Delta t$). С учетом условий выражения (8) получим:

$$N = \frac{L(\alpha_{\text{УЭ}} - \alpha_p)\Delta t}{C_{\text{УЭ}} + C_p}. \quad (9)$$

$$\text{Здесь } C_p = \frac{L}{Ebh}.$$

Для полной компенсации δ_i^0 необходимо, чтобы

$$N = \Delta P, \quad (10)$$

где ΔP определяется из выражения (5), причем

$$\frac{1}{K} = P_{kp} = \frac{(2\pi)^2 E b h^3}{12 L^2}. \quad (11)$$

Здесь E – модуль упругости материала резонатора, P и $УЭ$; L , b , h – длина, ширина и толщина резонатора, m .

С учетом выражения (9, 11) формула (10) примет следующий вид:

$$\frac{4\pi^2 E b h^3}{12 L^2} (\beta_p - \alpha_p) \Delta t = \frac{L(\alpha_{yэ} - \alpha_p) \Delta t}{\frac{L}{E b h} + C_{yэ}}. \quad (12)$$

Из данного выражения можно определить разность коэффициента температурного расширения резонатора и упругого элемента.

При условии $C_{yэ} \rightarrow 0$ выражение (12) упрощается, тогда:

$$\alpha_{yэ} - \alpha_p = \frac{4\pi^2 h^2}{L^2} (\beta_p - \alpha_p).$$

Эту разность можно устранить, выполнив термическую обработку резонатора и упругого элемента с разными коэффициентами температурного расширения, либо покрыв резонатор металлом с коэффициентом температурного расширения, который позволил бы устранить вышеуказанную разность.

Учитывая, что в нашем случае упругий элемент и резонатор выполнены как единое целое, и невозможно произвести их отдельную термическую обработку для создания требуемых сочетаний по физическим свойствам, а нанесение металла на резонатор технологически сложно, данный метод силовой компенсации температуры нецелесообразен.

Заключение

Как видно из рассмотренных способов температурной компенсации аддитивной составляющей температурной погрешности вибрационно-частотных динамометров, наиболее предпочтителен и перспективен способ введения поправок в измерения микропроцессорным корректором частоты, что позволит повысить точность измерения силы.

Библиография

1. Прецизионные частотные преобразователи автоматизированных систем контроля и управления [Текст] / В.Б. Кудрявцев [и др.]. – М.: Энергия, 1974. – С.35.
2. Эткин, Л.Г. Вибрационные датчики. Теория и практика [Текст] / Л.Г. Эткин. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004.- С.165.
3. Основы современных методов расчета на прочность в машиностроении [Текст] / С.Д. Пономарев [и др.]. – Л: МАШГИЗ, 1952. – С.192.
4. Патент 6819 Республика Беларусь, (51) G 01 M 13/ 02. Вибрационно-частотный динамометр [Текст] / С.А. Ворса, А.Б. Либенсон, И.С. Лященко, В.В. Гревцов: заявитель и патентообладатель С.А. Ворса №20020226: заявл. 02.07.02: опубл. 2005 г., Бюл. №1 (44). – С. 168.

КОМПЕНСАЦИЯ ПОГРЕШНОСТИ ВИБРАЦИОННО-ЧАСТОТНЫХ ДИНАМОМЕТРОВ, ВЫЗВАННОЙ ВЛИЯНИЕМ ДАВЛЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Введение

Давление окружающей среды является одним из факторов, влияющих на характеристики вибрационно-частотных динамометров.

Рассмотрим метод компенсации погрешности, вызванной влиянием давления окружающей среды на вибрационно-частотные динамометры, которые относятся к устройствам параметрически-частотного преобразования информации с распределенными механическими параметрами [1]. Эти устройства предназначены для измерения силы классом точности 0,1 с верхним пределом измерения от $0,1 \cdot 10^4 \text{ Н}$ до $10 \cdot 10^4 \text{ Н}$.

Основная часть

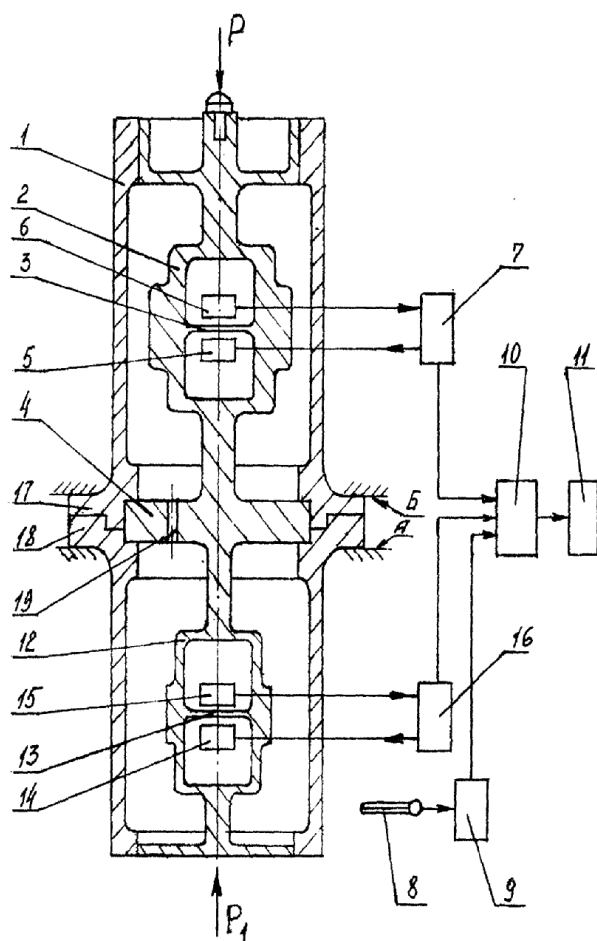


Рисунок 126 – Вибрационно-частотный динамометр

На рисунке 126 изображен динамометр, содержащий корпус 1, упругий элемент 2 (УЭ) с ленточной струной 3 (резонатор), выполненный как одно целое, электронный возбуждатель 5 и датчик колебаний 6, размещенные по разные стороны от ленточной струны 3 и связанные с усилителем 7 и регистратором 11.

Если приложить к динамометру сжимающую нагрузку P , то в результате деформации упругого элемента 2 резонатор 3 растягивается, при этом частота его поперечных колебаний увеличивается. При колебании резонатора 3 в датчике 5 наводится э.д.с., частота которой равна частоте колебаний резонатора 3.

Сигнал с датчика 5 подается на вход усилителя 7, выход которого подключен к возбудителю 4. Таким образом, замыкается автоколебательная система, частота автоколебаний которой практически равна собственной частоте поперечных колебаний резонатора. Объясняется это тем, что добротность механической колебательной системы очень велика – $5 \cdot 10^3 \div 10 \cdot 10^3$. Регистрация показаний динамометра сводится к измерению частоты колебаний резонатора 3.

Так как плотность среды, в которой колеблется резонатор, зависит от давления, и ее изменение характеризуется влиянием атмосферного давления на частоту колебания резонатора, то влияние давления окружающей среды на колебания резонатора сводится к изменению присоединенной массы воздуха, колеблющейся вместе с резонатором и изменяющей его частоту [2].

Уравнение колебания резонатора в случае влияния воздушной среды можно записать в виде:

$$EJ \frac{\partial^4 \eta}{\partial x^4} = -m \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} + q(x, t),$$

где $q(x, t)$ – удельное давление звуковой волны на резонатор;

EJ – жесткость сечения резонатора при изгибе, $H/м$;

m – масса единицы длины резонатора, $кг$;

η – прогиб резонатора, $м$.

Известно, что давление в точке на колеблющемся резонаторе, происходящее от колебания элемента резонатора с площадью dx и скоростью $\frac{\partial \eta}{\partial t}$, находящегося на расстоянии r от точки измерения давления, выражается следующей формулой [3]:

$$dp \cong \frac{\rho \omega}{r} \frac{\partial \eta}{\partial t} ds,$$

где ρ – плотность окружающей среды, $кг/м^3$;

ω – круговая частота колебаний резонатора, $с^{-1}$.

Интегрируя по всей площади резонатора и считая r пропорциональной L , получим постоянное давление

$$\rho(x, \eta) \cong \rho \omega \int \frac{d\eta}{dt} \frac{1}{r} dx \cong \rho \omega \frac{\partial \eta}{\partial t}.$$

Удельное давление на единицу длины резонатора

$$q(x, t) \cong \int \rho(x, \eta) d\eta \cong \rho \omega \frac{\partial \eta}{\partial t} b^2,$$

где b – ширина резонатора.

Если $\eta(x, t) = \eta(x) e^{i\omega t}$, то $q(x) \cong \rho(\omega b)^2 \eta$.

Формула удельного давления на единицу длины резонатора имеет следующий вид:

$$q(x) \approx \rho(\omega b)^2 A(\eta),$$

где A – некоторый интегральный оператор, причем значение $A(\eta)$ имеет ту же размерность, что и η .

Уравнение колебаний с учетом последней формулы примет вид:

$$EJ \frac{\partial^4 \eta}{\partial x^4} = m\omega^2 \eta + \rho\omega^2 b^2 A(\eta).$$

Введя замену $\xi = \frac{x}{L}$, получим

$$\frac{\partial^4 \eta}{\partial \xi^4} = -\frac{m\omega^2 L^4}{EL} \eta + \frac{\rho\omega^2 L^4}{EL} A(\eta),$$

где E – модуль упругости материала резонатора, Па;

L – длина резонатора, м.

Обозначим

$$\lambda = \frac{m\omega^2 L^4}{EJ}, \mu = \frac{\rho b^2}{m} = \frac{\rho b}{\rho_1 h},$$

где ρ_1 – плотность материала резонатора, кг/м³;

h – высота резонатора, м.

Тогда $\frac{\partial^4 \eta}{\partial \xi^4} = \lambda \eta + \mu \lambda A(\eta)$.

Решаем это уравнение методом малого параметра (μ – малый параметр). В качестве аппроксимирующей функции X_1 выбираем упругую линию резонатора с заделанными концами, нагруженную распределенной нагрузкой, имеющую интенсивность $q(x)$.

Тогда можно получить [4]:

$$\lambda = \frac{\lambda_1}{1 + \mu \frac{(AX_1, X_1)}{(X_1, X_1)}}; \quad \lambda = 500,56. \quad (1)$$

В скобках показаны следующие интегралы:

$$(AX_1, X_1) = \int_0^1 X_1 AX_1 d\xi; (X_1, X_1) = \int_0^1 X_1^2 d\xi.$$

Поскольку знаменатель выражения (1) мало отличается от единицы, можно записать:

$$\lambda = \lambda \left[1 - \mu \frac{(AX_1, X_1)}{(X_1, X_1)} \right],$$

или, переходя к частоте, получаем

$$f_0 \cong f_1^0 - K\mu f_1^0 = f_1^0 - \Delta f,$$

где f_1^0 – частота колебаний резонатора, определенная без учета влияния воздушной среды, Гц;

$K \frac{1}{2} \frac{(AX_1 X_1)}{(X_1, X_1)}$ – безразмерный параметр, равный 1,6, который можно определить экспериментальным путем.

$$f_1^0 = 5,2 \cdot 10^6 \frac{h}{L^2} \quad (h \text{ и } L - \text{ в мм}).$$

Учитывая выражение для μ , получим

$$\Delta f = 5,2 \cdot 10^6 \frac{K \rho b}{\rho_1 L^2} \quad (b \text{ и } L - \text{ в мм}).$$

Тогда величина Δf изменений частоты колебаний резонатора от влияния давления окружающей среды примет следующий вид:

$$\Delta f = 1,6 \mu f_1^0.$$

По экспериментальным данным при понижении давления окружающей среды с 760 до 1 мм рт. ст. частота колебаний резонатора увеличивается на 0,1%, и для компенсации изменений данной частоты разработан метод, суть которого сводится к следующему.

При изменении температуры и давления окружающей среды (рисунок 126) происходит дополнительная деформация упругих элементов 2, 12, что вызывает изменение частоты поперечных колебаний ленточных струн 3, 13 и, следовательно, изменение электрических сигналов на входе усилителей 7, 16. В этом случае приходит в действие схема температурной компенсации [5]. Электронный термометр 8 с высокой степенью точности реагирует на изменение температуры окружающей среды и через измерительную схему 9 посылает электрический сигнал на вход микропроцессорного корректора частоты 10, на другой вход которого параллельно поступают электрические сигналы от усилителей 7, 16. Одновременно на упругие элементы 2, 12 действует давление окружающей среды P_1 , которое вызывает их дополнительную деформацию и, соответственно, изменение частоты поперечных колебаний ленточных струн 3, 13. При этом нагрузка от действия давления P_1 на упругий элемент 12 через основание 4 и опорный фланец 17 воздействует на опорную поверхность Б и не передается далее на упругий элемент 2, который испытывает аналогичную нагрузку P_1 , а сквозное отверстие 19, выполненное в основании 4 и расположенное между камерами корпуса 1, позволяет создать одинаковое давление внутри него. Микропроцессорный корректор частоты 10 исключает влияние температуры и давления окружающей среды на точность показаний регистратора 11, т.е. на точность взвешивания. Это связано с тем, что его программа температурной компенсации и компенсации давления окружающей среды основана на графиках изменения частоты в зависимости от температуры и давления окружающей среды, полученных опытным путем. С выхода микропроцессорного корректора частоты 10 откорректированный электрический сигнал поступает на регистратор 11.

Заключение

Рассмотренный метод компенсации погрешности вибрационно-частотных динамометров, вызванной влиянием давления окружающей среды, позволяет повысить точность измерения силы вибрационно-частотных динамометров.

Библиография

1. Прецизионные частотные преобразователи автоматизированных систем контроля и управления [Текст] / В.Б. Кудрявцев [и др.]. – М.: Энергия, 1974. – С.35.
2. Цифровые приборы с частотными датчиками [Текст] / П.В. Новицкий [и др.]. – М.-Л.: Энергия, 1970. – С.147.
3. Мороз, Ф. Колебание и звук [Текст] / Ф. Мороз. – М.: ГИТТЛ, 1949. – С.329.
4. Эткин, Л.Г. Вибрационные датчики. Теория и практика [Текст] / Л.Г. Эткин. – М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – С.171.
5. Патент 6819 Республика Беларусь, (51) G 01 M 13/ 02. Вибрационно-частотный динамометр [Текст] / С.А. Ворса, А.Б. Либенсон, И.С. Лященко, В.В. Гревцов: заявитель и патентообладатель С.А. Ворса – №20020226: заявл. 02.07.02: опубл. 2005 г., Бюл. №1 (44). – С.168.

Рефераты

УДК 629.114.2 – 182.8

Попов, В.Б. **Автоматизированное проектирование механизма навески переднего подъемно-навесного устройства универсального энергосредства** [Текст] / В.Б. Попов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.3-12.

В статье рассматриваются проблемы формализованного описания для автоматизированного проектирования трехточечной навесной системы. В результате анализа сформирована математическая модель навесного устройства в виде системы нелинейных дифференциальных уравнений. Были получены подробные аналитические выражения для кинематических характеристик плоского шестизвенного механизма. Полученные выражения могут дополнительно использоваться в качестве критериев в математических моделях синтеза вышеупомянутого механизма и механизмов идентичной структуры. – *Рис. 5, табл. 2, библиогр. 6.*

Popov V.B.

Computer aided designing of front linkage system mechanism of all-purpose power unit

The formal description problems for computer aided designing of three-point linkage system of all-purpose power unit are discussed in the article. Following the analysis a mathematic model of the unit as a system of non-linear differential equations was obtained. Detailed analytical expressions of kinematical characteristics for planar six link mechanism were developed. Additional applications of the expressions obtained such as criteria in mathematic models for synthesis of above-mentioned mechanism and mechanisms of identical structure are proposed.

УДК 631.17:635.21

Ловкис, В.Б. **О критериях энергетической эффективности сельскохозяйственных технологий** [Текст] / В.Б. Ловкис, В.А. Колос // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.13-19.

Приведены результаты исследования по обоснованию критериев и методики оценки эффективности сельскохозяйственных технологий с позиции энергосбережения на примере процесса сушки зерна. – *Библиогр. 10.*

Lovkis V.B., Kolos V.A.

On criteria for energy efficiency agricultural technology

The results of a research on the rationale and criteria for assessing the efficiency of agricultural technologies from the standpoint of energy for the example of drying grain are given.

УДК 621.431.7

Якубович, А.И. **Влияние конструкции капота на показатели моторной установки** [Текст] / А.И. Якубович, В.Е. Тарасенко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.19-29.

В статье проведен анализ конструктивных параметров капота, вариантов капотирования силовых установок тракторов. Экспериментально исследовано влияние

температурного подкапотного поля на мощностные и экономические показатели дизеля. – *Рис. 6, табл. 1, библиогр. 6.*

Yakubovich A. I., Tarasenko V. E.

Influence design of cowl on parameters of motor installation

In the article the analysis of design data of a cowl, variants presence of cowl power-plants of tractors is stated. The influence of temperature under a cowl fields on powerful and economic parameters of a diesel engine is experimentally investigated.

УДК [674.815/816:631.879]:633/635

Жешко, А.А. **Экспериментальное исследование влияния основных конструктивных параметров роторного рабочего органа на качество распределения мульчирующего материала в ленте** [Текст] / А.А. Жешко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.29-36.

Приведены результаты исследования по обоснованию конструкции роторного распределителя машины для внесения мульчирующих материалов в приствольные полосы плодовых деревьев. – *Рис. 12, табл.1, библиогр. 4.*

Zeshka A.A.

Experimental research of influence of the basic construction factors rotor working body on quality of distribution mulch in a strip

The results of research on a construction substantiation rotor distributor of the mulch spreader in trunk strips of fruit-trees are resulted.

УДК [674.815/816:631.879]:633/635

Жешко, А.А. **Технико-экономическое обоснование применения оборудования для внесения мульчирующих материалов ОВМ-10** [Текст] / А.А. Жешко, Т.П. Кот, С.А. Антошук // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.36-40.

В работе приведен краткий анализ существующих методов борьбы с сорной растительностью в садах, приведена классификация технических средств для внесения мульчирующих материалов, проведен их анализ, выявлены основные недостатки существующих машин, приведены результаты технико-экономического обоснования применения оборудования для внесения мульчирующих материалов ОВМ-10. – *Рис. 2, библиогр. 4.*

Zheshka A.A., Kot T.P., Antoshuk S.A.

The feasibility report on application of the equipment for entering mulching materials OBM-10

In the work the short analysis of existing methods of struggle against weed vegetation in gardens is resulted, classification of means for entering mulching materials is resulted, their analysis is carried out, the basic lacks of existing cars are revealed, and results of the feasibility report on application of the equipment for entering mulching materials OBM-10 are resulted.

УДК 631.3:631.174

Антошук, С.А. **Результаты теоретических исследований шнекового многопоточного дозатора для распределения сыпучих материалов** [Текст] / С.А. Ан-

тошук, Т.П. Кот // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.41-44.

Приведены математические зависимости, позволяющие обосновать форму, размеры, место расположения высевных отверстий в кожухе шнека. Наиболее рациональным представляется выполнять высевные отверстия прямоугольной формы. Отверстия могут быть отклонены в сторону вращения винта на некоторый угол, величина которого зависит от параметров шнека и физико-механических свойств материала. Площадь отверстий должна возрастать по криволинейной зависимости при уменьшении коэффициента заполнения кожуха шнека. – *Рис. 2, библиогр. 3.*

Antoshuk S.A., Kot T.P.

Results of theoretical researches screw-type multiline batcher for distribution of loose materials

The mathematical dependences allowing to prove the form, the sizes, the location of sowing apertures in a casing screw are received. Sowing apertures of the rectangular form are most rational. Apertures should be rejected aside the screw rotations on some corner. The corner size depends on screw parameters and material properties. The area of apertures should increase on curvilinear dependence at factor filling casing reduction of a screw filling rate.

УДК 631.3:631.174

Бегун, П.П. **Обоснование взаимного расположения лопастного барабана выравнивателя потока удобрений и подающего транспортера** [Текст] / П.П. Бегун // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.44-50.

Приведено обоснование взаимного расположения лопастного барабана выравнивателя потока минеральных удобрений относительно вала питателя. Получены формулы для определения дальности и высоты полета частиц, бросааемых лопастным барабаном, позволяющие выбрать длину выравнивающего транспортера, а также размер и форму отражающего щитка. – *Рис. 5, библиогр. 5.*

Behun P.P.

Relative positioning substantiation paddle drum of fertilizers stream equalizer and submitting conveyor

The relative positioning substantiation paddle drum of the equalizer of a stream of mineral fertilizers concerning a feeder shaft is resulted. Formulas for definition of range and height of flight of the particles thrown paddle drum are received, allowing to choose length of the levelling conveyor, and also the size and the form of a reflecting guard.

УДК 631.333

Степук, Л.Я. **Определение рациональной ширины выреза в кожухе шнекового подающего устройства** [Текст] / Л.Я. Степук, В.В. Голдыбан // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.50-54.

Получено выражение для определения оптимальной ширины выреза в кожухе ШПУ в зависимости от параметров кожуха и винта, скоростного режима и физико-механических свойств транспортируемого материала. – *Рис. 3, библиогр. 4.*

Definition of rational cut width in a casing of the screw conveyor

Expression for definition of optimum width of the loading chamber of the screw conveyor depending on parameters of a casing and the screw, a high-speed mode and physico-mechanical properties of a transported material is received.

УДК 631.3.072.3: 629.3.014.2

Шевцов, В.Г. **Методика оценки энергетической эффективности комбинированных машинно-тракторных агрегатов** / В.Г. Шевцов, А.А. Соловейчик, В.А. Колос, А.В. Лавров // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42.– С.54-62.

В статье приведена методика оценки энергетической эффективности комбинированных машинно-тракторных агрегатов. Методика заключается в определении относительного снижения полных удельных энергетических затрат на выполнение совмещенных операций в сравнении с работой однооперационных агрегатов. При этом учитывается влияние увеличения удельного сопротивления обработки почвы при совмещении операций на снижение сменной производительности комбинированных агрегатов в условиях соблюдения агротехнических сроков. – *Рис. 3, табл. 2, библиогр. 8.*

Shevtsov V.G., Soloveychik A.A., Kolos V.A., Lavrov A.V.

Methodic of an estimation of power efficiency of the combined machine-tractor units

In the article methodic of an estimation of power efficiency of the combined machine-tractor units is resulted. The technique consists in definition of relative decrease in full specific power expenses for performance of the combined operations in comparison with work of one-operational units. Influence of increase in specific resistance of processing of soil is thus considered at combination of operations on decrease in replaceable productivity of the combined units in the conditions of observance of agrotechnical terms.

УДК 631.312.44

Лепешкин, Н.Д. **Экономическая оценка комбинированного агрегата для минимальной обработки почвы** [Текст] / Н.Д. Лепешкин, А.В. Китун // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.62-67.

В статье определены эксплуатационно-экономические показатели агрегата комбинированного для минимальной обработки почвы АКМ-4 при разных видах обработки почвы, а также обоснована его экономическая эффективность в сравнении с существующими комплексами машин. – *Рис. 2, табл. 2, библиогр. 5.*

Lepeshkin N.D., Kitun A.V.

Economic estimation of the combined unit for the minimal processing ground

In the article operational-economic parameters of the unit combined for the minimal processing ground АКМ-4 are certain at different kinds of processing's of ground, and also his economic efficiency in comparison with existing complexes of machines is proved.

УДК 631.33.024.2

Лепешкин, Н.Д. **Анализ различных типов сошников для сева зерновых культур** [Текст] / Н.Д. Лепешкин, С.Ф. Лойко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.67-74.

В статье обобщены основные факторы, оказывающие влияние на развитие зерновых культур, а также приведены основные способы их посева. Осуществлен анализ преимуществ и недостатков сошников, применяемых в зависимости от способов посева и различных почвенно-климатических условий. – *Рис. 2, библиогр. 4.*

Lepeshkin N.D., Loiko S.F.

Analysis of different types of colters for grain group

In the article the major factors influencing developments of grain crops are generalised and also the basic ways of their crops are resulted. The analysis of advantages and lacks of applied colters depending on ways of crops and various is soil-environmental conditions their uses is resulted.

УДК 631.331

Салапура, Ю.Л. **Экспериментальное исследование элементов пневматической системы высева** [Текст] / Ю.Л. Салапура // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып. 42.– С.75-81.

В статье приводятся результаты экспериментальных исследований пневматической системы высева на высевании многокомпонентной полидисперсной смеси. – *Рис. 5, табл. 1, библиогр. 6.*

Salapura Y.L.

Experimental research of elements of pneumatic system of seeding

In the article clause results of experimental researches of pneumatic system of seeding on seeding of a multicomponent polydisperse mix are resulted.

УДК 631.312.44

Казакевич, П.П. **Экспериментально-теоретическое обоснование параметров дискового сталкивателя двухсекционного поворотного плуга-луцильника** [Текст] / П.П. Казакевич, Н.Д. Лепешкин, А.Н. Юрин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42.– С.82-88.

В статье приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований по обоснованию типа и основных параметров дискового сталкивателя как устройства перемещения пласта почвы, поднятого выгребающим корпусом двухсекционного поворотного плуга-луцильника. – *Рис. 9, библиогр. 5.*

Kazakevich P.P., Lepeshkin N.D., Jurin A.N.

Experimentally-theoretical substantiation of parameters disk a two-section rotary plough till-ploy

In the article results of theoretical and experimental researches on a substantiation of type and key parameters disk collider, as the device of moving of a layer of soil lifted by the removing case of a two-section rotary plough till-ploy are resulted.

УДК 631.312.44

Казакевич, П.П. **Исследование функционирования выгребающего корпуса двухсекционного поворотного плуга-луцильника** [Текст] / П.П. Казакевич, Н.Д. Лепешкин, А.Н. Юрин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.88-95.

В данной статье приведены результаты экспериментальных исследований различных выгребающих корпусов двухсекционного поворотного плуга-луцильника, оборачивающих пласт «прямоугольного», «трапециевидного» и «оригинального» профилей. – *Рис. 5, табл. 4, библиогр. 5.*

Kazakevich P.P., Lepeshkin N.D., Yurin A.N.

Research of functioning of the removing case of a two-section rotary plough till-ploy

In the given article results of experimental researches of various removing cases of a two-section rotary plough till-ploy of "rectangular" layer "rectangular", "trapezoid" and "original" profiles are adduced.

УДК 631.347

Басаревский, А.Н. **Результаты испытаний и экономическая эффективность барабанно-шланговой дождевальной установки УД-2500** [Текст] / А.Н. Басаревский // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.96-103.

В статье описаны конструкция и принцип действия разработанной дождевальной установки УД-2500, приведены результаты государственных приемочных испытаний, дана оценка экономической эффективности установки в сравнении с российским и немецким аналогами. – *Табл. 4, рис. 1, библиогр. 8.*

Basareuski A.N.

Results of tests and economic efficiency drum-type sprinkler UD-2500

In the article the design and a principle of action of developed water sprinkler UD-2500 are described, results of the state acceptance tests are resulted, the estimation of economic efficiency of installation in comparison with Russian and German analogues is given.

УДК 631.365.22

Казакевич, П.П. **Технологические основы сохранности зерна повышенной влажности** [Текст] / П.П. Казакевич, В.Н. Дашков, В.П. Чеботарев, Е.И. Михайловский, А.А. Князев // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.103-108.

В статье рассмотрены причины поступления на зерноочистительно-сушильные комплексы зерна повышенной влажности и засоренности, описаны физиологические процессы, происходящие в свежесобранном зерновом ворохе, обоснована необходимость проведения его предварительной очистки и активного вентилирования. – *Рис. 3, табл. 1, библиогр. 5.*

Kazakevich P.P., Dashkov V.N., Chebotarev V.P., Michailovsky E.I., Kniazev A.A.

Technological basics of grain with raised humidity saving

The entrance reasons of grain with raised humidity and weediness are observed in the article, the physiological processes occurring in fresh grain are presented, necessity of its preliminary clearing and ventilation is proved.

УДК 631.354

Чеботарев, В.П. **Теоретическое описание процесса сушки неподвижного толстого слоя зерна** [Текст] / В.П. Чеботарев // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.109-114.

В статье изложено теоретическое описание процесса сушки неподвижного слоя зерна. Теоретически определены зависимости времени и коэффициента скорости сушки от начального и конечного влагосодержания зерна. Рассчитана высота слоя зерна, высушиваемого агентом сушки, при заданном изменении его влагосодержания. Определены величина и направление расхода в зерне подводимого агентом сушки тепла. – *Рис. 1, библиогр. 9*

Chebotarev V.P.

The theoretical describe of drying a stationary batch of grain

In the article the theoretical describe of drying a stationary batch of grain is considered. There is theoretical estimate of time of a drying and the drying rate coefficient depending on initial, current and final moisture content is calculated. Height of grain layer drying by drying agent at specified change of its moisture content is calculated. Size and direction of heat expenditure in grain which makes by drying agent are defined.

УДК 621.409

Лабодаев, В.Д. **Расчет транспортного процесса при работе с бункерными уборочными машинами** [Текст] / В.Д. Лабодаев, А.В. Новиков // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.115-117.

В статье анализируются возможные варианты взаимодействия транспортных средств и уборочных машин, оснащенных технологическими емкостями. Даются рекомендации по снижению простоев транспортных и уборочных машин. – *Библиогр. 2*

Labodaev V.D., Novikov A.V.

Calculation of transport process at working with bunker harvesters

In the article possible variants of interplaying vechicals and harvesters equipped by technological capacities are analysing. Recommendations for lowering stoppage of vechical and harvesters are given.

УДК 631.171:633/635

Кострома, С.П. **Обзор и анализ существующих конструкций ботвоуборочных машин и их рабочих органов** [Текст] / С.П. Кострома // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С. 117-123.

В статье рассмотрены способы удаления ботвы картофеля и приведен краткий обзор и анализ существующих конструкций ботвоуборочных машин и их рабочих органов. – *Рис. 9, табл. 1, библиогр. 4.*

Kostroma S.P.

Summary and analysis of existing construction of top-harvesting machines and their operating organs

In the article the methods of removal the top of potatoes are considered and brief review the summary and analysis of existing construction of top-harvesting machines and their operating organs is given.

УДК [(631.362.3:635.21):001.891.54]

Рапинчук, А.Л. **Анализ математических моделей сепарации почвенноклубневой массы винтовыми ворохоотделителями** [Текст] / А.Л. Рапинчук, Д.И. Комлач // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008 – Вып.42. – С.124-130.

В статье приводятся результаты выполненных исследований ротационных ворохоочистителей с винтовыми рабочими поверхностями и даются основания для разработки эффективных рабочих органов для применения в картофелеуборочной технике. – *Табл. 2, рис. 1, библиогр. 2.*

Rapinchyk A.L., Komlach D.I.

The analysis of the mathematical models of separation of soil-tubering mass by the screw separators

In article results of the executed researches of rotational cleaners with screw working surfaces are resulted and the bases for working out of effective working bodies for application on the harvest technique are given.

УДК 631.358:633.521

Ковалев, М.М. **Перспективы развития отдельной уборки льна** [Текст] / М.М. Ковалев, В.Г. Самосюк, В.П. Чеботарев // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.131-136.

В статье рассматриваются направления повышения эффективности работы льноводческой отрасли сельскохозяйственного производства. Основное применение в Республике Беларусь и Российской Федерации должна получить технология комбинированной уборки льна-долгунца, базирующаяся на сочетании технологий отдельной и комбайновой уборок. Технология отдельной уборки должна иметь основной целью получение высококачественного волокна. – *Рис. 2, табл. 1, библиогр. 2.*

Kovalev M.M., Samosyk V.G., Chebotarev V.P.

Outlook development separate harvesting flax

In the article the directions of increasing of effectivity of a flax production field are considered. The main apply in the Republic of Belarus and Russian Federation should take the technology of combined harvesting of fibre flax is based on combining swath harvesting with a grain combine harvesting. Technology of swath harvesting should has a main goal to produce a high-quality fibre.

УДК 677.051:004.

Бобровская, И.Е. **Использование СУБД для анализа тенденции совершенствования процесса слоеформирования льнотресты** [Текст] / И.Е. Бобровская, В.Н. Перевозников // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед.

тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.136-141.

Создана база данных патентных документов в СУБД Microsoft Access по вопросу формирования слоя из тресты лубяных культур. Приведены примеры использования базы данных для анализа тенденций совершенствования слоеформирующих машин – *Рис. 4, библиогр. 2.*

Bobrovskaja I.E., Perevoznikov V.N.

The DBMS application for flax retted stalks layer-making process development trends analysis.

The data base of patent documents concerned with the flax retted stalks layer-making process has been created in MS Access DBMS. The examples of data base application for analysis of layer-making machines' development trends have been given.

УДК 677.051.38 (088.8)

Бобровская, И.Е. **Влияние геометрических параметров зуба дисков слоеформирующей машины на неравномерность слоя льнотресты** [Текст] / И.Е. Бобровская, В.Н. Перевозников, Е.В. Кислов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.141-146.

Изложен метод расчета неравномерности слоя, обусловленной геометрическими параметрами зубьев дисков слоеформирующей машины. Приведены зависимости неравномерности слоя от толщины зуба, угла при вершине и угла наклона зуба. Даны рекомендации по снижению неравномерности слоя. – *Рис. 5, библиогр. 5.*

Bobrovskaja I.E., Perevoznikov V.N., Kislov E.V.

The gear teeth' geometry effect on the irregularity of flax retted stalks' layer in layer-making machines.

The method of calculation layer irregularity depended on geometric parameters of gear teeth of layer-making machines is proposed. The layer irregularity dependences on gear teeth width, top angle and bias angle are given. The recommendations for irregularity decline are given.

УДК 631.171.631.353.6

Лабоцкий, И.М. **К разработке граблей-валкообразователя** [Текст] / И.М. Лабоцкий, Н.А. Горбачевич, А.Д. Макуть // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.147-151.

Рассмотрены конструктивные особенности выпускаемых двухроторных граблей-валкообразователя. Приведены основные результаты приемочных испытаний граблей-валкообразователя ГВБ-6,2, а также результаты их выпуска на ОАО «Лидсельмаш». – *Рис. 3, табл. 1, библиогр. 4.*

Labotsky I.M., Gorbachevich N.A., Makut A.D.

To development of a raker

Design features of manufacturing of a raker are examined. The basic results of acceptance tests of raker GWB-6.2, and also results of their release on Open Society "Lid-selmash" are resulted.

УДК 631:331.45

Пиуновский, И.И. **Требования по охране труда и технике безопасности при производстве продукции животноводства** [Текст] / И.И. Пиуновский, Е.Н. Целюк, А.В. Молош // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып. 42. – С.152-159.

В статье рассмотрены вопросы создания здоровых и безопасных условий труда при производстве основных видов продукции животноводства. Изложены мероприятия по организации охраны труда на производстве и основные требования к технологическим процессам и средствам механизации, исключающим возникновение травматизма и профессионального заболевания работников, обслуживающих производственные процессы в животноводстве.

Piunovskij I.I., Tseluk E.N., Molosh A.V.

Requirements of labor safety and technology of safety in stock-breeding products production

Questions of creation of health and safe labor conditions in production of the basic kinds of stock-breeding products are considered in the article. Labor safety organization activities in production and basic requirements for technological processes and mechanization means, excluding rise of traumatism and professional sickness of workers who serve production process in stock-breeding are stated.

УДК 637.116 (476)

Китиков, В.О. **Научные и технологические подходы в создании передовых технологий в молочном животноводстве на базе роботизированного оборудования** [Текст] / В.О. Китиков // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.160-165.

В статье показаны основные направления дальнейшего совершенствования технологических решений и технических средств для производства молока интенсивными методами в Республике Беларусь. Показана необходимость перевода отрасли на европейский уровень производства. Определены пути адаптации роботизированных технических средств в отечественном молочно-товарном производстве. – *Рис. 2, табл. 1, библиогр. 7.*

Kitikov V.O.

Scientific and technological approaches in a creation of advanced technologies in dairy-farming on a base of automatized equipment

The main ways or further improvement of technological decisions and technical means for milk production by intensive methods in the Republic of Belarus are shown in the article necessity of a change of sector to European production level is shown. Adaptation ways of automatized technical means in the national milk production are determined.

УДК 631.171:636

Передня, В.И. **Определение рациональных параметров вакуум-провода доильной установки** [Текст] / В.И. Передня, Э.П. Сорокин, С.В. Лосик // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.166-171.

В статье приводится оптимизированный расчет вакуум-провода с целью обеспечения стабильной работы всех устройств доильной установки и снижения ее стоимости. – *Рис. 3, библиогр. 2.*

Perednya V.I., Sorokin E.P., Losik S.V.

Rational parameters definition of the vacuum wire of the milking machine

In the article the optimized calculation of a vacuum wire for the purpose of maintenance of stable work of all devices of a milking machine and decrease in its cost is resulted.

УДК 637.116.4

Китиков, В.О. **Анализ эффективности эксплуатации доильных машин с рабочим вакуумом 43 и 48 кПа** [Текст] / В.О. Китиков, И.Н. Таркановский // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып. 42. – С. 171-176.

В Республике Беларусь продолжают исследования оптимального вакуумного режима доения коров. Их анализ доказывает определенные преимущества низковакуумного доения при 43–45 кПа по отношению к традиционно используемым режимам в 48–53 кПа. Наиболее перспективным представляется устройство, которое при соблюдении основных параметров работы доильного аппарата будет иметь перенастраиваемую конструкцию, соответствующую классификационным признакам животного. Открытая архитектура такой системы предполагает конструирование и применение отдельных блоков аппарата (доильного стакана, коллектора, пульсатора, молокоприемника и др.) при соблюдении стандартов на узлы и стыковочные элементы, влияющие на режимные характеристики работы машины в целом. Такие стандарты в отечественном молочном животноводстве до сих пор не установлены.

Считаем актуальными на основе изученных методов обоснование и разработку метода полноконтурного параметрического контроля доильного оборудования. Это позволит вести непрерывный контроль расходных и пульсометрических параметров и, как следствие, обеспечит стабилизацию вакуумного режима. – *Библиогр. 8.*

Kitikov V.O., Tarkanovskiy I.N.

Analysis of efficiency of milking machines usage with worker vacuum 43 and 48 kPa

In the Republic of Belarus the researches of optimal vacuum regime of cow milking are continued. Their analysis proves certain advantages of lowvacuum milking at 43-45 kPa on regards to traditionally used regimes at 48-53 kPa. The most perspective is a device which on main parameters of milking apparatus work will have reregulated construction corresponding to classification animal sing. On opened architecture of such system assumes constructing and using of separate blocks of apparatus in observance of standards to knots and joint elements influencing to regime characteristics of machine working general. Those standards in national dairy farming don't exist so far. Basing and development fullcontur method of parametric control of dairy equipment are actual on the base of stated methods. It will allow to have uninterrapted control of consumed and fulsomethrical parameters and, as a result will provide vacuum regime stabilization.

УДК 637.112

Юговар, Е. Л. **Влияние двух видов сосковой резины, применяемой в доильных аппаратах, на количество соматических клеток в молоке коров-**

первотелок [Текст] / Е.Л. Юговар, Р. Гловицка-Волошын, С. Винницки, В. Романюк // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.176-181.

Установлен положительный результат доения коров-первотелок силиконовой сосковой резиной, приведший к уменьшению количества соматических клеток в молоке. В 10-месячной лактации от коров, доившихся силиконовой резиной, получено 82,2% проб молока с КСК ниже 400 *тыс./мл*. Для сравнения, до 77,1% – при доении стандартной резиной. В продленной части лактации эти величины были 70,5% и 67,2%. – *Рис. 3, табл. 4, библиогр. 5.*

Jugowar J.L., Głowicka-Wołoszyn R., Winnicki S., Romaniuk W.

Influence of two kinds mammillary rubber using in milking units on quantity of somatic cells in milk of first-calf cow

There was noticed that silicon liners have good influence on somatic cell count (SCC) in milk. In ten month period of cows lactation which were milking by silicon liner gained 82,2% of milk with SCC under 400 *thousands/ml* in compare to 77,1% of milking by standard liners. In extended period of lactation this values were respectively 70,5% and 67,2%.

УДК 637.116:621.65

Передня, В.И. **Повышение эксплуатационных характеристик вакуумных насосов** [Текст] / В.И. Передня, М.В. Колончук, С.В. Лосик // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.181-190.

В статье показаны возможные пути и результаты исследований повышения эксплуатационных характеристик водокольцевых вакуумных насосов, применяемых на молочно-товарных фермах. – *Рис. 5, библиогр. 1.*

Perednya V.I., Kolonchuk M.V., Losik S.V.

Increase of operational characteristics of vacuum pumps

In the article possible ways and results of researches of increase of operational characteristics of water ring vacuum pumps applied on dairy farms are shown.

УДК 631.363.2

Хруцкий, В.И. **Автоматизированный комплект оборудования для приготовления комбикормов в условиях хозяйств** [Текст] / В.И. Хруцкий, В.И. Передня, А.И. Пунько, С.В. Гаврилович, А.М. Тарасевич // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.190-195.

В статье изложен новый подход к комплектации оборудования комбикормовых внутрихозяйственных заводов в модульном исполнении и с автоматизированной системой управления. – *Рис. 1, библиогр. 2.*

Hrutski V.I., Perednia V.I., Panko A.I., Gavrilovich S.V., Tarasevich A.M.,

The automated complete set of the equipment for preparation of mixed fodders

In the article the new approach in a complete set of the equipment mixed fodder inter-farm factories in modular performance is stated.

УДК [(636.087.6+631.363):631.147]

Пунько, А.И. **Автоматизированная система управления технологическим процессом комбикормового цеха** [Текст] / А.И. Пунько, В.И. Хруцкий, С.В. Гаврилович // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.196-201.

В статье описана автоматизированная система управления технологическим процессом комбикормового цеха. Предлагаемая разработка реализует новый подход для решения основной задачи, связанной с кормлением, – сбалансированность кормов по протеину, аминокислотам, микроэлементам, витаминам и другим биологически активным веществам при производстве комбикормов. Приведена структурная схема системы, рассмотрены объекты управления и контроля. – *Рис. 1.*

Punko A.I., Chrutskij V.I., Gavrilovich S.V.

The automated control system of technological process on the provender mill

In the article the automated control system of technological process provender mill is described. Offered development realizes the new approach for the decision of the primary goal connected with feeding, - equation of mixed fodders on a protein, amino acids, microcells, vitamins and other biologically active substances. The block diagram of system is resulted, objects of management and the control are considered.

УДК 636.086.1(083.74)

Передня, В.И. **Автоматизированный комплект оборудования для порционного ввода жира в смеситель комбикормов** [Текст] / В.И. Передня, А.Л. Тимошук, В.И. Хруцкий, Л.Ф. Минько, С.В. Гаврилович, С.В. Игнатович // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008 – Вып.42. – С.201-205.

В статье приводится описание технологического процесса и технологического оборудования по приготовлению и вводу жира в комбикорм. – *Рис. 1, библиогр. 2.*

Perednia V.I., Timoshuk A.L., Chrutskij V.I., Minko L.F., Gavrilovich S.V.,
Ignatovich S.B.

The automated complete set of the equipment for the dosed out input of fat in the amalgamator of mixed fodders

In the article the description of technological process and the process equipment on preparations and input of fat in mixed fodder are resulted.

УДК 631.363.2

Воробьев, Н.А. **Обоснование основных параметров рифленной поверхности вальцов** [Текст] / Н.А. Воробьев, В.Н. Савиных // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.205-210.

В статье приведены результаты исследований основных параметров рифленной поверхности вальцов. Исходя из условия устойчивого захвата зерновки боковыми гранями рифлей и условия минимального приращения среднего зазора, обоснованы основные параметры рифленной поверхности. – *Рис. 6, табл. 2, библиогр. 7.*

Vorobyov N.A., Savinykh V.N.

Substantiation of key parameters of the corrugated surface of rollers

In the article results of researches of key parameters of a corrugated surface of rollers are resulted. Proceeding from a condition of steady capture of a grain, lateral sides of hollows, and conditions of the minimal increment of an average backlash and the key parameters of a corrugated surface are proved.

УДК 631.363.2

Савиных, В.Н. **Результаты испытаний плющилки влажного зерна ПВЗ-10** [Текст] / В.Н. Савиных, Д.И. Романчук, Н.А. Воробьев // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.210-214.

В статье приведены результаты испытаний плющилки влажного зерна ПВЗ-10. Показано, что разработанная плющилка не уступает по техническому уровню лучшим мировым аналогам. – *Рис. 3, библиогр. 3.*

Savinykh V.N., Romanchuk D.I., Vorobyov N.A.

The results of tests damp grain roller mill PVZ-10

The results of tests damp grain roller mill PVZ-10 are resulted in the article. It is shown that developed roller mill does not concede on a technological level to the best world analogues.

УДК 636.085.55:631.363.7

Тимошук, А.Л. **К вопросу смешивания компонентов комбикормов смесителями горизонтального типа** [Текст] / А.Л. Тимошук, В.И. Хруцкий, А.В. Гришков, Л.Ф. Минько, С.В. Гаврилович // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.215-219.

В статье приведены теоретические вопросы смешивания компонентов комбикормов и практические результаты исследований двухкамерного горизонтального смесителя компонентов комбикормов. Качество приготавливаемых горизонтальным смесителем кормовых смесей соответствует современным зоотехническим требованиям. – *Рис. 1, табл. 1, библиограф. 2.*

Timoshuk A.L., Hrutskij V.I., Grishkov A.V., Minko L.F., Gavrilovich S.V.

To a question of mixing components of mixed fodders in horizontal type amalgamators

In the article theoretical questions of mixing components of mixed fodders and practical results of researches of the two-chamber horizontal amalgamator of mixed fodders components are resulted. Quality of prepared fodder mixes in the horizontal amalgamator corresponds to modern zoological-technical requirements.

УДК [(636.087.6+631.363):631.147]

Тимошук, А.Л. **Ресурсосберегающая технология и линия переработки отходов мясоперерабатывающих предприятий в протеиновую кормовую добавку** [Текст] / А.Л. Тимошук, А.И. Пунько, А.Ф. Шведко, А.В. Гришков, С.В. Гаврилович // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП

«НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.219-222.

В статье описывается технология, которая открывает принципиально новый подход к утилизации отходов биологического и растительного происхождения и позволяет получать корм высокой питательной ценности и степени усвояемости. Преимущество нового метода переработки по сравнению с традиционным (в котлах-утилизаторах) заключается не только в приоритете этой технологии с точки зрения охраны окружающей среды (полное отсутствие отходов, выбросов, стоков и вредного запаха), но и значительно меньшими затратами на переработку, высокой степенью стерилизации, которая делает безопасными отходы, содержащие патогенные и болезнетворные микроорганизмы. – *Рис. 1, табл. 1.*

Timoshuk A.L., Punko A.I., Shedko A.F., Griskow A.V., Gavrilovich S.V.

Resource saving technology and the line of processing of waste meat-processing enterprises in the protein fodder additive

In the article the technology which opens on principle new approach to wastes of biological and vegetable origin utilization and allows to receive a high-protein and high level adapted fodders is described. Advantage of a new processing method in compare with traditional is not only in priority of this technology by environment protection but also by sizeable test processing expenditures high level of sterilization which makes wastes safe, containing patogene and sickmaking microorganizme.

УДК 637.1.02/.112:005.934

Клыбик, В.К. **Технико-экономические аспекты технического сервиса доильного оборудования** [Текст] / В.К. Клыбик, Е.А. Юркевич, Т.С. Декевич // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.222-227.

В статье приводятся результаты выполненного анализа влияния изменения технического состояния оборудования в процессе эксплуатации на технологический процесс доения молока, и предложено использование передвижных постов в качестве составляющей технического сервиса доильного оборудования, что обеспечит снижение себестоимости молока. – *Табл. 1, библиогр. 3.*

Klybik V.K., Yurkevich Y.A., Dekevich T.S.

Techno-economic aspects of technical service milking equipment

The results of executed analysis of change technical state equipment process of exploitation on the technological milking process are given and usage of mobile post like a part of technical service of milking equipment is proposed, that will provide reducing of saving cost of the milk.

УДК 631.3.004

Новиков, А.В. **Об упорядочении планирования и организации технического обслуживания МТП** [Текст] / А.В. Новиков, В.Я. Тимошенко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.228-231.

Дается обоснование предпочтительного выбора метода определения плановой наработки тракторов и способа управления постановкой их на ТО. – *Библиогр 3.*

Novikov A.V., Timoshenko V.J.

About regulation of planning and organization of car-tractor park

Substantiation of preferable choose of method of planted lifelength tractors definition and way of control with raising them on technical operating is given.

УДК 62-791.2

Ворса, С.А. **Вибрационно-частотные динамометры** [Текст] / С.А. Ворса // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.231-236.

В статье рассматривается принцип работы вибрационно-частотных динамометров, которые относятся к устройствам параметрически-частотного преобразования информации с распределенными механическими параметрами, предназначенным для измерения силы классом точности 0,1 с верхним пределом измерения от $0,1 \cdot 10^4 \text{ Н}$ до $10 \cdot 10^4 \text{ Н}$. – *Рис. 3, табл. 1, библиогр. 4.*

Vorsa S.A.

Frequency-vibrating dynamometers

The article deals with the operation principle of frequency-vibrating dynamometers which have a certain attitude toward the devices of frequency-parametric transformation of information with the distributed mechanical characteristics. The devices arc destined for force sensing (accuracy rating 0,1) with the upper-range valuation from $0,1 \cdot 10^4 \text{ N}$ to $10 \cdot 10^4 \text{ N}$.

УДК 62-791.2

Ворса, С.А. **Компенсация аддитивной составляющей температурной погрешности вибрационно-частотных динамометров** [Текст] / С.А. Ворса // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.236-242.

В статье рассматриваются методы компенсации аддитивной составляющей температурной погрешности вибрационно-частотных динамометров, которые относятся к устройствам параметрически-частотного преобразования информации с распределенными механическими параметрами, предназначенным для измерения силы классом точности 0,1 с верхним пределом измерения от $0,1 \cdot 10^4 \text{ Н}$ до $10 \cdot 10^4 \text{ Н}$. – *Рис. 3, библиогр. 4.*

Vorsa S.A.

Frequency-vibrating dynamometers temperature error reduction of additive constituent

The article deals with the method of frequency-vibrating dynamometers temperature error reduction of additive constituent. The frequency-vibrating dynamometers have a certain attitude toward the devices of frequency-parametric transformation of information with the distributed mechanical characteristics. The devices are destined for force sensing (accuracy rating 0,1) with the upper-range valuation from $0,1 \cdot 10^4 \text{ N}$ to $10 \cdot 10^4 \text{ N}$.

УДК 62-791.2

Ворса, С.А. **Компенсация погрешности вибрационно-частотных динамометров, вызванной влиянием давления окружающей среды** [Текст] / С.А. Ворса // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2008. – Вып.42. – С.243-247.

В статье рассматривается метод компенсации погрешности, вызванной влиянием давления окружающей среды на вибрационно-частотные динамометры, которые относятся к устройствам параметрически-частотного преобразования информации с распределенными механическими параметрами, предназначенным для измерения силы классом точности 0,1 с верхним пределом измерения от $0,1 \cdot 10^4$ Н до $10 \cdot 10^4$ Н. – Рис. 1, библиогр. 5.

Vorsa S.A.

Frequency-vibrating dynamometers error reduction caused by the ambient pressure

The article deals with the method of frequency-vibrating dynamometers error reduction caused by ambient pressure influence. The frequency-vibrating dynamometers have a certain attitude toward the devices of frequency-parametric transformation of information with the distributed mechanical characteristics. The devices are destined for force sensing (accuracy rating 0,1) with the upper-range valuation from $0,1 \cdot 10^4$ N to $10 \cdot 10^4$ N.

СОДЕРЖАНИЕ

Попов В.Б. Автоматизированное проектирование механизма навески переднего подъемно-навесного устройства универсального энергосредства	3
Ловкис В.Б., Колос В.А. О критериях энергетической эффективности сельскохозяйственных технологий	13
Якубович А.И., Тарасенко В.Е. Влияние конструкции капота на показатели моторной установки	19
Жешко А.А. Экспериментальное исследование влияния основных конструктивных параметров роторного рабочего органа на качество распределения мульчирующего материала в ленте	29
Жешко А.А., Кот Т.П., Антошук С.А. Техничко-экономическое обоснование применения оборудования для внесения мульчирующих материалов ОВМ-10	36
Антошук С.А., Кот Т.П. Результаты теоретических исследований шнекового многопоточного дозатора для распределения сыпучих материалов	41
Бегун П.П. Обоснование взаимного расположения лопастного барабана выравнивателя потока удобрений и подающего транспортера	44
Степук Л.Я., Голдыбан В.В. Определение рациональной ширины выреза в кожухе шнекового подающего устройства	50
Шевцов В.Г., Соловейчик А.А., Колос В.А., Лавров А.В. Методика оценки энергетической эффективности комбинированных машинно-тракторных агрегатов	54
Лепешкин Н.Д., Китун А.В. Экономическая оценка комбинированного агрегата для минимальной обработки почвы	62
Лепешкин Н.Д., Лойко С.Ф. Анализ различных типов сошников для сева зерновых культур	67
Саланура Ю.Л. Экспериментальное исследование элементов пневматической системы высева	75
Казакевич П.П., Лепешкин Н.Д., Юрин А.Н. Экспериментально-теоретическое обоснование параметров дискового сталкивателя двухсекционного поворотного плуга-луцильника	82
Казакевич П.П., Лепешкин Н.Д., Юрин А.Н. Исследование функционирования выгребающего корпуса двухсекционного поворотного плуга-луцильника	88
Басаревский А.Н. Результаты испытаний и экономическая эффективность барабанно-шланговой дождевальнoй установки УД-2500	96
Казакевич П.П., Дашков В.Н., Чеботарев В.П., Михайловский Е.И., Князев А.А. Технологические основы сохранности зерна повышенной влажности	103

Чеботарев В.П. Теоретическое описание процесса сушки неподвижного толстого слоя зерна	109
Лабодаев В.Д., Новиков А.В. Расчет транспортного процесса при работе с бункерными уборочными машинами	115
Кострома С.П. Обзор и анализ существующих конструкций ботвоуборочных машин и их рабочих органов	117
Рапинчук А.Л., Комлач Д.И. Анализ математических моделей сепарации почвенноклубневой массы винтовыми ворохоотделителями	124
Ковалев М.М., Самосюк В.Г., Чеботарев В.П. Перспективы развития раздельной уборки льна	131
Бобровская И.Е., Перевозников В.Н. Использование СУБД для анализа тенденции совершенствования процесса слоеформирования льнотресты	136
Бобровская И.Е., Перевозников В.Н., Кислов Е.В. Влияние геометрических параметров зуба дисков слоеформирующей машины на неравномерность слоя льнотресты	141
Лабоцкий И.М., Горбацевич Н.А., Макуть А.Д. К разработке граблей-валкообразователя	147
Пиуновский И.И., Целюк Е.Н., Молош А.В. Требования по охране труда и технике безопасности при производстве продукции животноводства	152
Китиков В.О. Научные и технологические подходы в создании передовых технологий в молочном животноводстве на базе роботизированного оборудования	160
Передня В.И., Сорокин Э.П., Лосик С.В. Определение рациональных параметров вакуум-провода доильной установки	166
Китиков В.О., Таркановский И.Н. Анализ эффективности эксплуатации доильных машин с рабочим вакуумом 43 и 48 кПа	171
Юговар Е.Л., Гловицка-Волошын Р., Винницки С., Романюк В. Влияние двух видов сосковой резины, применяемой в доильных аппаратах, на количество соматических клеток в молоке коров-первотелок	176
Передня В.И., Колончук М.В., Лосик С.В. Повышение эксплуатационных характеристик вакуумных насосов	181
Хруцкий В.И., Передня В.И., Пунько А.И., Гаврилович С.В., Тарасевич А.М. Автоматизированный комплект оборудования для приготовления комбикормов в условиях хозяйств	190
Пунько А.И., Хруцкий В.И., Гаврилович С.В. Автоматизированная система управления технологическим процессом комбикормового цеха	196
Передня В.И., Тимошук А.Л., Хруцкий В.И., Минько Л.Ф., Гаврилович С.В., Игнатович С.В. Автоматизированный комплект оборудования для порционного ввода жира в смеситель комбикормов	201
Воробьев Н.А., Савиных В.Н. Обоснование основных параметров рифленой поверхности вальцов	205

Савиных В.Н., Романчук Д.И., Воробьев Н.А. Результаты испытаний плющилки влажного зерна ПВЗ-10	210
Тимошук А.Л., Хруцкий В.И., Гришков А.В., Минько Л.Ф., Гаврилович С.В. К вопросу смешивания компонентов комбикормов смесителями горизонтального типа	215
Тимошук А.Л., Пунько А.И., Шведко А.Ф., Гришков А.В., Гаврилович С.В. Ресурсосберегающая технология и линия переработки отходов мясоперера- батывающих предприятий в протеиновую кормовую добавку	219
Клыбик В.К., Юркевич Е.А., Декевич Т.С. Техничко-экономические аспекты технического сервиса доильного оборудования	222
Новиков А.В., Тимошенко В.Я. Об упорядочении планирования и организа- ции технического обслуживания МТП.....	228
Ворса С.А. Вибрационно-частотные динамометры	231
Ворса С.А. Компенсация аддитивной составляющей температурной погрешности вибрационно-частотных динамометров	236
Ворса С.А. Компенсация погрешности вибрационно-частотных динамометров, вызванной влиянием давления окружающей среды	243
Рефераты	248

**Механизация и электрификация
сельского хозяйства**

Межведомственный тематический сборник

Выпуск 42

**Редактор А.С. Борейша
Ответственный за выпуск П.Н. Гарост
Компьютерная верстка Н.С. Лаврентьева
Корректор А.С. Борейша**

**Подписано в печать 15.11.2008. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 15,58. Уч.-изд. л. 15,68. Тираж 100 экз. Заказ 223.**

**РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»
ЛИ № 02330/0131887 от 04.12.2006 г.
220049, г. Минск, ул. Кнорина, 1.**

**Отпечатано в типографии РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»
ЛП № 02330–0150026 от 10.05.2007 г.
220049, г. Минск, ул. Кнорина, 1, корп. 3.**
