

# Известия

САМАРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ

№3/2009



**Современные технологии и средства  
механизации растениеводства**

**Эффективность и эксплуатационная надежность  
сельскохозяйственной техники**

**Машиноиспользование в специализированных  
технологиях АПК**

ISSN 1997-3225



9 771997 322635 >

УДК 631.3  
И-33

Учредители:  
Министерство  
сельского хозяйства  
Российской Федерации  
ФГОУ ВПО СГСХА

ISSN 1997-3225

# Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии

Выпуск №3/2009

## Выпуск №3

**Современные технологии и  
средства механизации  
растениеводства**

**Эффективность и  
эксплуатационная  
надежность  
сельскохозяйственной  
техники**

**Машиноиспользование в  
специализированных  
технологиях АПК**

Редакция  
научного журнала:

*Петрова С.С.*  
ответственный редактор

*Панкратова О.Ю.*  
технический редактор

*Краснова О.В.*  
корректор

**АДРЕС РЕДАКЦИИ:** 446442,  
Самарская обл.,  
пгт. Усть-Кинельский,  
ул. Учебная, 2

**Тел.:** (84663) 46-2-44, 46-2-47

**Факс:** 46-6-70

**E-mail:** [ssaariz@mail.ru](mailto:ssaariz@mail.ru)

Отпечатано в типографии  
ООО Издательство «Книга»  
г. Самара, ул. Песчаная, 1  
Тел.: (846) 267-36-82.

E-mail: [slovo@samaramail.ru](mailto:slovo@samaramail.ru)

## ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС

в каталоге «Почта России» – 72654

Подписано в печать 01.07.2009

Формат 60×84/8

Печ. л. 13.

Тираж 500. Заказ № 211

Журнал зарегистрирован в Поволжском  
Управлении регистрации и лицензионной  
работы в сфере массовых коммуникаций  
Федеральной службы по надзору за  
соблюдением законодательства в сфере  
массовых коммуникаций и охране культурного  
наследия 29 ноября 2006 г.  
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС7 – 4086

*Милюткин В.А.*, доктор технических наук, профессор  
Главный научный редактор, председатель  
редакционно-издательского совета

Зам. главного научного редактора:

*Васин В.Г.*, доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
*Петров А.М.*, кандидат технических наук, профессор

Редакционно-издательский совет

*Казаков Г.И.*, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

*Каплин В.Г.*, доктор биологических наук, профессор

*Дулов М.И.*, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

*Баймишев Х.Б.*, доктор биологических наук, профессор

*Ухтверов А.М.*, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

*Хакимов И.Н.*, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

*Ленивцев Г.А.*, кандидат технических наук, профессор

*Крючин Н.П.*, доктор технических наук, профессор

*Миронов В.М.*, доктор физико-математических наук, профессор

*Петрова С.С.*, кандидат технических наук, доцент

*Пенкин А.А.*, кандидат экономических наук, профессор

*Иванова А.Г.*, кандидат экономических наук, доцент

*Чернова Ю.В.*, кандидат экономических наук, доцент

*Бессараб В.Ф.*, доктор педагогических наук, профессор

*Сычева Г.В.*, кандидат исторических наук, доцент

УДК 631.3

© ФГОУ ВПО СГСХА, 2009

# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

УДК 631.316.02

## АНАЛИЗ ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ КУЛЬТИВАТОРНОЙ ЛАПЫ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОЧВЫ

**Гниломёдов Владимир Григорьевич**, к.т.н., проф., зав. кафедрой «Эксплуатация машинно-тракторного парка» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446436, Самарская обл., г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 10.  
Тел.: 8 (84663) 46-3-46.

**Ключевые слова:** сухая почва, поверхностная предпосевная обработка, культиваторная лапа, тяговое сопротивление.

*Рассмотрен теоретический анализ тягового сопротивления комбинированной культиваторной лапы, выполняющей объемное разрезание, деформирование и крошение при обработке сухой и твердой почвы.*

Повышение эффективности и стабильности отрасли растениеводства в условиях Самарской области неразрывно связано с обеспечением качественного выполнения различных технологических операций. Переход на ресурсосберегающее земледелие является актуальным и предполагает широкое применение высокопроизводительных комбинированных почвообрабатывающих и посевных комплексов и машин.

Однако при работе на тяжело- и среднесуглинистых почвах, особенно при их низкой влажности и большой твердости, рабочие органы этих машин имеют значительное удельное тяговое сопротивление и не обеспечивают требуемого качества обработки почвы.

*Цель исследований* – снижение тягового сопротивления рабочих органов комбинированных агрегатов и машин, и повышение качества их работы. Изучение этой проблемы в аспекте специфики почвообработки средних и тяжелосуглинистых почв с пониженной влажностью и твердостью является новым, как в теоретическом плане, так и в практическом применении.

Производственная практика, патентная проработка и проведенные исследования показали то, что большие энергозатраты обуславливаются развитой рабочей поверхностью стрельчатых культиваторных лап и действием широких стоек.

К тому же дневная поверхность пахотного слоя в результате высыхания почвы будет сжиматься и появится сеть трещин, разделяющих пахотный слой в вертикальном направлении щелями на отдельные фрагменты определенной величины. В этом случае пахотный слой можно представить в виде столбчатой структуры, торцы которой находятся на поверхности почвы, а поперечное сечение столбов имеет примерно пяти- или шестиугольную форму. Поэтому при обработке пахотного слоя известными культиваторными лапами будут образовываться значительные фрагменты почвы и комья. Дальнейшее крошение таких комьев возможно за счет применения дополнительных рабочих органов, что приводит к увеличению энергозатрат при обработке почвы.

Исследования показали, что разрушение и крошение больших фрагментов и комьев почвы можно выполнить воздействием вертикальных сил, а затем действием горизонтальных сил.

*Задача исследований* – совершенствование технологического процесса поверхностной обработки почвы и дальнейшее теоретическое обоснование и разработка комбинированного рабочего органа, позволяющего производить объемное деформирование и крошение обрабатываемого слоя почвы с наименьшими энергозатратами.

Учитывая эти положения, перспективным направлением является разработка конструктивно-технологической схемы комбинированной культиваторной лапы в соответствии с рисунком 1 (Патент КР №19892 А01В 39/20).

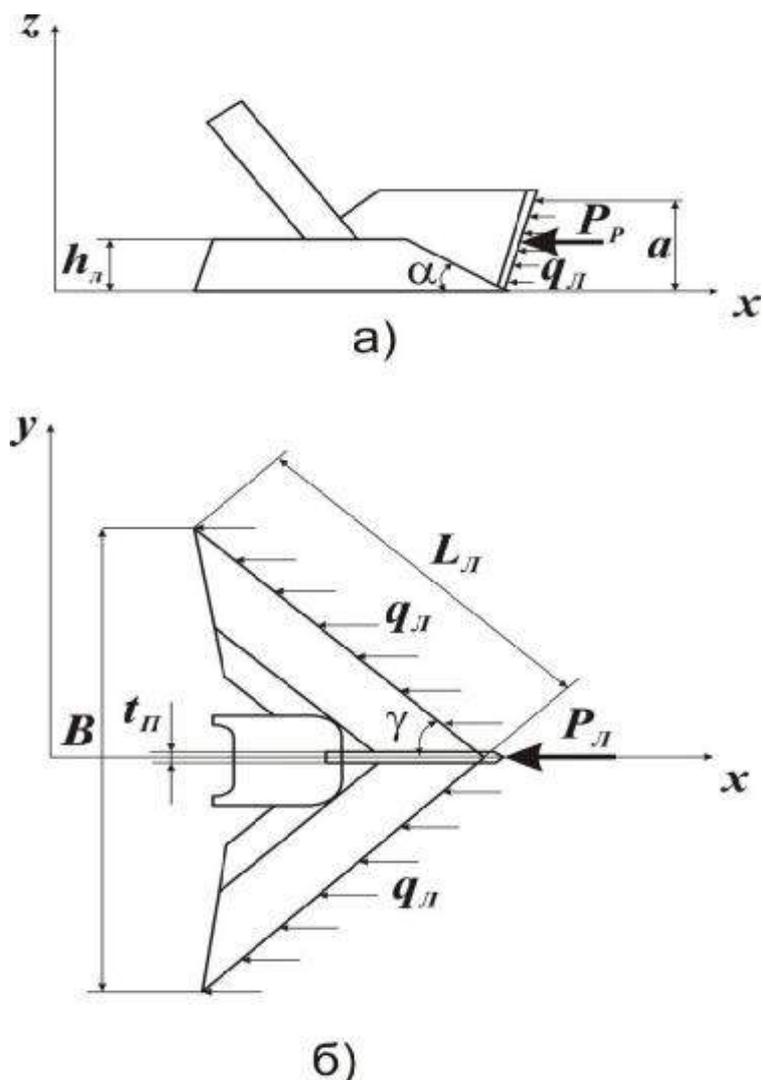


Рис. 1. Схема сил сопротивления почвы резанию: а – вертикальной плоскости; б – горизонтальной плоскости

Технологический процесс мелкой обработки сухой почвы по схеме (рис. 1) сочетания вертикальных и горизонтальных силовых потоков комбинированной культиваторной лапой происходит следующим образом.

Посредством крепления и монтажных отверстий культиваторная лапа крепится кронштейном к стойке.

При рабочем ходе первоначально обрабатываемый слой почвы разрезается по осевой линии и разрушается режущей кромкой в вертикальной плоскости, а затем вертикальной пластиной почва раздвигается, образуя два почвенных пласта.

Каждый почвенный пласт и корни растительности подрезаются в горизонтальной плоскости режущими кромками крыльев лапы по всей ширине захвата культиваторной лапы.

Когда под этими почвенными пластами проходит рыхлящая часть лапы, почва поднимается по наклонным рабочим поверхностям и дробится за счёт эффекта скалывания. В месте перехода почвы с рабочих поверхностей на горизонтальные направляющие поверхности почва подвергается дополнительной

деформации, разрыву и крошению, а затем она свободно проходит по направляющим поверхностям и опускается за кромками крыльев лапы, закрывая дно борозды.

В то же самое время, в продольном направлении, по осевой линии, деформированные почвенные пласты раздвигаются вертикальной режущей пластиной и, под совокупным действием режущей пластины и рабочих поверхностей, рыхлая почва отклоняется по обе стороны кронштейна и стойки. Тем самым снижается усилие, затрачиваемое на уплотнение почвы кронштейном, устраняется сгуживание почвы и образование почвенного клина на лапе перед стойкой. При дальнейшем движении культиваторной лапы, под действием бокового подпора, оба рыхлых почвенных потока заходят за стойку и закрывают среднюю часть борозды.

Согласно основных исследований, по определению тягового сопротивления почвообрабатывающих рабочих органов технологический процесс комбинированной культиваторной лапы при взаимодействии с обрабатываемым слоем сухой и твердой почвы будет представлять работу двух двугранных клиньев, поставленных под углом к направлению движения в плане, так как высота  $h_{Л}$  лапы одинакова по всей ширине  $B$ , т.е.  $h_{Л} = const$  (рис. 1), в сочетании с вертикальной режущей пластиной, установленной на середине лапы, где клинья имеют общее ребро.

Следовательно, если при допущении, что обрабатываемая однородная столбчатая структура сухой почвы не имеет трещин, которые будут только снижать сопротивление почвы, то тяговое сопротивление почвы при перемещении комбинированной культиваторной лапы может быть представлено как сумма горизонтальных составляющих сил сопротивления почвы при внедрении в неё составных элементов лапы и отвечать условию:

$$P = P_P + P_{Л} + P_D + P_C + P_{П} + P_n \rightarrow \min , \quad (1)$$

где  $P_P$  – сопротивление почвы внедрению в неё вертикально режущей пластины, Н;

$P_{Л}$  – сопротивление почвы режущим кромкам лапы, Н;

$P_D$  – сопротивление почвы, обусловленное её деформацией сжатия, Н;

$P_C$  – сопротивление почвы, обусловленное деформацией сдвига, Н;

$P_{П}$  – сопротивление почвы, обусловленное подъемом пласта почвы, Н;

$P_n$  – сопротивление, обусловленное инерцией пласта почвы, Н.

Режущая кромка вертикальной пластины производит сжатие почвы перед собой, разрезает и затем раздвигает её в стороны, разделяя столбчатую фракцию на две части. Учитывая малый объем почвы, воздействующий на лезвие, влиянием скорости на усилие внедрения вертикальной режущей пластины можно пренебречь [1], тогда её тяговое сопротивление (рис. 1, а):

$$P_P = \frac{q_{Л} \cdot t_{П} \cdot a}{\cos e} , \quad (2)$$

где  $q_{Л}$  – удельное сопротивление почвы резанию, приходящееся на единицу поперечного сечения лезвия, Н/м<sup>2</sup>;

$t_{П}$  – толщина вертикальной режущей пластины, м;

$a$  – глубина обработки почвы, м;

$e$  – угол продольного наклона режущей кромки вперед от вертикали, град.

Режущие кромки лапы также производят сжатие почвы перед собой, разрезают по горизонтали почву и корни растений, а затем отделяют пласты почвы от массива, поднимая их вверх. Сопротивление почвы режущим кромкам лапы зависит от толщины и длины лезвия (рис. 1, б):

$$P_{Л} = 2 \cdot q_{Л} \cdot t_{Л} \cdot L_{Л} , \quad (3)$$

где  $t_{Л}$  – толщина лезвия, м;

$L_{Л}$  – длина лезвия, м, которая для стрелчатых лап будет равна (рис. 1, б):

$$L_{Л} = \frac{B}{2 \cdot \sin g} , \quad (4)$$

где  $B$  – ширина захвата культиваторной лапы, м;

$g$  – угол раствора крыльев лапы, град.

Тогда

$$P_{\text{Л}} = q_{\text{Л}} \cdot t_{\text{Л}} \cdot \frac{B}{\sin g} \quad (5)$$

С точки зрения земледельческой механики дальнейшее скалывание, деформирование и крошение почвенных пластов, находящихся на рабочих поверхностях крыльев лапы и заключенных между вертикальной режущей пластиной и почвой, очень сложно описать единой математической зависимостью, так как должно быть учтено множество факторов (геометрические параметры рабочего органа, физико-механические свойства почвы, сопротивление сдвигу, трение и т.п.).

Для сухих тяжелосуглинистых почв, имеющих большую плотность и твердость, будет справедливым предположение, что при резании такой почвы практически отсутствует этап ее сжатия. Поэтому процессы деформации сжатия скалывания и сдвига почвы рассматриваются как одновременные на участке АБ, в соответствии с рисунком 2.

Поэтому, этот процесс представлен действием сил  $P_{\text{Д}}$ ,  $P_{\text{С}}$  и  $P_{\text{П}}$  (рис. 2).

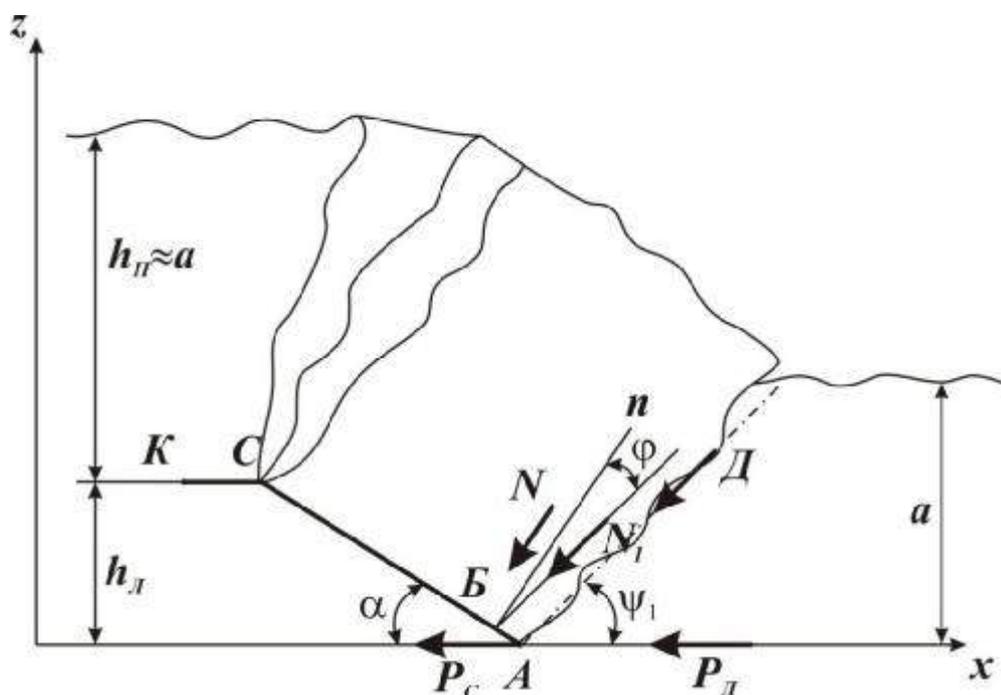


Рис. 2. Схема сил, действующих на режущей кромке АБ

На участке АБ рабочей поверхности крыла лапы со стороны почвы действуют две силы (рис. 2): сопротивление почвы деформации сжатия:

$$D = t_{\text{max}} \cdot F, \quad (6)$$

и сила трения, препятствующая сдвигу почвы:

$$N_1 = D \cdot \cos[90^\circ - (a + y_1)] = D \cdot \sin(a + y_1), \quad (7)$$

где  $t_{\text{max}}$  – максимальное напряжение чистого сдвига, Н/м<sup>2</sup>;

$a$  – угол резания стрелчатой лапы в продольно-вертикальной плоскости, град.;

$y_1$  – угол сдвига почвы под воздействием лапы в продольно-вертикальной плоскости, град, равный [2]:

$$y_1 = \frac{p - a - j - j'}{2}, \quad (8)$$

где  $j$  – угол трения почвы о поверхность клина, град.;

$j'$  – угол внутреннего трения почвы, град.

Спроецировав силу  $D$  и силу трения  $f \cdot N_1$ , возникающую на участке АБ, рабочей поверхности лапы на горизонтальную ось  $x$ , получим соответственно:

- сопротивление почвы, обусловленное её деформацией сжатия, Н;

$$P_D = t_{\max} \cdot F \cdot \cos y_1, \quad (9)$$

- сопротивление почвы, обусловленное деформацией сдвига, Н;

$$P_C = f \cdot N_1 \cdot \cos a = f \cdot t_{\max} \cdot F \cdot \sin(a + y_1) \cdot \cos a. \quad (10)$$

При этом следует учитывать то, что угол наклона передней плоскости клина зависит от геометрических параметров лапы и равен:

$$a = \arcsin(\sin g \cdot \sin b), \quad (11)$$

где  $b$  – угол постановки рабочей поверхности крыла лапы ко дну борозды, град.

Известно, что на почвообрабатывающих и посевных машинах принята фронтальная компоновка рабочих органов в 3 или 4 ряда. Следует отметить то, что при таких конфигурациях расстановки, рабочие органы работают в различных условиях и площади плоскостей сдвига  $F$  имеют, соответственно, разную величину:

- для первого ряда условия заблокированного резания (выступ закрыт с двух сторон):

$$F_1 = \frac{a \cdot (B + a \cdot \operatorname{ctg} y_2)}{\sin y_1}, \quad (12)$$

где  $y_2$  – угол сдвига почвы под воздействием лапы в поперечно-вертикальной плоскости, град.;

- для второго ряда условия полублокированного резания (выступ открыт с одной стороны):

$$F_2 = \frac{a \cdot (B + 0,5 \cdot a \cdot \operatorname{ctg} y_2)}{\sin y_1}, \quad (13)$$

- для третьего ряда условия свободного резания (выступ открыт с обеих сторон):

$$F_3 = \frac{a \cdot B}{\sin y_1}. \quad (14)$$

Сопротивление почвы  $P_{II}$  на подъем пласта по наклонной рабочей поверхности  $BC$  (рис. 3) определяется усилием подпора почвы, затрачиваемого непосредственно на подъем пласта почвы и преодоление сил трения при перемещении его на лапе.

Так как рассматривается сухая и твёрдая почва, то её усадкой и сгуживанием на рабочие поверхности лапы можно пренебречь, т.к. эти процессы практически отсутствуют. Поэтому примем допущение, что высота пласта почвы на клине равна глубине обработки:

$$h_{II} \approx a, \quad (15)$$

а длина рабочей поверхности зависит от высоты  $h_{II}$  лапы  $AC = \frac{h_{II}}{\sin a}$ .

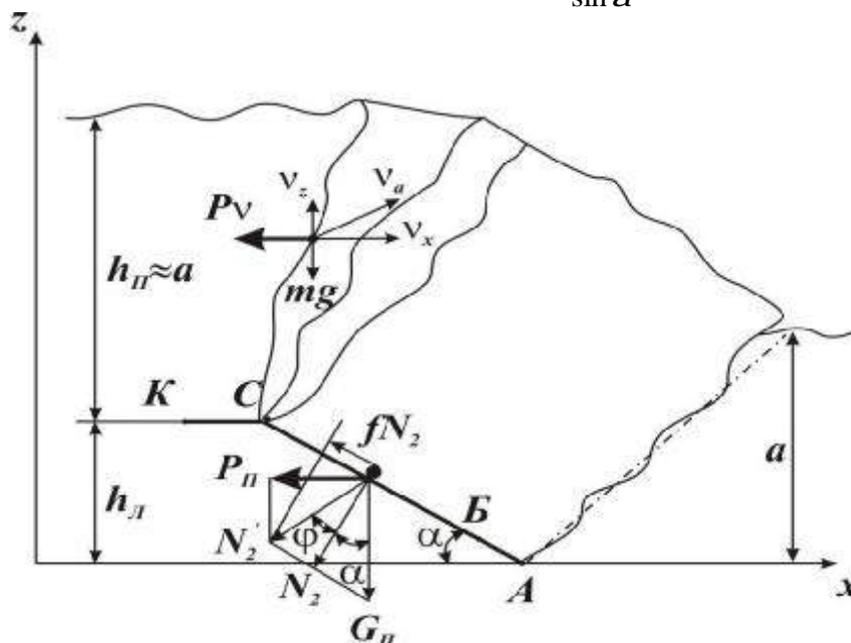


Рис. 3. Схема сил, действующих на наклонной рабочей поверхности  $BC$   
Нормальное давление на рабочую поверхность:

$$N_2 = G_{II} \cdot \cos a = r \cdot \frac{h_{II}}{\sin a} \cdot B \cdot a \cdot \cos a, \quad (16)$$

где  $G_{II}$  – сила тяжести пласта почвы, Н;  
 $r$  – плотность почвы, Н/м<sup>3</sup>.

Сила трения на поверхности клина равна  $fN_2$ , а равнодействующая сил  $N_2$  и  $fN_2$  будет  $N'_2 = \frac{N_2}{\cos j}$ . Проецируя силу  $N'_2$  на горизонтальную ось  $x$ , находим составляющую  $P_{II}$  тягового сопротивления лапы:

$$P_{II} = N'_2 \cdot \sin(a + j). \quad (17)$$

Подставляя значения сил  $N_2$  и  $N'_2$  в формулу (17) и проведя преобразование, получим:

$$P_{II} = r \cdot B \cdot a \cdot h_{II} \cdot ctg a \cdot (\sin a + f \cdot \cos a). \quad (18)$$

Влияние скорости движения культиваторной лапы на её тяговое сопротивление, затрачиваемое на динамическое воздействие по преодолению инерции и отбрасывания почвы в стороны (рис. 3), определяется по зависимости [3]:

$$P_n = \frac{a \cdot B \cdot r}{g} \cdot n^2 \cdot \sin a \cdot tg(a + j), \quad (19)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  
 $n$  – скорость движения рабочего органа, м/с.

Подставив в выражение (1) значения соответствующих составляющих  $P_P$  (2),  $P_L$  (5),  $P_D$  (9),  $P_C$  (10),  $P_{II}$  (18) и  $P_n$  (19), получим уравнение тягового сопротивления комбинированной стрелчатой лапой в общем виде:

$$P = \frac{q_L \cdot t_{II} \cdot a}{\cos e} + \frac{q_L \cdot t_L \cdot B}{\sin g} + t_{\max} \cdot F \cdot \cos y_1 + f \cdot t_{\max} \cdot F \cdot \sin(a + y_1) \cdot \cos a + \quad (20)$$

$$+ r \cdot a \cdot B \cdot h_{II} \cdot ctg a \cdot (\sin a + f \cdot \cos a) + \frac{r \cdot a \cdot B \cdot n^2 \cdot \sin a \cdot tg(a + j)}{g}.$$

После перегруппировки составляющих уравнения (20) получим расчетную формулу для определения тягового усилия одной комбинированной стрелчатой лапы:

$$P = q_L \cdot \left[ \frac{t_{II} \cdot a}{\cos e} + \frac{t_L \cdot B}{\sin g} \right] + t_{\max} \cdot F \cdot [\cos y_1 + f \cdot \sin(a + y_1) \cdot \cos a] + \quad (21)$$

$$+ r \cdot a \cdot B \cdot \left[ h_{II} \cdot ctg a \cdot (\sin a + f \cdot \cos a) + \frac{n^2}{g} \cdot \sin a \cdot tg(a + j) \right].$$

Анализируя выражение (21) видно, что:

- первый блок формулы показывает суммарное сопротивление, обусловленное резанием почвы лезвиями вертикальной пластины и крыльями лапы;
- второй блок формулы показывает суммарное сопротивление, обусловленное деформацией и перемещением почвы в плоскости сдвига  $F$ , которая в зависимости от условий работы лапы, должна приниматься как  $F_1$  (12) или  $F_2$  (13), или  $F_3$  (14);
- третий блок формулы показывает суммарное сопротивление, обусловленное перемещением пласта почвы по поверхности лапы и отбрасыванием почвы.

Задаваясь конструктивными параметрами рабочих органов и технологической схемой 3-х или 4-х рядной их расстановки на раме почвообрабатывающего или посевного орудия, используя уравнение (21) в дополненном виде, можно определить среднее тяговое сопротивление машины в целом:

$$P_{\text{по}} = n_o \cdot q_{\text{л}} \cdot \left[ \frac{t_{\text{п}} \cdot a}{\cos e} + \frac{t_{\text{л}} \cdot B}{\sin g} \right] + (n_1 \cdot F_1 + n_2 \cdot F_2 + n_3 \cdot F_3) \cdot t_{\text{max}} \cdot [\cos y_1 + f \cdot \sin(a + y_1) \cdot \cos a] + n_o \cdot r \cdot a \cdot B \cdot \left[ h_{\text{л}} \cdot \text{ctg } a \cdot (\sin a + f \cdot \cos a) + \frac{u^2}{g} \cdot \sin a \cdot \text{tg}(a + j) \right] \quad (22)$$

где  $n_o$  – общее число рабочих органов на почвообрабатывающем орудии или сеялке, шт.;

$n_1$  – число рабочих органов, взаимодействующих с почвой по принципу заблокированного резания, шт.;

$n_2$  – число рабочих органов, взаимодействующих с почвой по принципу полублокированного резания, шт.;

$n_3$  – число рабочих органов, взаимодействующих с почвой по принципу свободного резания, шт.

Аналитические зависимости (21) и (22) устанавливают функциональную взаимосвязь:

$$P = f(B, g, a, e, a, h_{\text{л}}, t_{\text{п}}, t_{\text{л}}, q_{\text{л}}, y_1, j, r, t_{\text{max}}, u),$$

$$P_{\text{по}} = f(P, n_o, n_1, n_2, n_3) \rightarrow \min.$$

**Заключение.** Таким образом, полученные теоретические зависимости не противоречат общепринятым законам земледельческой механики, а только уточняют и дополняют её положения для различных конструкций рабочих органов и условий работы почвообрабатывающих и посевных машин.

#### Библиографический список

1. Афонин, Е.Д. Метод определения коэффициента рациональной формулы В.П. Горячкина / Е.Д. Афонин [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1982. – №4. – С. 42-44.
2. Горячкин, В.П. Собрание сочинений. – Т. 2. – М.: Колос, 1968. – 456 с.
3. Синеоков, Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, Н.М. Панов. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.

УДК 631.3

## АНАЛИЗ ПОТРЕБНОСТИ СЕЛЬХОЗТОВАРОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ В ТРАКТОРАХ, ЗЕРНО- И КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНАХ

**Сныткин Александр Сергеевич**, главный специалист министерства сельского хозяйства и продовольствия Самарской области.

446442, Самарская обл., Большечерниговский р-н, с. Поляков, д. 9.

Тел.: 8 (84672) 26-2-19.

**Чугунов Геннадий Петрович**, к.т.н., доцент кафедры «Надежность и ремонт машин» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия», руководитель управления технической политики министерства сельского хозяйства и продовольствия Самарской области.

446442, Самарская обл., г. Кинель, п. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 10.

Тел.: 8 (84663) 46-3-46.

**Галенко Иван Юрьевич**, к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Надежность и ремонт машин» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446442, Самарская обл., г. Кинель, п. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 10.

Тел.: 8 (84663) 46-3-46.

**Ключевые слова:** машинно-технологическая модернизация, амортизационный срок, программа развития АПК, структура приобретаемого парка, тракторы, зерноуборочные и кормоуборочные комбайны.

*Приведен анализ потребности сельскохозяйственных товаропроизводителей в тракторах, зерноуборочных и кормоуборочных комбайнах в условиях Самарской области. Полученная структура потребности позволяет установить приоритетные направления при модернизации существующего парка машин.*

Стержневой момент машинно-технологической модернизации сельского хозяйства Самарской области заключается в его энергетической обеспеченности – необходимости формирования парка тракторов, зерно- и кормоуборочных комбайнов, учитывающих специфику данного региона.

Именно за сокращением парка сельскохозяйственных машин с 1989 года следовало снижение посевных площадей на 31% и валового сбора продуктов растениеводства на 54%.

Учитывая тот факт, что большое количество сельскохозяйственной техники в Самарской области находится за пределами амортизационного срока, назрела необходимость в серьезном обновлении машинно-тракторного парка. Необходимо приобретение моделей, соответствующих современным требованиям по расходу эксплуатационных материалов, надежности, воздействию на окружающую среду, условиям труда, уровню автоматизации и другим показателям.

*Цель исследования* – установить приоритетные направления при модернизации существующего парка машин. *Задачей* является анализ потребности сельскохозяйственных товаропроизводителей в тракторах, зерноуборочных и кормоуборочных комбайнах в условиях Самарской области.

Программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия Самарской области на 2008-2012 гг. предусматривает техническую и технологическую модернизацию, целью которой является полное обновление машинно-тракторного парка области [1]. В 2008 г. в рамках областной программы по приобретению техники, сельхозтоваропроизводителями области было приобретено 694 единицы тракторов, комбайнов и кормозаготовительных комплексов.

Необходимость приобретения в 2009 г. 566 ед. тракторов, 226 ед. зерноуборочных комбайнов объясняется тем, что требуется повышать энергообеспеченность. Она в Самарской области оценивается на уровне 102 л. с. на 100 га пашни. В структуре приобретаемого парка (рис. 1) тракторы класса 1,4 должны составлять 42%, 2-го класса – 21, 3 и 4 класса – 21 и 5-го класса – 16%. Именно такой парк определяется спецификой региона.

Структура приобретаемого парка зерноуборочных комбайнов (рис. 1), с учетом посевных площадей сельскохозяйственных культур и урожайности озимых (около 15 ц/га), определяет следующий состав зерноуборочных комбайнов: 3-го класса (СК-5 «Нива Эффект», Енисей-1200) – 31%, 4-го класса (Енисей-950, Вектор-410) – 22 и 5-го класса (Акрос-530) – 47%.

Для оптимального состава машинно-тракторного парка в 2009 году необходимо приобрести кормоуборочных комбайнов и сенажных комплексов (рис. 1) в количестве 52 единицы, в соотношении 19% самоходных кормоуборочных комбайнов (типа ДОН-680М, Ягуар-870), 62% прицепных кормоуборочных комбайнов (типа Клевер, Простор) и 19% кормозаготовительных комплексов (типа «Салют», «Сенаж в упаковке»).

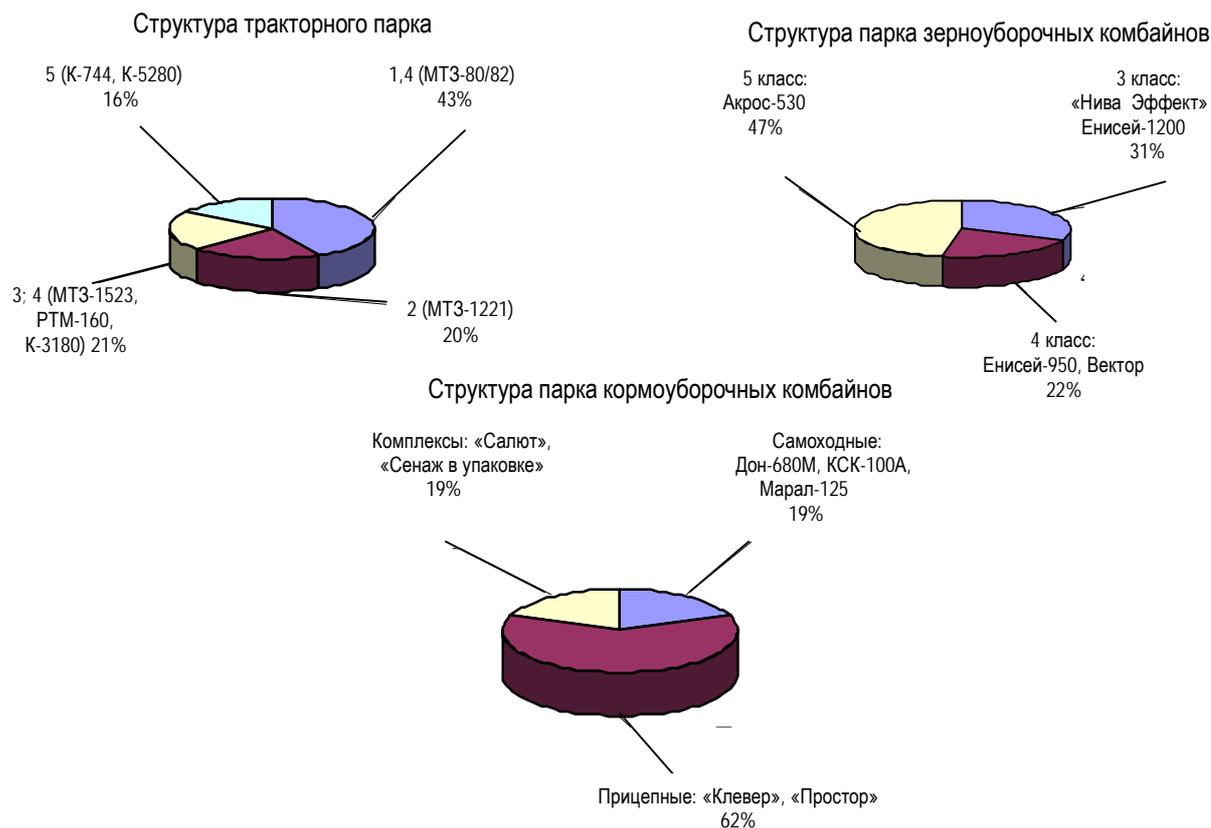


Рис 1. Рекомендуемая структура приобретаемой самоходной техники для АПК Самарской области в 2009 г.

В целях выполнения областной целевой программы и стимулирования обновления машинно-тракторного парка, в бюджете Самарской области предусмотрены соответствующие статьи расходов субсидирования сельскохозяйственных товаропроизводителей в части понесенных затрат, связанные с приобретением сельскохозяйственной техники и оборудования.

Реализация указанной потребности в технических средствах, в рамках областной программы развития агропромышленного комплекса [1], позволяет сельхозтоваропроизводителю заменить полностью изношенную технику и оборудование, повысить энергообеспеченность сельскохозяйственных организаций.

#### Библиографический список

1. Программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции сырья и продовольствия Самарской области на 2008-2012 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.samara-apk.ru](http://www.samara-apk.ru).

УДК 631.431

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ПОЧВЫ ПО ГЛУБИНЕ

**Петров Александр Михайлович**, к.т.н., проф. кафедры «Сельскохозяйственные машины» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446442, Самарская обл., Кинельский район, пгт. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.  
Тел.: 8 (84663) 46-4-31.

**Сысоева Раиса Юрьевна**, аспирантка кафедры «Сельскохозяйственные машины» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446442, Самарская обл., Кинельский район, пгт. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 10.  
Тел.: 8 (84663) 46-3-46.

**Ключевые слова:** почва, напряжение, движитель трактора, глубина уплотнения почвы, деформация почвы, рыхление почвы.

*В работе приводится теоретическое обоснование способа уменьшения глубины уплотнения почвы.*

При возделывании сельскохозяйственных культур уплотняющее действие на почву от движителей сельскохозяйственных тракторов и машин достигает 1 м и глубже. Наблюдается кумулятивный характер уплотнения на большой глубине, где не проводится механическая обработка почвы, что существенно снижает ее плодородные свойства и уменьшает урожайность сельскохозяйственных культур.

*Цель исследования* – уменьшение уплотнения почвы движителями тракторов или сельскохозяйственных машин. Для чего, приведем теоретический анализ механизма изменения плотности почвы по глубине при различных исходных ее характеристиках и характере уплотнения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующую задачу: определить теоретические закономерности механизма изменения плотности почвы по глубине.

При определенных свойствах почвы глубина ее уплотнения определяется в основном характером распределения нормальных сжимающих напряжений по глубине почвенного горизонта под опорной поверхностью движителя трактора или сельскохозяйственной машины.

Изменение нормального давления под ходовой системой по глубине необработанного почвенного горизонта определится по формуле В.В. Кацыгина [1]:

$$S_{h_i} = S_o \cdot e^{-b_0 \cdot h_i}, \quad (1)$$

где  $S_o$  – контактное давление, кПа;

$h_i$  – глубина почвенного горизонта, м;

$b_0$  – коэффициент распределения напряжений в почвенном горизонте,  $m^{-1}$ .

При нагружении движителем разрыхленного (демпфирующего) верхнего слоя на глубину  $h_p$ , уменьшается время воздействия на нижерасположенный не обработанный слой на величину времени, необходимую для деформации верхнего слоя до уровня плотности не обработанного слоя.

Распределение напряжений по глубине разрыхленного слоя почвы до глубины  $h_p$  перед движителем, с учетом его коэффициента распределения напряжений  $b_p$ , можно записать:

$$s_{h_{pi}} = s_o \cdot e^{-b_p \cdot h_{pi}} \quad (2)$$

Соответственно распределение напряжений по глубине неразрыхленного слоя почвы, расположенного глубже  $h_p$ , с его коэффициентом распределения напряжений  $b_n$  определится по зависимости:

$$s_{h_{ni}} = s_{он} \cdot e^{-b_n \cdot (h_i - h_p)} \quad (3)$$

где  $s_{он}$  – напряжение сжатия на уровне глубины рыхления, кПа.

Тогда, с учетом формулы (2), формула (3) примет вид:

$$s_{h_{ni}} = s_o \cdot e^{-b_p \cdot h_p} \cdot e^{-b_n \cdot (h_i - h_p)} \quad (4)$$

Таким образом, при реализации способа уменьшения уплотнения почвы по глубине распределение напряжений в почвенном горизонте выразится зависимостью:

$$s_{h_i} = \begin{cases} s_o \cdot e^{-b_p \cdot h_i}, & \text{если } h_i \leq h_p \\ s_o \cdot e^{-b_p \cdot h_p} \cdot e^{-b_n \cdot (h_i - h_p)}, & \text{если } h_i > h_p \end{cases} \quad (5)$$

В формуле (4) напряжение  $s_{h_{ni}}$  может быть представлено как предельно допустимое  $s_{\partial}$ , при котором не наблюдаются остаточные деформации, и соответствующая ему допустимая глубина  $h_i = h_{\partial on}$  распространения уплотнения почвы.

Поэтому в соответствии с формулой (4) определим необходимую глубину рыхления  $h_p$  верхнего слоя почвы перед движителем:

$$h_p = \frac{b_n \cdot h_{\partial} + \ln \frac{s_{\partial}}{s_o}}{b_n - b_p} \quad (6)$$

Ограничивающим фактором для величины глубины рыхления являются не только энергозатраты, но и необходимость обеспечения тягово-сцепных характеристик движителей тракторов, при обеспечении которых минимизируется буксование и разрушение почвенной структуры.

Для достижения необходимого уровня сцепных качеств движителей трактора необходимо, чтобы грунтозацепы взаимодействовали с неразрыхленной почвой, поэтому глубина рыхления должна определяться величиной деформации  $\Delta h$  и высотой протекторной части движителя  $h_n$ :

$$h_p = h_n + \Delta h \quad (7)$$

Эффективность применения данного способа можно оценить коэффициентом сравнительной эффективности (коэффициентом демпфирования  $k_d$ ) уменьшения глубины уплотнения почвы движителями тракторов:

$$k_d = \frac{h_y - h_d}{h_y} \quad (8)$$

где  $h_y$  – глубина уплотнения почвы без демпфирующего слоя, м;

$h_d$  – глубина уплотнения почвы с демпфирующим слоем, м.

Принимая во внимание, что допустимые нормальные напряжения в почвенном горизонте при которых отсутствуют остаточные деформации  $s_{\partial} \leq 20$  кПа, то глубину уплотнения почвы без демпфирующего и с демпфирующим слоем можно определить в соответствии с формулами (3) и (4) по следующим выражениям [1]:

$$h_y = -\frac{1}{b_n} \cdot \ln \frac{s_{\partial}}{s_o} \quad (9)$$

$$h_o = \frac{(b_n - b_p) \cdot h_p - \ln \frac{S_o}{S_0}}{b_n} \quad (10)$$

Используя выражения (9) и (10) для формулы (8), определим сравнительный коэффициент эффективности  $k_d$ :

$$k_d = \frac{(b_n - b_p) \cdot h_p}{\ln \frac{S_o}{S_0}} \quad (11)$$

Исходя из глубины рыхления  $h_p$  слоя почвы для демпфирования, плотность почвы  $i$ -го слоя после прохода ходовой системы трактора в соответствии с [1] составит:

$$r_{hi} = r_{ohi} \cdot \left( 1 + \frac{b_n}{k} \cdot S_o \cdot e^{-b_p \cdot h_p} \cdot e^{-b_p \cdot (h_i - h_p)} \right) \quad (12)$$

При различной глубине рыхления верхнего слоя почвы перед движителем, увеличение  $\Delta r$  ее плотности по следу трактора можно определить в соответствии с формулой Андрианова [2]:

$$\Delta r = r_p \cdot \frac{\Delta h}{h_p - \Delta h} \quad (13)$$

где  $r_p$  – плотность разрыхленного слоя почвы.

*Результаты исследований* позволяют определить не только величину уменьшения нормального сжимающего напряжения по глубине почвенного горизонта при определенном демпфирующем слое почвы для различных движителей, но и оценить эффективность этого действия по глубине почвенного горизонта коэффициентом эффективности  $k_d$  и расчетной величиной прогнозируемой плотности почвы. При этом учитывается необходимость обеспечения сцепных свойств движителя.

#### Библиографический список

1. Кацыгин, В.В. Перспективные мобильные энергетические средства для сельскохозяйственного производства / В.В. Кацыгин, Г.С. Горин, А.А. Зенькович [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1982. – 271 с.
2. Судаков, А.В. Характер деформации почвы по профилю / А.В. Судаков, А.А. Охитин, А.В. Климанов, В.А. Маслов // Земледелие. – 1985. – №2. – С. 25-27.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИНАХ

**Парфенов Олег Михайлович**, к.т.н., доцент кафедры «Сельскохозяйственные машины» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия». 446442, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 10. Тел.: 8 (84663) 43-0-84.

**Иванайский Сергей Александрович**, к.т.н., доцент кафедры «Сельскохозяйственные машины» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия». 446442, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 10. Тел.: 8 (84663) 46-3-46.

**Переверзов Владислав Валентинович**, студент ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия». 446442, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 10. Тел.: 8 (84663) 46-3-46.

**Ключевые слова:** обработка почвы, влагонакопление, крошение, сила сопротивления, восстанавливающие силы, позиционные силы, свободные колебания, вынужденные колебания, колебательные системы, упругие элементы.

*В статье рассмотрен процесс взаимодействия рабочего органа с почвой. Описаны силы, возникающие при отклонении системы от положения равновесия, воздействующие на симметричные почвообрабатывающие органы.*

При работе почвообрабатывающих машин и орудий важное значение имеет способ обработки почвы, а также состояние почвы, которое она приобретает после механической обработки.

*Цель исследований* – повышение качества обработки почвы, путем использования механических колебательных систем, в почвообрабатывающих машинах.

*Задача исследований:* усовершенствовать процесс обработки почвы почвообрабатывающими машинами.

На процессы передвижения влаги в почве влияет способ обработки почвы и, как следствие, размеры составных частей почвы и величина пор между ними.

Если определение качества крошения предусмотрено научно-технической документацией, то прямая оценка крошения и пористости, требующая определенных затрат времени, весьма трудоемка. Поэтому в нормативах по испытанию почвообрабатывающей техники оценка пористости не предусматривается, что является существенным недостатком оценки качества работы машин в условиях недостаточного увлажнения.

Плотность почвы отражает ее пористость и определение плотности, как показатель качества работы предусмотрено для машин с активными рабочими органами.

Процесс резания почвы имеет три составляющих: внедрение рабочего органа в почву, смятие почвы с увеличением напряжения в почве и фаза скола некоторого объема почвы. Первая фаза процесса – постоянная составляющая, зависящая от типа и состояния почвы, обуславливает силу сопротивления перемещению рабочего органа. Вторая и третья чередующиеся фазы – квазипериодическая переменная, составляющая процесс резания. Применение активных или пассивных колебаний рабочих органов способно значительно снизить силы сопротивления трению и уменьшить амплитуду переменной составляющей силы сопротивления перемещению.

При движении в почве рабочий орган взаимодействует с упруго-пластичной средой с различными физико-механическими свойствами, обусловленными неоднородной плотностью, твердостью и локальными аномальными включениями. В этом случае процесс взаимодействия рабочего органа с почвой носит релаксационный характер. Переменная составляющая сил сопротивления вызывает вибрацию рабочего органа. Причем известно, что активные рабочие органы значительно снижают тяговое усилие почвообрабатывающего агрегата. Главной задачей является использование вынужденных колебаний рабочих органов для снижения сопротивления при перемещении их в почве.

Действующие переменные силы при колебаниях различны по своей природе и подразделяются на возмущающие позиционные, силы трения и силы смешанного характера. Возмущающие силы являются заданными функциями времени и вызывают вынужденные колебания механических систем, на которые эти силы действуют. Позиционные силы зависят от перемещения колебательной системы. Среди позиционных сил особое значение имеют восстанавливающие силы. К таким силам можно отнести силы, воздействующие

на симметричные почвообрабатывающие органы, возникающие при отклонении системы от положения равновесия и стремящиеся вернуть рабочий орган в это положение. Восстанавливающие силы  $F = F(y)$  линейно или нелинейно от перемещения ( $y$ ) системы не только влияют на движение системы, но и сами управляются этим движением. Колебательные свойства механических систем обусловлены в основном наличием восстанавливающих сил. Под действием только восстанавливающих сил система совершает свободные колебания. Силы трения (неупругого сопротивления) зависят от скорости колебаний и направлены противоположно направлению движения. В основном силы трения способствуют гашению колебаний, а соответствующие механические системы называются диссипативными.

В механических системах с упругими связями восстанавливающие силы возникают вследствие деформирования этих связей в процессе колебаний. В нашем случае роль восстанавливающей силы может играть масса рабочего органа.

Восстанавливающие свойства упругой связи определяются упругой характеристикой:

$$F = F(y), \quad (1)$$

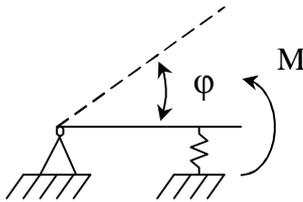
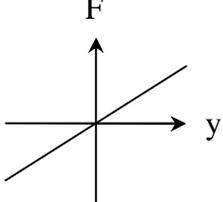
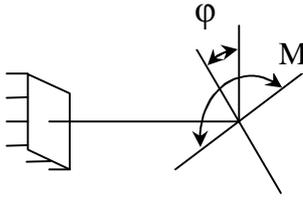
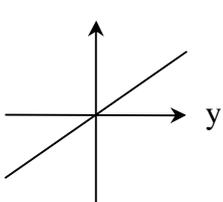
где  $F$  – приложенная к связи статическая сила или момент;

$y$  – вызываемое этой силой перемещение.

Восстанавливающая сила или сила обратного действия упругой связи на механическую систему, направлена противоположно силе  $F$  [1].

Таблица 1

Типы упругих элементов

Схема упругого элемента	Общий вид характеристики	Обобщенная характеристика	Особенности системы
		Угловое перемещение $\varphi(t)$	Опорная пружина не обладает массой, тело абсолютно жесткое
		Угловое перемещение $\varphi(t)$	Упругий вал имеет конечную жесткость кручения и не изгибается

При восстанавливающих силах, зависящих от веса, соответствующую характеристику называют квазиупругой, или характеристикой восстанавливающей силы (восстанавливающего момента).

В случаях, когда

$$F = -F(-y), \quad (2)$$

характеристику называют симметричной.

В линейных характеристиках:

$$F = c y, \quad (3)$$

где  $c$  – коэффициент жесткости.

В таблице 1 приведены схемы упругих элементов, обеспечивающих колебания с одной степенью свободы, нашедших применение в разработке конструкций почвообрабатывающих машин.

Таким образом, процесс резания почвы имеет три составляющих: внедрение рабочего органа в почву, смятие почвы и фаза скола почвы. Применение активных или пассивных колебаний рабочих органов значительно снижает силы сопротивления трению и силы сопротивления перемещению рабочих органов. Колебательные свойства механических систем обусловлены наличием восстанавливающих сил, под действием которых система совершает свободные колебания. В механических системах с упругими связями восстанавливающие силы возникают вследствие деформирования этих связей в процессе колебаний.

*Заключение.* Повышение качества обработки почвы можно решить путем использования механических колебательных систем в почвообрабатывающих машинах.

Библиографический список

1. Биргер, И.А. Прочность, устойчивость, колебания / И.А. Биргер, Н.Г. Пановко. – М. : Машиностроение, 1968. – 546 с.

УДК 631.37

## ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ

**Сазонов Дмитрий Сергеевич**, ст. преподаватель кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446441, Самарская обл., г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 10.

Тел.: 8 (84663) 46-3-46.

**Ерзамаев Максим Павлович**, ст. преподаватель кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446442, Самарская обл., г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 10.

Тел.: 8(84663) 46-3-46.

**Ключевые слова:** производительность, машинно-тракторный агрегат (МТА), энергозатраты, скорость, качество работы, способ движения.

*В статье рассмотрены основные направления повышения производительности МТА. Приведена классификация путей повышения производительности МТА и сделан их анализ.*

Производительность – один из важнейших показателей использования машинно-тракторного агрегата (МТА), от которого в значительной степени зависит эффективность всего сельскохозяйственного производства.

Отличительная особенность сельскохозяйственных работ, связанных с получением урожая, – необходимость их выполнения в строго определенные календарные сроки, отклонение от которых ведет к качественным и количественным потерям соответствующей продукции. При существующем дефиците механизаторских кадров и ограниченном числе тракторов и сельскохозяйственных машин в хозяйствах повышение производительности каждого агрегата приобретает особую актуальность [2].

В связи с этим, *целью исследований* является повышение эффективности использования МТА, для выполнения которой необходимо решить следующие задачи:

- определить резервы в повышении производительности МТА;
- разработать классификацию путей повышения производительности;
- разработать и обосновать новый способ движения МТА.

Повышение производительности МТА возможно по нескольким направлениям (рис. 1).

Первое направление: **конструктивные пути** – предполагают повышение качества конструирования сельскохозяйственных машин и тракторов. Повышение производительности, путем увеличения ширины захвата, возможно за счет увеличения силы тяги тракторов, а, следовательно, за счет роста мощности двигателя и связанного с ним сцепного веса трактора [1].

Увеличение ширины захвата пахотных агрегатов возможно за счет применения энергонасыщенного трактора (К744 серии Р, ХТЗ-17221, ХТЗ-181) и увеличения количества корпусов плуга. В нашей стране были разработаны и широко использовались и используются плуги ПЛН-8-35, ПТК-9-35, ПРУН-8-45, а также 12 корпусный плуг ПШ-12-40 М. Многокорпусные плуги (8-12 корпусов) представлены в основном зарубежными фирмами: «Kuhn», «Kverneland», «Lemken». Размещение многокорпусных плугов на передней и задней навесках трактора («тяги-толкай») повышало тяговое усилие и производительность на 10-15% [4].

Второе направление: **технологические пути** предусматривают применение комбинированных агрегатов, а также технологии точного земледелия. Высокая мощность современных тракторов позволяет объединить в одном почвообрабатывающем агрегате до нескольких типов рабочих органов, что снижает требуемое количество проходов МТА и уменьшает энергозатраты на выполнение обработки почвы. Совмещение приёмов основной и дополнительной обработок почвы в среднем на 40% менее энергоёмко, чем их раздельное выполнение.

При использовании комбинированных машин и агрегатов снижаются затраты труда на 30...50%, расход топлива на 20...30%, металлоемкость на 20...25%, увеличивается урожайность сельхозкультур на 10...15%.

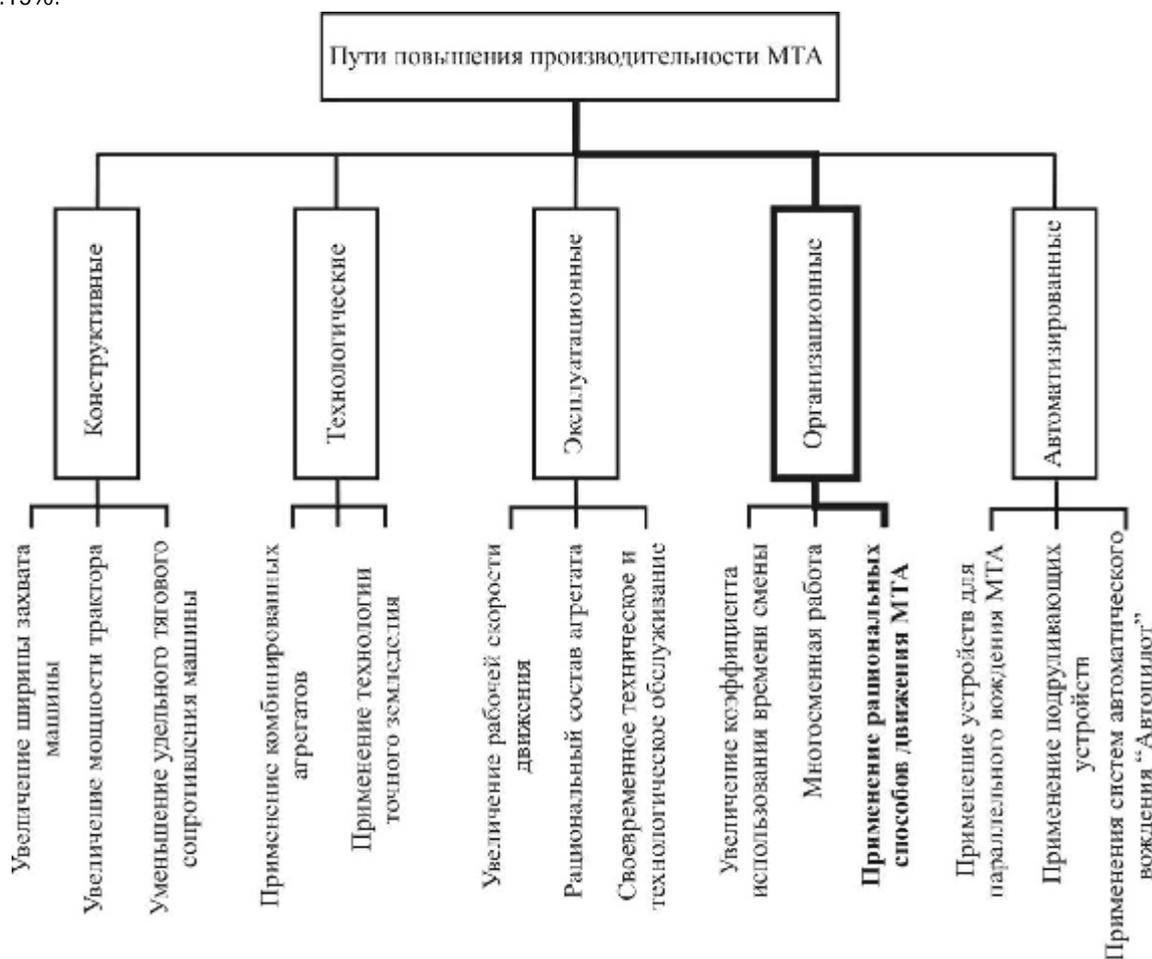


Рис. 1. Классификация путей повышения производительности МТА

Применение системы точного земледелия, которая предусматривает применение новейших ресурсосберегающих технологий, а также использование современных средств получения и обработки информации, позволяет точнее и качественнее вести работу сельскохозяйственных агрегатов.

Эксплуатационные пути относятся к **третьему направлению** повышения производительности. Скорость является одним из основных эксплуатационных факторов, определяющих производительность агрегата. Чем выше скорость, тем больше производительность, и наоборот. Однако повышенные скорости имеют и свои недостатки. Они сопровождаются увеличением энергозатрат на сельскохозяйственные технологические процессы. Предельную скорость в первую очередь диктуют требования к качеству выполнения работы. Такой технологический «потолок» скорости определяют агротехнические условия (требования).

При правильной эксплуатации машин простои по техническим и технологическим причинам могут быть сведены до минимума. Время остановок для технического и технологического обслуживания может быть значительно снижено применением механизированных средств заправки и технического обслуживания.

Большим резервом сокращения непроизводительных затрат времени и повышения производительности МТА является четвертое направление **организационные пути**. Важные резервы повышения производительности – использование двухсменной работы агрегатов.

Высокая производительность машинно-тракторного парка обеспечивается при групповом распределении техники. Групповая организация работ позволяет повысить сменную выработку тракторов за счет более оперативного технического обслуживания агрегатов.

Одним из резервов повышения производительности труда и качества работы в организационных путях является применение оптимальных способов движения МТА.

Для оценки эффективности применения различных способов движения применяют коэффициент использования рабочих ходов:

$$j = \frac{S_p}{S_p + S_x}, \quad (1)$$

где  $S_p$  и  $S_x$  – длина пути, соответственно, при рабочем ходе и при холостом, м.

Значение коэффициента  $j$  зависит от размеров обрабатываемого поля (длины гона), кинематических показателей агрегата – радиуса поворота, длины выезда, ширины агрегата, применяемого способа и скорости движения при поворотах и заездах:

$$j = f(L, C, R, e, B, u), \quad (2)$$

где  $L, C$  – соответственно длина и ширина обрабатываемого участка, м;  $R$  – радиус поворота, м;  $e$  – длина выезда агрегата, м;  $B$  – ширина захвата агрегата, м;  $u$  – скорость движения агрегата, км/ч.

С увеличением скорости движения время, затрачиваемое на поворот, вначале (при скоростях 5...6 км/ч) быстро, а затем все более медленно сокращается. При скоростях более 9...10 км/ч продолжительность поворота уменьшается незначительно, так как из-за увеличения радиуса поворота агрегата увеличивается длина пути при повороте, а, следовательно, и время на выполнение поворота.

Поэтому выполнять повороты на скоростях свыше 10 км/ч нецелесообразно. Во всех случаях, когда это, возможно, следует использовать беспетлевые повороты, при которых в 2...2,5 раза сокращаются путь холостого хода и ширина поворотной полосы по сравнению с петлевыми способами поворотов.

Применение агрегатов с меньшей длиной выезда позволяет сократить путь холостых ходов. Поэтому, особенно при малой длине гонов, следует предпочитать навесные агрегаты и шеренговое расположение машин в прицепных агрегатах.

Выполнение этих условий позволяет повысить производительность агрегатов на 15...25%, за счет более полного использования времени движения [3].

На современном этапе развития сельскохозяйственного производства повышение производительности МТА можно также достичь за счет автоматизации управлением МТА (применением системы автоматического вождения, подруливающих устройств) и правильной организации движения, с использованием систем GPS или GLONASS. Так, например, используя систему параллельного вождения, сокращаются затраты на ТСМ до 20% на гектар, производительность увеличивается на 13-20%.

Наиболее быстро решаемыми и требующими наименьших затрат являются организационные пути

повышения производительности, одним из направлений которых является применение новых, более рациональных способов движения МТА. Разработанный контурный способ движения (Патент №2336681) не требует предварительной и трудоемкой разбивки поля на загоны, исключает образование клиньев, а также позволяет получить выровненную поверхность поля, с уменьшением уплотняющего воздействия на почву движителей трактора [5].

Первоначально при контурном способе движения обрабатывают периферийные части 2 поля вдоль сторон периметра и 4 поля, путем кругового движения агрегата с угловыми беспетлевыми поворотами агрегата (рис. 2). В зонах поворотов рабочие органы агрегата выглубляют, т.е. осуществляют холостые ходы 5 агрегата, оставляя необработанными участки 6 поля. После обработки периферийных частей 2 поля рабочими проходами 1 при движении агрегата гоновым способом обрабатывают его центральную часть 3, совместно с участками 6 поля, оставленными необработанными при обработке периферийных частей 2 поля. Повороты агрегата при обработке центральной части 3 поля и его участков 6, необработанных при обработке периферийных частей поля осуществляют холостыми ходами 7 вне поля [5].

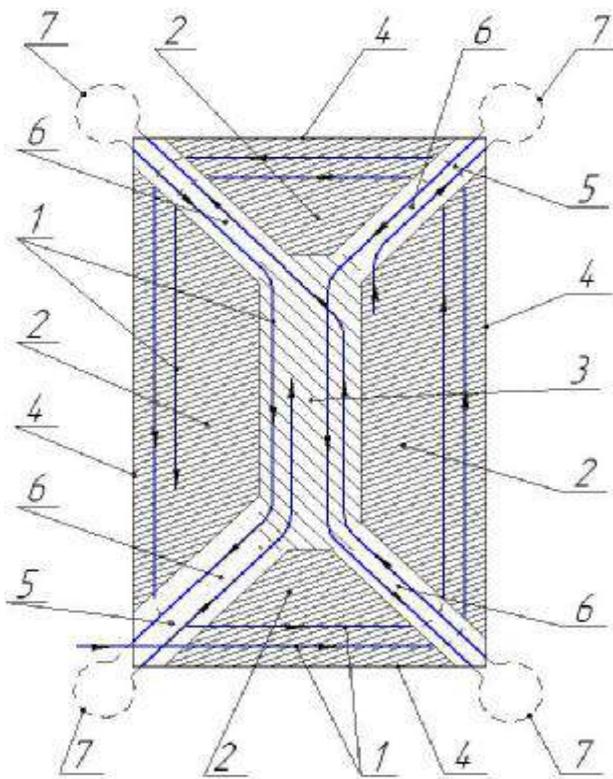


Рис. 2. Схема движения агрегата контурным способом движения

Длина холостых ходов значительно меньше, чем при других способах движения (всвал, вразвал, челночный), так как все повороты угловые на 90°. При выполнении работ контурным способом коэффициент использования рабочих ходов выше (на 12-13%), а производительность возрастает до 10%.

*Заключение.* Проведенные исследования показывают, что организационные пути повышения производительности являются одними из наиболее эффективных и малозатратных, по сравнению с другими. Совершенство организации движения, а именно применение оптимальных способов движения МТА, позволяет значительно снизить непроизводительные потери времени, повысить производительность МТА и качество выполняемой работы.

#### Библиографический список

1. Агеев, Л.Е. Сверхмощные тракторы сельскохозяйственного назначения / Л.Е. Агеев, В.С. Шкрабак, В.Ю. Моргулис-Якушев. – Л.: Агропромиздат. Ленинградское отделение, 1986. – 415 с.
2. Зангиев, А.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка / А.А. Зангиев, А.В. Шпилько, А.Г. Левшин. – М.: КолосС, 2005. – 320 с. : ил.
3. Киртбая, Ю.К. Резервы в использовании машинно-тракторного парка. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1982. – 319 с.
4. Лобачевский, Я.П. Современное состояние и тенденции развития почвообрабатывающих машин / Я.П. Лобачевский, Л.М. Колчина. – М.: ФГНУ «Росифорагротех», 2005. – 116 с.
5. Патент №2336681. RU. Способ движения агрегата при обработке почвы в поле / Афонин А.Е., Гниломедов В.Г., Сазонов Д.С., Ерзамаев М.П. – №2007118550/12 ; заяв. 18.05.2007 ; опуб. 27.10.2008, Бюл. №30. – 4 с. : ил.

УДК 631.331

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА СЕЯЛКИ ДЛЯ ТРУДНОСЫПУЧИХ ПОСЕВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Крючин Николай Павлович**, д.т.н., проф., зав. кафедрой «Механика и инженерная графика» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия». 446442, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 10. Тел.: 8 (84663) 46-3-46.

**Сафонов Сергей Викторович**, к.т.н., ст. преподаватель кафедры «Механика и инженерная графика» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия». 446442, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 10. Тел.: 8 (84663) 46-3-46.

**Крючин Павел Владимирович**, студент ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия». 446442, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 10. Тел.: 8 (84663) 46-3-46.

**Ключевые слова:** культура, семена, восстановление, фитомелиорант, норма высева, посевной материал, высевающий аппарат, трудносыпучие материалы, электромеханический регулятор.

*Предложено электромеханическое устройство, которое позволяет изменить норму высева высевающего аппарата в короткий промежуток времени без остановки агрегата.*

Около 15% территории России по экологическим показателям находятся в критическом или околокритическом состоянии. В связи с этим возникает необходимость в восстановлении плодородия загрязненных и заброшенных участков почвы.

Одним из наиболее эффективных и экономически выгодных методов очищения почвы является применение растений фитомелиорантов.

Такие культуры как коострец и овсяница красная имеют большое значение для освоения и восстановления загрязненных нефтепродуктами земель, непригодных для выращивания традиционных сельскохозяйственных культур [1, 2].

Однако широкое их использование сдерживается особенностью физико-механических свойств посевных материалов. Семена этих культур обладают низкой сыпучестью, что относит их к категории трудновысеваемых и посев существующими сеялками весьма затруднителен, а в некоторых случаях и практически невозможен.

На кафедре «Механика и инженерная графика» Самарской ГСХА разработана пневматическая сеялка для трудносыпучих семян, оснащенная дисково-штифтовым высевальным аппаратом, который приводится в движение от опорно-приводного колеса сеялки и обеспечивает работу 14 сошниковых секций с междурядьем 12,5 см, при норме высева 8-50 кг/га. Сеялка агрегируется с тракторами класса – 0,6 [3].

Полевые испытания показали, что сеялка централизованного дозирования, оснащенная дисково-штифтовым высевальным аппаратом, обеспечивает осуществление высококачественного посева коостреца по сравнению с существующими средствами посева.

Однако для качественной обработки необходимо изменять норму высева в зависимости от степени загрязненности участков.

В разработанной сеялке без остановки агрегата эту операцию осуществить невозможно, что приводит к появлению пропусков на разгонных участках, а завышение нормы высева по всей площади поля ведет к перерасходу семенного материала.

Для решения данной проблемы дисково-штифтовый высевальный аппарат (рис. 1) был оснащен электромеханическим регулятором (8), позволяющим бесступенчато изменять норму высева, путем изменения длины сбрасывающего скребка 5.

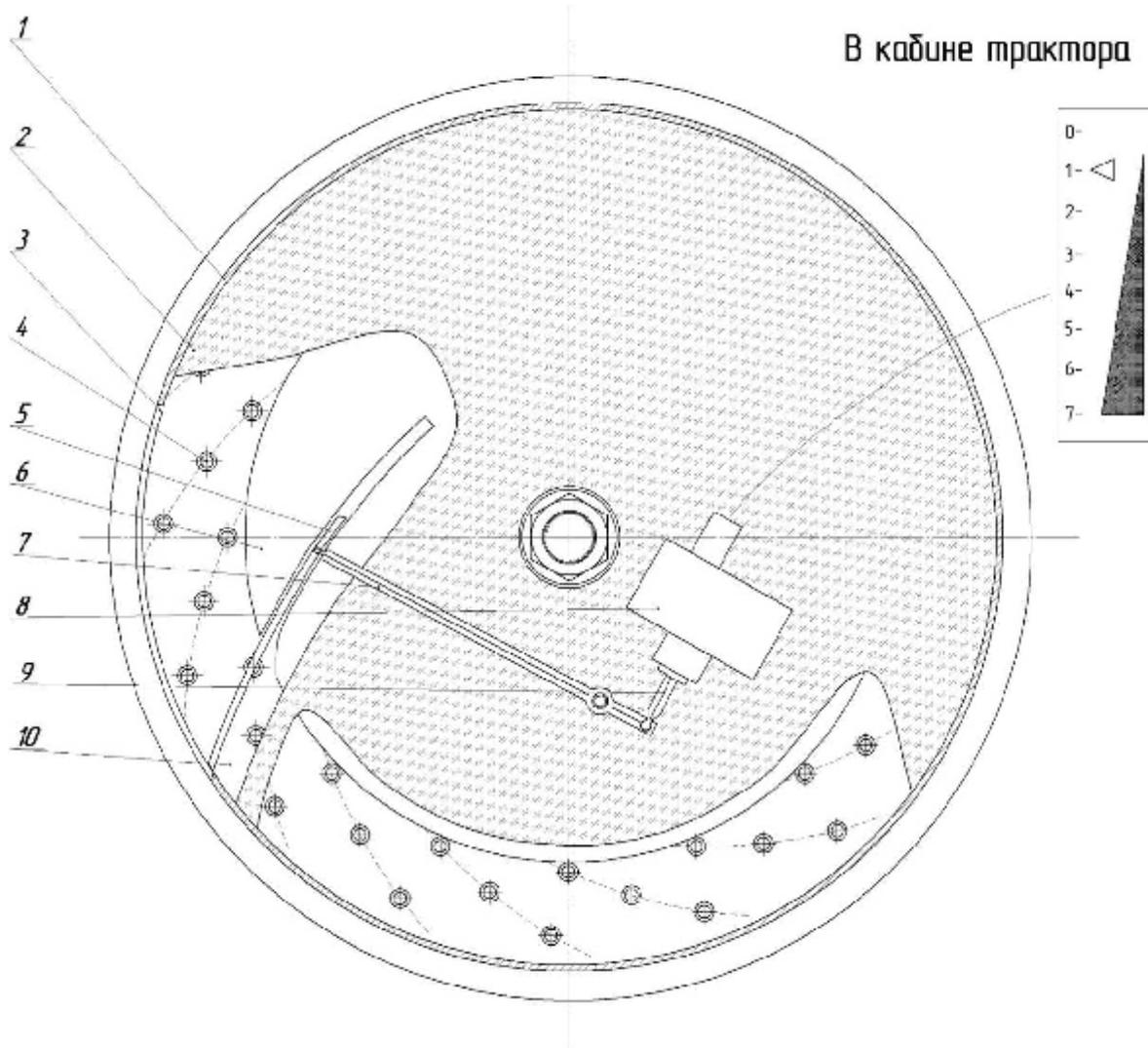


Рис. 1. Схема высевального аппарата: 1 – бункер семенной; 2 – козырёк; 3 – окно высевное; 4 – штифты подвижные; 5 – скребок; 6 – шайба; 7 – рычаг; 8 – регулятор электромеханический; 9 – шток выдвигной; 10 – диск высевальный

Предлагаемый регулятор состоит из управляющего и исполнительного устройств. Установленное в кабине трактора управляющее устройство путем обратной связи с исполнительным устройством, позволяет изменять и точно определять длину сбрасывающего скребка. Скребок, передвигающийся по направляющей проточке, приводится в движение посредством рычага 7 от выдвигного штока 9.

При настройке посевного агрегата с предлагаемым электромеханическим регулятором скребок выставляется в среднее положение, передаточным числом редуктора устанавливается заданная норма высева, после чего определяется норма высева при минимальной и максимальной длине скребка.

Применение электромеханического регулятора на пневматической сеялке дает возможность быстро и бесступенчато изменять норму высева без остановки посевного агрегата, что обеспечивает экономию посевного материала, сокращение времени на настройку и повышение, тем самым, экологического эффекта от использования фитомелиорантов.

#### Библиографический список

1. Андреев, Н.Г. Костер безостый. – М., 1960. – 112 с.
2. Золотарев, В.Н. Агроэкологическое обоснование адаптивного размещения семеноводства кострца безостого // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. - 2003. – № 1. – С. 64-66.
3. Крючин, Н.П. Разработка высевающего аппарата сеялки для трудносыпучих посевных материалов / Н.П. Крючин, С.В. Сафонов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – Самара, 2007. – С. 75-76.

УДК 631.316.43

## КЛАССИФИКАЦИЯ ВИБРАЦИОННЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ КУЛЬТИВАТОРА

**Парфенов Олег Михайлович**, к.т.н., доцент кафедры «Сельскохозяйственные машины» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

442446, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 10.  
Тел. 8 (84663) 46-3-46.

**Переверзов Владислав Валентинович**, студент ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

442446, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 10.  
Тел. 8 (84663) 46-3-46.

**Ключевые слова:** классификационный признак, факторное пространство, сила сопротивления, процесс разрушения, критическое напряжение, зона скола, цикл разрушения, релаксация.

*Предложена классификация вибрационных рабочих органов по признакам, отражающим принцип их воздействия на почву и способ реализации этих воздействий. Приведен анализ существующих устройств в выбранном факторном пространстве целевых параметров, позволяющий обосновано выбрать пути создания эффективных вибрационных рабочих органов.*

В технологии возделывания сельскохозяйственных культур важная роль отводится подготовке почвы. Качественная обработка почвы позволяет обеспечить необходимые условия для получения высокого урожая.

*Цель исследований* – повышение качества обработки почвы, с использованием рациональных колебательных систем рабочих органов.

Для достижения поставленной цели, необходимо решить следующие задачи:

- разработать классификацию рациональных колебательных систем рабочих органов;
- выбрать рациональные рабочие органы, с точки зрения конструкции и оценки их по агрономическим, эксплуатационным и экономическим показателям.

Вся, создаваемая человеком техника, основывалась на принципе рычага, а принцип вибраций почти не использовался. Если же обратиться к законам физики, то можно убедиться, что в них всегда рационально сочетается маневрирование усилием в пространстве (рычаг) и маневрирование усилием во времени (импульсы и вибрации).

Силы, действующие кратковременно, часто оказываются более эффективными, в особенности при разрушении материалов. Действие колебаний на разрушение сельскохозяйственных материалов в настоящее время более всего исследовано на примере обработки почв.

Определение классификационных признаков можно начать с рассмотрения процесса разрушения почвы, структурирования его на фазы, имеющие в основе однотипные физико-механические преобразования, а также с выбора факторного пространства параметров по которым, на основе анализа, будет выбрано направление поиска конструктивных решений.

Усилие, преодолеваемое клиновидным рабочим органом при разрушении почвы, приведено на рисунке 1. Начальный пологий участок нарастания усилия от 0 до  $P_{кр}$  характеризует заглубление рабочих

органов до глубины обработки. Критическое усилие  $P_{кр}$  соответствует максимальным напряжениям вдоль режущей кромки клина рабочего органа и определяется геометрическими параметрами клина и физико-механическими свойствами почвы. При критических напряжениях в почве появляются микро- и макро-трещины, которые распространяются в локальной зоне разрушения, со скоростью много превышающей скорость движения клиновидного рабочего органа. Фаза разрушения сопровождается снижением напряжений в зоне скола, что обусловлено отслоением скола в месте разрушения. Усилие сопротивления перемещению рабочего органа падает до величины  $P_0$ .

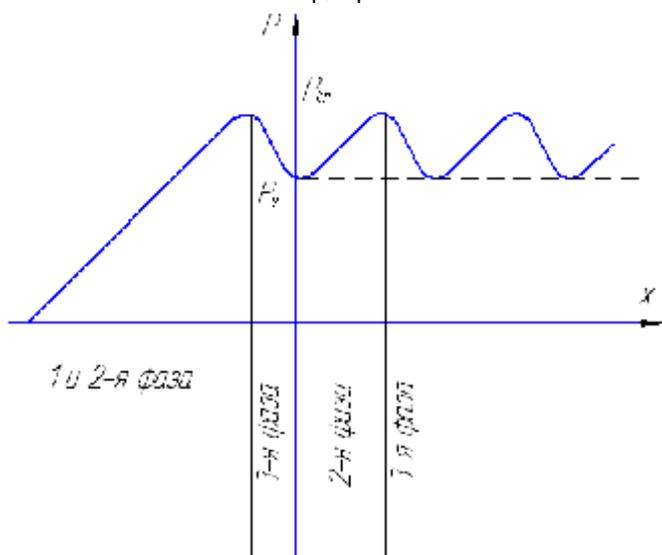
Величина  $P_0$  характеризует:

- а) поле деформаций почвы, в зоне много превышающей зону скола;
- б) перенос почвы;
- в) трение почвы о поверхность рабочего органа.

Дальнейшее движение рабочего органа приводит к нарастанию напряжений в зоне кромки клина до значений  $\sigma_{кр}$ , и усилия сопротивления перемещению до  $P_{кр}$ , при котором повторяется описанный цикл разрушения.

Таким образом, процесс разрушения почвы (рис. 1) носит релаксационный характер с квазипостоянными параметрами [1]:

- амплитуда релаксации –  $A = P_{кр} - P_0$ ,  $A \approx const$ ;
- длина волны релаксации (длина скола) –  $\lambda_p$ ,  $\lambda_p \approx const$ ;
- частота скола –  $\omega_p = V/\lambda_p$ ,  $\omega_p \approx const$ .



Многие исследователи, рассматривая динамику процесса разрушения почвы приходили к закономерному выводу, что минимизировать затраты энергии можно применив вибрацию рабочего органа, т.е.:

- осуществить за счет импульсной энергии релаксацию при меньшем среднем усилии резания;
- снизить потери энергии при транспорте почвы по поверхности активного клина.

Классификация технических решений реализации активных культиваторных рабочих органов приведена на рисунке 2.

Первым в классификации является деление по способу создания колебаний: с подводом энергии, извне и без подвода энергии.

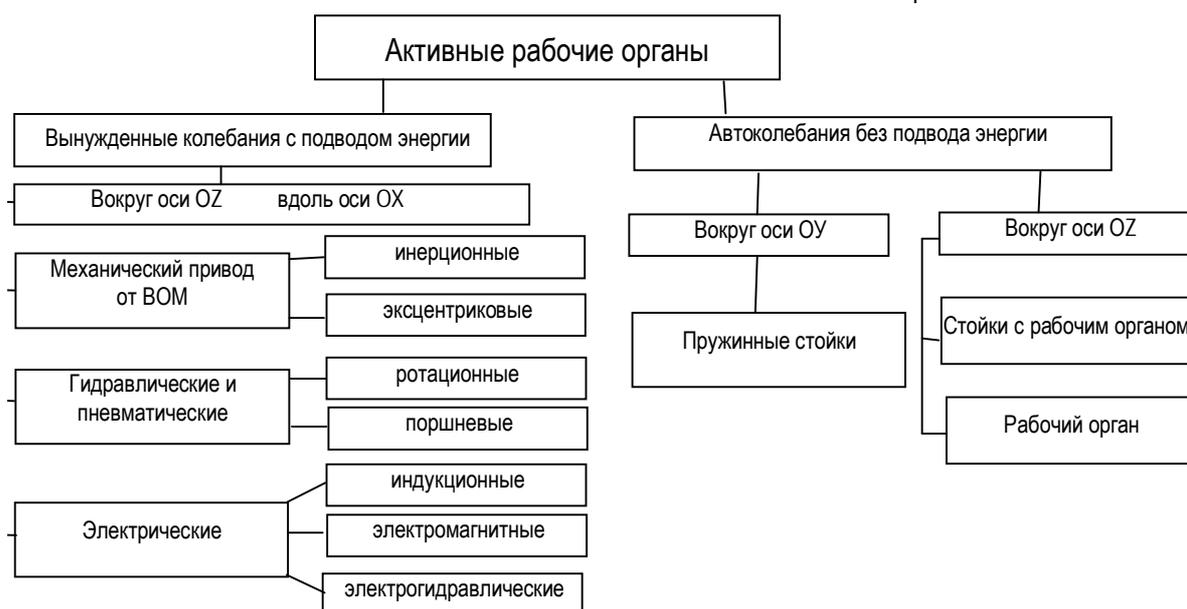


Рис. 2. Классификация активных рабочих органов

Вторым в классификации является деление по виду колебаний: линейные (вдоль ОХ и т.д.) и вращательные (вокруг ОZ и т.д.).

Третьим в классификации является деление по типу механизма передачи сторонней энергии: механический, гидравлический и электрический.

Четвертым в классификации является деление по типу механизма генерации колебаний.

Для проведения анализа существующих конструкций было выбрано факторное пространство (табл. 1) наиболее информативных параметров, куда вошли двенадцать показателей работы культиваторных вибрационноактивных рабочих органов по трем группам [2]: агрономические – 4 параметра; эксплуатационные – 5 параметров; экономические – 3 параметра.

Таблица 1

Классификация активных рабочих органов по группам параметров

Группа параметров	Показатели	Источники, авторы исследований				
		О.В. Верняев	Р. Мюлер, А. Газел ФРГ	НИИСХ Юго-Востока	Н. Ибрагимов ВИМ	ВИМ
		Применяемая схема технического решения				
		111X	1231	1113	1113	1241
Агрономические	Перемешивание слоев	меньше				
	Выравненность	больше				
	Залипание	меньше				
	Гребнистость	меньше				
Эксплуатационные	Снижение тягового сопротивления	на 35%	на 40%	+	на 35%	+
	Увеличение скорости	+				
	Увеличение ширины захвата	+				
	Повышение производительности	в 1,7 раза	нет данных	в 1,7 раза	нет данных	нет данных
	Повышение срока до заточки	в 10 раз	нет данных	+	x(2-4)	x(2-4)
Экономические	Снижение затрат ГСМ	Снижение удельных затрат ГСМ				
	Снижение расхода металла	на 85%	нет данных	на 40%	нет данных	нет данных
	Снижение затрат	нет данных	нет данных	на 38%	нет данных	нет данных

Большинство вибрационных рабочих органов – это вибровозбудители колебаний механического типа с приводом от ВОМ трактора. Несмотря на полученные положительные результаты, а иногда даже феноменальные, такие как, увеличение срока до заточки рабочих органов в 10-17 раз (исследования О.В. Верняева) и снижение тягового сопротивления до 40% (исследования Р. Мюлера и А. Газела), вибрационные рабочие органы не нашли практического применения в почвообрабатывающих машинах. Это обусловлено следующими причинами:

- значительное усложнение и удорожание конструкции;
- затраты энергии на возбуждение колебательного движения рабочего органа равны, а часто превосходят эффект, получаемый за счет уменьшения тягового сопротивления;
- желаемый эффект получен при строго определенных скоростях и характеристиках почвы.

Наиболее часто применяемая в практике реализуется схема с вибрирующим режимом рабочего органа на пружинных стойках.

Исследования многих авторов указывают на то, что лучший эффект снижения тягового сопротивления рабочих органов, реализованных по схемам 111X, при равных характеристиках фона зависит от скорости движения и частоты вынужденных колебаний [2, 3]. При этом часто указывается, что повышение значений параметров факторного пространства зависит больше от частоты колебаний рабочих органов, чем от амплитуды колебаний, что подтверждает релаксационную природу разрушения почвы. Следовательно оптимальная частота колебаний рабочих органов может быть выражена  $\omega_0 \approx \omega_p \approx \sqrt{1/\lambda p}$ , т.е. находится в области частоты релаксации процесса разрушения почвы.

В общем случае вынужденные колебания системы с одной степенью свободы можно представить в виде [3]:

$$m \ddot{x} + c \dot{x} + F(x) = F_0 \cos(\omega_p t - f), \quad (1)$$

а собственная частота ее будет:

$$\omega_0 = \sqrt{c/m} \quad (2)$$

В виду того, что частота  $\omega_p$  зависит от характеристик почвы и скорости обработки, собственная частота колебательной системы рабочих органов должна быть выше максимальной частоты релаксации или близка к ней во всем диапазоне переменных.

Таким образом, реализация оптимального вибрирующего рабочего органа возможна выполнением следующих приемов:

- снижение массы колебательного элемента вибрирующего рабочего органа;
- увеличение жесткости упругого элемента системы;
- увеличение чувствительности системы к релаксационным колебаниям усилия сопротивления;
- управление жесткостью упругого элемента для достижения максимального эффекта.

Из всего вышесказанного можно сделать *выводы*:

- 1) Культиваторы с активными рабочими органами обеспечивают обработку почвы с более высокими агротехническими показателями, чем культиваторы с пассивными рабочими органами;
- 2) Применение активных рабочих органов в культиваторах увеличивает срок службы лап без заточки, как минимум, в 2-4 раза;
- 3) Для получения стабильного эффекта по снижению тягового сопротивления необходима реализация автоматической подстройки механической колебательной системы рабочих органов;
- 4) Выбор конструктивных параметров вибрирующего рабочего органа необходимо осуществлять из условия  $\omega_0 \approx \omega_p \max$ .

#### Библиографический список

1. Шкуренко, Н.С. Опытные данные о влиянии вибрации на сопротивление грунтов резанию / Труды НИИССП. – М. : Госстройиздат. – Т. 28. – 1957.
2. Дубровский, А.А. Исследование влияния вибрации на работу почвообрабатывающих орудий / Труды ВИМ. – 1957. – Т. 24.
3. Дубровский, А.А. Применение вибрации для снижения тягового сопротивления // Машиностроение / Вестник Академии Наук СССР. – 1962. – №1.

УДК 631.331

## ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ ВЫСЕВАЮЩИХ АППАРАТОВ

**Краснов Сергей Викторович**, к.т.н., доцент кафедры «Механика и инженерная графика» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия». 446442, Самарская обл., Кинельский р-н, пгт. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 10. Тел. 8 (84663) 46-3-46.

**Ключевые слова:** высевающий аппарат, дозирование, семенной материал, озонизация, всхожесть, энергия прорастания, патоген, синтез.

*В статье указано перспективное направление развития высевающих аппаратов с улучшением качества семенного материала при дозировании.*

Одним из основных условий получения высоких урожаев является не только равномерное распределение растений по площади питания, что во многом определяет посев, но и качество семенного материала, которое можно улучшить или ухудшить техническими средствами дозирования при посеве. Улучшение качества семян является одним из основных агрономических требований, обеспечивающих при прочих оптимальных условиях получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

Важным требованием при посеве является всхожесть семян и отсутствие бактерий вредителей. Для решения этой проблемы поставлена *цель исследований* – улучшение качества посевного материала в процессе прохождения через высевающий аппарат.

Применение обеззараживания семян ядохимикатами наносит большой вред окружающей среде. При внесении в почву обработанных фунгицидами семян ядохимикаты под воздействием ветра и дождей выносятся в водоемы, разносятся на обширные пространства, что загрязняет окружающую среду и наносит вред природе. Поэтому наиболее перспективным представляется использование различных физических факторов для борьбы с болезнями и повышение посевных качеств семян. Сейчас известно много способов предпосевной обработки семян, повышающих посевные качества семян (воздушно-тепловой обогрев, облучение инфракрасными и гамма лучами, обработка лазером и ультразвуком, высокочастотный нагрев, применение электрических и магнитных полей и др.)

При электромагнитной обработке семенного материала происходит озонизация, а так же уничтожение вредоносных бактерий и повышение всхожести, что требует больших энергозатрат и дополнительных площадей под дорогостоящее оборудование.

При действии электрического поля постоянного тока семена набухают и поглощают воды больше, причем этот процесс протекает более интенсивно, чем у необработанных семян [1]. Более интенсивное превращение запасенных питательных веществ сохраняется не только в начале прорастания, но и в последующие дни. В течение всего срока прорастания в семенах содержится больше моносахаров, чем в контроле. Это способствует более интенсивному прохождению синтетических процессов, связанных с ростом клеток, синтезом белка, построением клеточных стенок.

Применение электрического поля высокого напряжения в значительной степени помогает защищать семена от болезнетворных микроорганизмов почти без ядохимикатов. Это значительно улучшает санитарные условия работы по защите семян от болезней, снижает концентрацию ядохимикатов в почве, что, в конечном счете, приводит к улучшению качества продукции растениеводства и улучшению экологии.

Проведенные В.Ф. Фирсовым исследования показывают, что при обработке посевного материала в поле коронного разряда метаболическая активность возбудителей заболеваний возросла на 10-15%, однако устойчивость растений к токсинам гриба повысилась в 3-4 раза. Рост мицелия возбудителя впервые 2-3 дня усиливался, но затем он ослабевал и к моменту появления ростков патоген утрачивал способность проникать в проростки [1].

В результате электромагнитной обработки, которая длится меньше секунды, увеличивается всхожесть семян, а затем и урожайность всего поля зерновых, повышение составляет 10-20%. За счет повышения всхожести даже на 10% можно высевать не 250 кг, а 225 кг на гектар. Проверка в лабораторных условиях показала, что если семена обработать в электромагнитном поле напряжением 100-200 А/м в течение 10-15 мин, энергия прорастания повысится на 15-20%, всхожесть – на 10-15, а урожайность – на 10% [2]. Установка предпосевной обработки посевного материала в электромагнитном поле высокого напряжения способна не только стимулировать, но и очищать и сортировать семена.

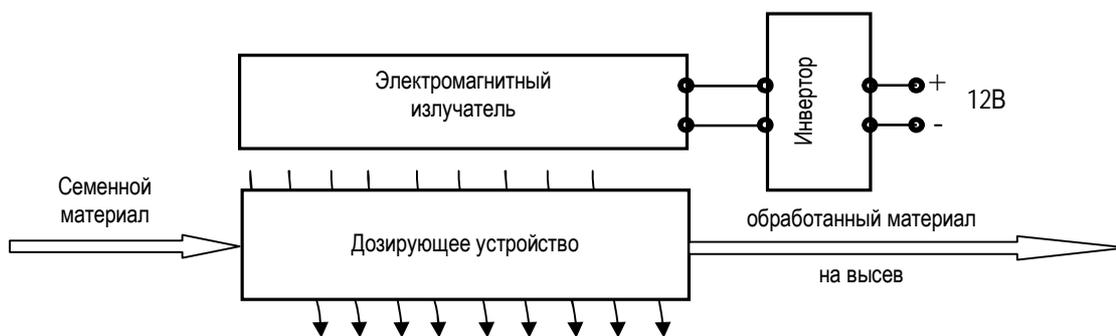


Рис. 1. Схема комбинированного дозирования

Предлагается совмещение высева и предпосевной обработки семян комбинированным высевальным аппаратом, включающим в себя электромагнитный излучатель (рис. 1), который обрабатывает поток семенного материала, проходящий через высевальную аппаратуру в электромагнитном поле, и далее подается к заделывающим устройствам.

В результате совмещения высева и предпосевной обработки в электромагнитном поле улучшается качество семенного материала, повышается экономическая эффективность при совмещении нескольких технологических операций и уменьшения энергозатрат, отпадает необходимость в размещении дополнительного оборудования.

#### Библиографический список

1. Ниязов, А.М. Предпосевная обработка семян ячменя в электростатическом поле: дис. ... канд. техн. наук : 05.20.02 / Ниязов Анатолий Михайлович. – Ижевск, 2001 – 185 с. – Библиогр.: С. 116–125.
2. Хохлачев, В. Если поле – электромагнитное... // Научный курьер. – № 40 (105). – 1996, 5-11 октября.

## АНАЛИЗ ПОДАЧИ СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА ЛОПАСТЬЮ РОТОРНО-ЛОПАСТНОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА

**Крючин Николай Павлович**, д.т.н., проф., зав. кафедрой «Механика и инженерная графика» ФГОУ ВПО «Самарская сельскохозяйственная государственная академия». 446442, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 10. Тел. 8 (84663) 46-3-46.

**Котов Дмитрий Николаевич**, к.т.н., доцент кафедры «Механика и инженерная графика» ФГОУ ВПО «Самарская сельскохозяйственная государственная академия». 446442, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 10. Тел. 8 (84663) 46-3-46.

**Морев Евгений Александрович**, аспирант кафедры «Механика и инженерная графика» ФГОУ ВПО «Самарская сельскохозяйственная государственная академия». 446442, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 10. Тел. 8 (84663) 46-3-46.

**Ключевые слова:** высевающий аппарат, подача, объем, режим работы, скорость, сила.

*Представлена и описана схема работы роторно-лопастного высевающего аппарата, а также приведено математическое описание подачи лопастью данного высевающего аппарата, в зависимости от физико-механических свойств семенного материала и конструктивно-технологических параметров.*

Для высева мелкосеменных культур на кафедре «Механика и инженерная графика» Самарской ГСХА разработана технологическая схема роторно-лопастного высевающего аппарата (рис. 1).

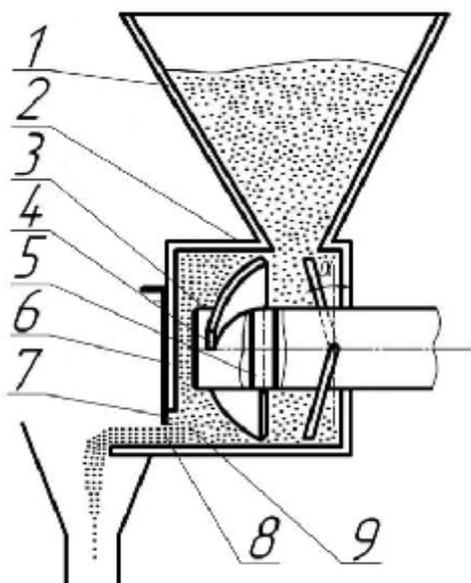


Рис. 1. Схема роторно-лопастного высевающего аппарата: 1 – семенной бункер; 2 – корпус; 3 – ротор; 4 – плоские лопасти; 5 – торсион; 6 – передняя стенка корпуса; 7 – заслонка; 8 – высевное окно; 9 – стабилизационная камера

Технологический процесс высева роторно-лопастным высевающим аппаратом происходит следующим образом. Семена из бункера самотеком поступают в корпус аппарата, затем в стабилизационную камеру (рис. 1) при помощи лопастей установленных на торсионах ротора, и далее уплотненный семенной материал поступает в высевное окно.

Для обеспечения необходимой плотности семенного материала в стабилизационной камере необходимо определить подачу семян от лопасти.

*Цель исследований* – повышение качества высева мелкосемянных культур роторно-лопастным высевающим аппаратом.

*Задачи исследований:*

- 1) провести анализ процесса подачи семян лопастью роторно-лопастного высевающего аппарата;
- 2) получить аналитическое выражение для определения подачи в зависимости от конструктивно-технологических параметров.

Мгновенной подачей от лопасти роторно-лопастного высевающего аппарата будем считать подачу за бесконечно малое изменение угла поворота при установившемся режиме работы.

Предполагается, что движение слоя семенного материала является равномерным и подчиненным закономерностям движения материальной точки.

Для определения подачи рассмотрим проекцию поверхности лопасти на плоскость перпендикулярную оси ротора. Выделим на ней элементарную площадь бесконечно малой величины (рис. 2), равную:

$$dS_n = R dR d\epsilon . \quad (1)$$

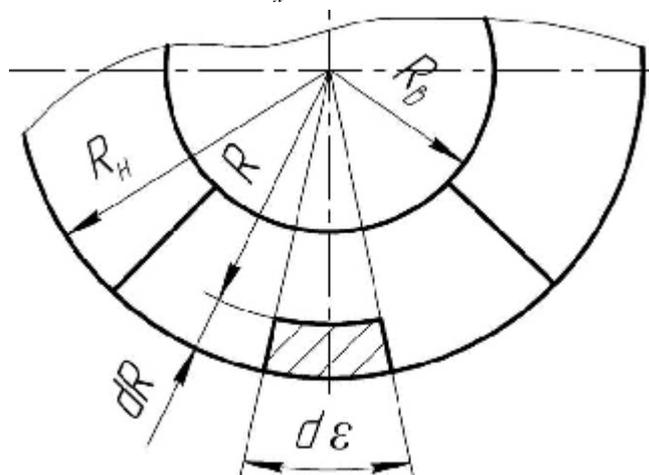


Рис. 2. Схема к определению подачи роторно-лопастного высевающего аппарата

Подача будет определяться по следующему выражению:

$$dQ_n = g \cdot u_1 \cdot dS_n , \quad (2)$$

где  $g$  – насыпная плотность семян, кг/м<sup>3</sup>;

$u_1$  – осевая скорость перемещения семенного материала, м/с;

$dS_n$  – бесконечно малая площадка на лопасти, м<sup>2</sup>.

Проинтегрировав выражение (1) определим площадь одной лопасти высевающего аппарата:

$$S_n = \frac{P}{4} (R^2 - R_0^2) . \quad (3)$$

Для определения осевой скорости перемещения материала необходимо записать уравнения равновесия элемента семян массой  $m$  [1].

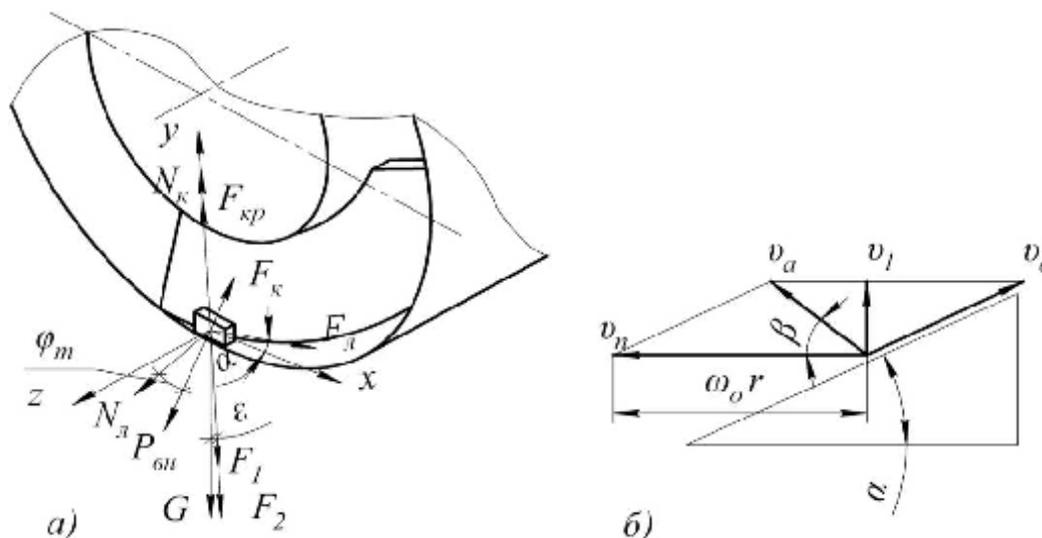


Рис. 3. а – схема действия сил на элемент семенного материала; б – параллелограмм скоростей

На элемент семенного материала будут действовать следующие силы (рис. 3, а):

$N_n$  – нормальная реакция лопасти, Н;

$F_l$  – сила трения о лопасть,  $F_l = N_n \cdot f_l$ , Н;

$F_k$  – сила трения о кожух,  $F_k = N_k \cdot f_k$ , Н;

$G$  – сила тяжести,  $G = m \cdot g$ , Н;

$F_1$  – центробежная сила инерции в переносном движении,  $F_1 = m \cdot \omega_o^2 \cdot R$ , Н;

$F_2$  – центробежная сила инерции в относительном движении  $F_2 = m \cdot R \cdot \left(\frac{dj}{dt}\right)^2$ , Н;

$F_{кр}$  – сила инерции Кориолиса,  $F_{кр} = 2 \cdot m \cdot \omega_o \cdot R \cdot \frac{dj}{dt}$ , Н;

$N_k$  – нормальная реакция кожуха, Н;

$P_{ен}$  – результирующая сила, Н;

где  $f_l$ ,  $f_k$  – соответственно коэффициенты трения семенного материала о поверхность лопасти и кожуха;

$m$  – масса выделенного элемента, кг;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$\omega_o$  – угловая скорость ротора, с<sup>-1</sup>;

$R$  – радиус, на котором расположен рассматриваемый элемент, м;

$\frac{dj}{dt} = \omega_r$  – угловая скорость в относительном движении, с<sup>-1</sup>;

$j_m$  – угол трения, на который отклоняется результирующая сила  $P_{ен}$ ,  $j_m = \arctg f_l$ ;

$e$  – угол, определяющий положение точки относительно вертикальной плоскости.

Составляем уравнения равновесия:

$$\begin{aligned} N_l \cdot \cos a - f_l \cdot N_l \cdot \sin a - f_k \cdot N_k \cdot \cos(a + j_m) &= 0, \\ N_l \cdot \sin a + f_l \cdot N_l \cdot \cos a - f_k \cdot N_k \cdot \sin(a + j_m) + mg \cdot \sin e &= 0, \\ N_k - m \cdot R \cdot \omega_o^2 - m \cdot R \cdot \left(\frac{dj}{dt}\right)^2 + 2 \cdot m \cdot \omega_o \cdot R \cdot \frac{dj}{dt} - mg \cdot \cos e &= 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Выразив из первого уравнения системы (4)  $N_l$ :

$$N_l = \frac{f_k \cdot N_k \cdot \cos(a + j_m)}{(\cos a - f_l \cdot \sin a)}. \quad (5)$$

Реакцию кожуха выразим из третьего уравнения равновесия:

$$N_k = m \cdot R \cdot \omega_o^2 + m \cdot R \cdot \left(\frac{dj}{dt}\right)^2 - 2 \cdot m \cdot \omega_o \cdot R \cdot \frac{dj}{dt} + mg \cdot \cos e. \quad (6)$$

Подставляя полученные выражения (5) и (6) во второе уравнение системы (4), получим квадратное уравнение вида:

$$\omega_r^2 - 2 \cdot \omega_o \cdot \omega_r + \omega_o^2 + \frac{g}{f_k \cdot R} \cdot (\cos e + \frac{\sin e}{A}) = 0, \quad (7)$$

где  $A = \left( \frac{\cos(a + j_m) \cdot (\sin a + f_l \cdot \cos a)}{(\cos a - f_l \cdot \sin a)} \right) - \sin(a + j_m)$ .

Решением уравнения (7) будет выражение вида:

$$\omega_r = \omega_o - \sqrt{\omega_o^2 - \frac{g}{4 \cdot f_k \cdot R} \cdot (\cos e + \frac{\sin e}{A})}. \quad (8)$$

Тогда осевая скорость движения семенного материала от лопасти (рис. 3, б) будет равна [2]:

$$u_1 = \left( \omega_o - \sqrt{\omega_o^2 - \frac{g}{4 \cdot f_k \cdot R} \cdot (\cos e + \frac{\sin e}{A})} \right) \cdot R \cdot \operatorname{tg} a. \quad (9)$$

Подставив значение осевой скорости (9) в выражение (2) имеем:

$$Q_l = g \cdot \left( \omega_o - \sqrt{\omega_o^2 - \frac{g}{4 \cdot f_k \cdot R} \cdot (\cos e + \frac{\sin e}{A})} \right) \cdot R \cdot \operatorname{tg} a \cdot \frac{P}{4} (R^2 - R_e^2). \quad (10)$$

*Заключение.* Аналитическая зависимость (10) позволяет определить подачу от лопасти роторно-лопастного высевающего аппарата в стабилизационную камеру при установившемся режиме работы в зависимости от физико-механических свойств семенного материала: объемной плотности, коэффициента трения, а также от конструктивно-технологических параметров аппарата: угла установки лопастей и угловой скорости вращения ротора.

#### Библиографический список

1. Григорьев, А.М. Винтовые конвейеры. – М. : Машиностроение, 1972. – 185 с.
2. Артемьев, В.Г. Теоретические основы совершенствования пружинно-транспортирующих рабочих органов / В.Г. Артемьев, В.П. Погодин // Механизированные процессы и машины сельскохозяйственного производства: сборник научных трудов ГСХА. – Ульяновск, 1998. – С. 4-21.

УДК 631.331.022

## РАЗРАБОТКА ДИСКОВО-ЛЕНТОЧНОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА СЕЛЕКЦИОННОЙ СЕЯЛКИ

**Петров Александр Михайлович**, к.т.н., проф. кафедры «Сельскохозяйственные машины» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».  
446442, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

Тел.: 8 (84663) 46-4-31.

**Зелёва Наталья Викторовна**, аспирантка кафедры «Сельскохозяйственные машины» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446442, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 10.

Тел. 8 (84663) 46-3-46.

**Ключевые слова:** высевающий аппарат, сеялка, посев, распределение семян, исходный поток.

*В работе приводится краткий анализ высевающих аппаратов и конструктивно-технологическая схема высевающего аппарата селекционной сеялки.*

Одним из важнейших технологических этапов возделывания зерновых культур в селекционном производстве является посев семян. Посев должен обеспечить наиболее благоприятные условия для прорастания семян и дальнейшего развития растений, что способствует увеличению полевой всхожести и урожайности селекционируемых культур.

При этом к посеву, как технологическому процессу предъявляются определенные требования: высев определенного количества семян на единицу площади поля и равномерное их размещение в рядке.

Главную роль в распределении семян играет высевающий аппарат. Высевающий аппарат сеялок должен удовлетворять следующие требования: каждый аппарат сеялки должен создавать равномерный и непрерывный поток семян и высевать одинаковое количество семян в единицу времени, т.е. высев семян должен быть устойчивый. Высевающие аппараты зерновых сеялок должны быть универсальными, т.е. обеспечивать высев семян с различными физико-механическими свойствами в широком диапазоне нормы высева [1].

*Цель работы* – разработка дисково-ленточного высевающего аппарата селекционной сеялки.

Для достижения поставленной цели, необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ высевающих аппаратов посевных машин;
- обосновать конструктивно-технологическую схему дисково-ленточного высевающего аппарата.

Анализ высевающих аппаратов наиболее часто используемых на посевных машинах представлен на рисунке 1.

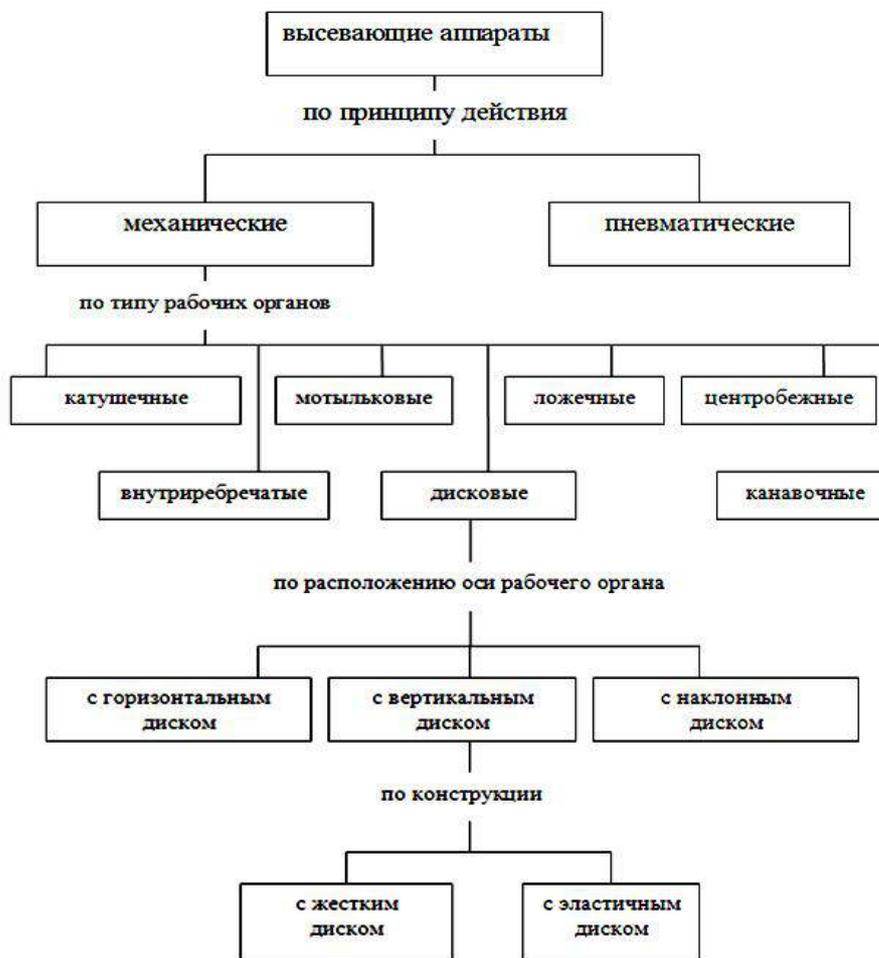


Рис.1. Классификация высевающих аппаратов

Все высевающие аппараты по принципу работы разделяются на три основных типа: механические и пневматические.

Механические высевающие аппараты весьма многообразны по конструкции: катушечные, внутриреберчатые, ложечные, мотыльковые, канавочные, центробежные, дисковые и др.

Катушечный высевающий аппарат применяется для высева зерновых культур. Он относительно прост по конструкции, легко устанавливается на норму высева. Катушечному высевающему аппарату свойствен органический недостаток, заложенный в принципе его работы – пульсация зернового потока.

Внутриреберчатый высевающий аппарат используется в зерновых сеялках, выпускаемых многими зарубежными фирмами. Он высеивает семена многих различных культур, однако недостаточно универсален.

Ложечные высевающие аппараты применяются в некоторых странах Европы, например, в Англии. Преимущество ложечного аппарата является отсутствие повреждения семян, недостатком – отзывчивость к толчкам и уклонам местности.

Мотыльковые высевающие аппараты известны из практики использования их в отечественных и зарубежных сеялках. Мотыльковые высевающие аппараты можно использовать при посеве некоторых несypучих семян трав. Однако недостатком конструкции данных аппаратов является пульсация исходного потока семян, т.е. наблюдается или сгущенность всходов в определенных интервалах, или значительное удаление одного растения от другого.

Канавочные высевающие аппараты представляют собой разновидность барабанных высевающих аппаратов сеялок.

Центробежные высевающие аппараты имеют вращающийся конус для распределения семян и различные устройства для дозирования: шнеки, транспортеры и калиброванное отверстие на конусе. Основным недостатком является изменение высева от скорости движения сеялки, а также высокий процент дробления семян.

Пневматические высевающие аппараты, интересны тем, что менее требовательны к калибровке семян и в некоторых случаях позволяют увеличить рабочую скорость более 7 км/ч. Данный аппарат

универсален, высевает зерновые и овощные культуры [3]. К принципиальным недостаткам следует отнести сложность их конструктивного исполнения при простой технологической схеме.

У дисковых высевальных аппаратов обеспечивается непрерывная подача семенного материала, что в свою очередь обеспечивает равномерное распределение семян в рядке, при этом неровности поля не влияют на работу высевального аппарата. По расположению оси рабочего органа их можно разделить на аппараты с горизонтальным диском, с вертикальным диском и с наклонным диском [4].

Таким образом, в результате проведенного анализа высевальных устройств и технологического процесса их работы, можно сделать вывод, что наиболее перспективным направлением развития может быть разработка высевальных аппаратов с дисковыми рабочими органами, которые позволяют формировать сплошной исходный поток семян, а это, в свою очередь, создает предпосылки повышению качества распределения семян в рядке.

На кафедре «Сельскохозяйственные машины» разработан диско-ленточный высевальный аппарат непрерывного действия (рис. 2), который состоит из следующих основных элементов: бункер 10, высевальный диск 2, эластичная прижимная лента 6, подающий 4 и натяжной 5 роликов, заслонки 12.

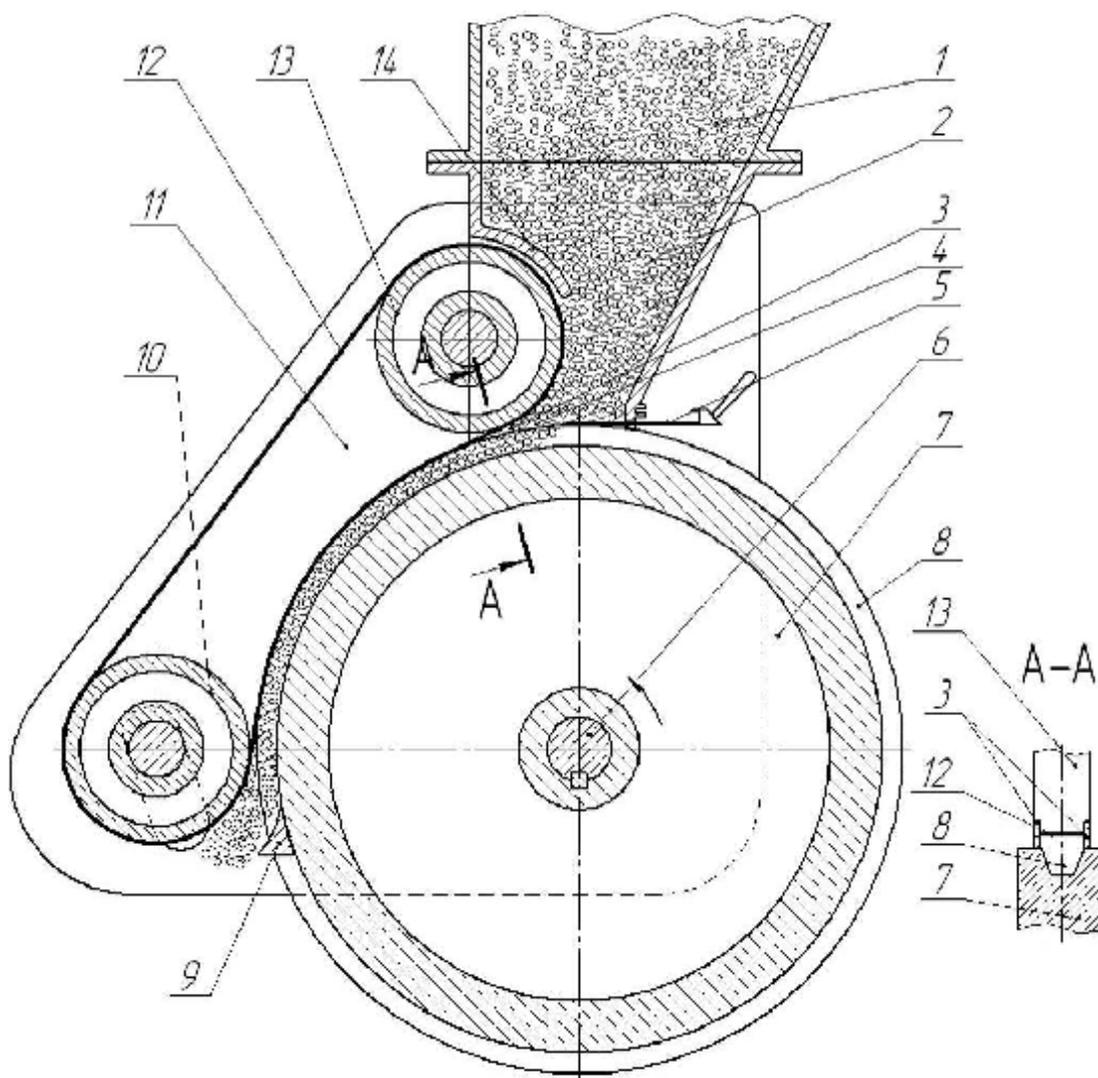


Рис. 2. Конструктивная схема высевального аппарата:

- 1 – бункер; 2 – семяпровод; 3 – щитки; 4 – высевальное окно; 5 – заслонка; 6 – вал; 7 – высевальный диск; 8 – проточка; 9 – клин; 10 – натяжной ролик; 11 – вертикальная пластина; 12 – эластичная лента; 13 – подающий ролик; 14 – козырек

Высевальный аппарат работает следующим образом. При вращении высевального диска 7 семена из бункера 1 поступают в семяпровод 2, а затем увлекаются подающим роликом 13 в проточку 8 между щитками 3. Проточка 8, щитки 3 и заслонка 5 формируют начальный поток семян, который в дальнейшем при

взаимодействии с эластичной лентой 12, сходящей с подающего ролика 13 на обод высевающего диска, уплотняется. Далее семена поступают в закрытую этой лентой проточку 8 к натяжному ролику 10 на высеv, образуя уплотненный равномерный поток семян. Правильное рассчитанное давление эластичной ленты предотвращает повреждение высевающего материала.

*Заключение.* Конструктивно-технологическая схема предлагаемого высевающего аппарата создает предпосылки для формирования равномерного исходного потока семян, что позволит, в свою очередь, обеспечить равномерное распределение семян в рядке при посеве сельскохозяйственных культур селекционной сеялкой.

#### Библиографический список

1. Карпенко, А.Н. Сельскохозяйственные машины : учебник для вузов / А.Н. Карпенко, В.М. Халанский. – М. : Агпроиздаст, 1989. – 527 с.
2. Крючин, Н.П. Посевные машины. Особенности конструкций и тенденции развития: учебное пособие. – Самара, 2003. – 116 с.
3. Бузенков, Г.М. Машины для посева сельскохозяйственных культур / Г.М. Бузенков, С.А. Ма. – М. : Машиностроение, 1976. – 272 с.
4. А.с. 2284095. (РФ). Высевающий аппарат / С.А. Васильев, А.М. Петров, Ю.В. Ларионов.

УДК 631.33.86

## АНАЛИЗ УСТРОЙСТВ ДЛЯ РАЗБРОСНОГО ПОСЕВА

**Крючин Николай Павлович**, д.т.н., проф., зав. кафедрой «Механика и инженерная графика» ФГОУ ВПО «Самарская ГСХА». 446442, Самарская обл., г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, д. 10. Тел. 8 (84663) 46-3-46.

**Киров Владимир Александрович**, к.т.н., доцент кафедры «Механика и инженерная графика» ФГОУ ВПО «Самарская ГСХА». 446442, Самарская обл., г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, д. 10. Тел. 8 (84663) 46-3-46.

**Кирова Ольга Владимировна**, аспирантка кафедры «Механика и инженерная графика» ФГОУ ВПО «Самарская ГСХА». 446442, Самарская обл., г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, д. 10. Тел. 8 (84663) 46-3-46.

**Ключевые слова:** производство льна, подготовка почвы, норма высева, глубина заделки, разбросной посев, сеялки для посева льна, площадь питания, сошник, распределение семян, распределитель.

*Представлено обоснование необходимости применения разбросного посева семян льна, а также анализ процесса распределения семян в подсошниковом пространстве.*

Государственной программой развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2008...2012 гг. предусмотрено повышение его эффективности.

В растениеводстве основные меры государственной поддержки будут направлены на производство высококачественного семенного материала льна, рапса и кормовых культур.

Особое внимание при получении высококачественных семян льна следует обращать на соблюдение агротехнических требований при его возделывании. Основными из них являются: проведение качественной подготовки почвы к посеву, выбор оптимальной нормы высева, обоснование глубины посева, равномерное распределение семян по площади питания.

Среди названных требований по опытным данным многих российских и зарубежных научных учреждений, исследуемых возделывание льна, доказано, что наиболее важным показателем является равномерное распределение семян и растений по площади поля.

*Цель работы* – анализ существующих рабочих органов, процесса движения и распределения семян при разбросном посеве.

В настоящее время на посеве льна в основном используются сеялки семейства зерновых сеялок на базе СЗ-3,6; специальные сеялки марок СЛ-44, СУЛ-48; навесные тракторные СЛН-48; сеялки СПУ-4Л-ДУ; сеялки точного высева СТВ-12; сеялка-культиватор СЗС-2,1, АУП-18 и другие посевные машины, а также агрегаты с многообразными по своей конструкции рабочими органами для рядового и полосового посевов.

Конструктивные особенности таких посевных машин и их рабочих органов не в полной мере обеспечивают необходимую равномерность распределения семян.

Более качественное выполнение процесса распределения семян обеспечивают рабочие органы лапового типа (СЗС-2,1М, АУП-18), которые при движении не только подрезают растительные остатки и крошат почву, но и, что особенно важно, создают благоприятные условия для распределения семян по ширине захвата сошника при высеве их в образуемом подпочвенном пространстве. Распределение семян в подсошниковом пространстве в рабочих органах этих сеялок достигается установкой дополнительных устройств.

Широкое применение в производстве нашли сошники, устанавливаемые на сеялке-культиваторе СЗС-2,1М, в стойке-семяпроводе которой установлен распределитель виде треугольной призмы (рис. 1).

В конструкции сошника, разработанного в Омском СХИ (рис. 2), для распределения семян по ширине захвата сошника в зоне выходного канала стойки-семяпровода 3 к поперечной пластине прикреплен двухскатный лоток 4.

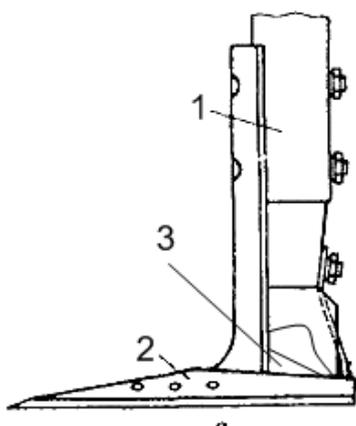


Рис. 1. Сошник сеялки-культиватора СЗС-2,1М:  
1 – стойка-семяпровод; 2 – стрелчатая лапа, 3 – распределитель

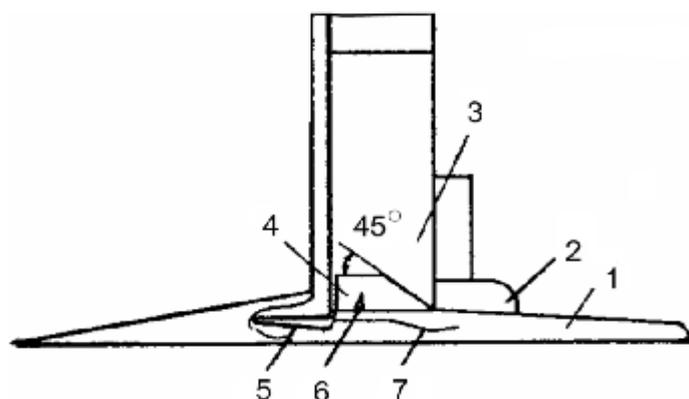


Рис. 2. Сошник конструкции Омского СХИ:  
1 – стрелчатая лапа; 2 – козырек 3 – семяпровод;  
4 – двухскатный лоток; 5 – подлапник; 6 – боковые грани лотка;  
7 – пружина

При этом поперечная пластина прикреплена к подлапнику 5. Для увеличения свободного сечения выходного канала семяпровода боковые грани в задней части лотка 4 выполнены со скосом под углом  $45^\circ$  относительно его верхнего ребра и на половине их длины надрезаны на 0,5 ширины грани, а концы 6, образовавшихся надрезов, отогнуты в противоположные стороны. К поперечной пластине жестко прикреплены отогнутые пластинчатые пружины 7.

Процесс распределения семян в комбинированном сошнике (рис. 3) происходит следующим образом. Семена, поступающие в стойку из семяпровода, подаются на формирователь потока 2, далее через веерный распределитель 3 сплошным потоком, но с разным углом – на сферическую поверхность 5, на которой происходит дальнейшее распределение семян в зависимости от угла подачи.

Сошник стерневой сеялки для широкополосового посева (рис. 4) состоит из стойки 1 с семянаправляющей воронкой, к нижнему концу которой при помощи металлического клина закреплена стрелчатая лапа 3, под которой расположен распределитель семян 2, выполненный в виде разведенных в противоположные стороны в поперечно-вертикальной плоскости двух симметричных по линии изгиба крыльев в виде прямоугольных трапеций, изогнутых по параболе, причем угол, на который разведены крылья в передней части распределителя, больше угла развода крыльев в его задней части, а задняя кромка распределителя расположена в вертикальной плоскости. При работе семенной материал по семяпроводу попадает в семенную воронку, где поток разделяется вершиной распределителя на три равных потока, два из которых направляются под крылья лапы на полную ширину захвата сошника, а еще один – вперед, под лапу на дно борозды.

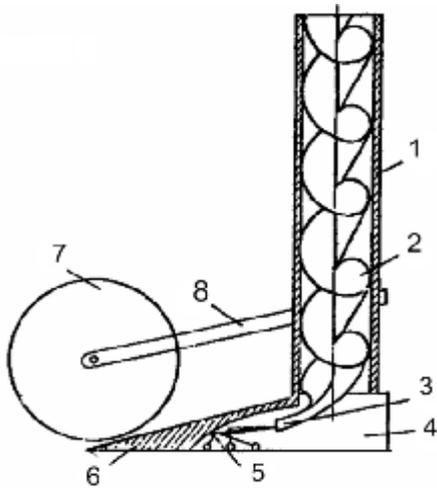


Рис. 3. Сошник конструкции Казанского СХИ:

- 1 – стойка; 2 – лапа; 3 – семенная камера;
- 4 – сферическая поверхность;
- 6 – формирователь потока семян;
- 7 – веерный распределитель; 8 – кронштейн;
- 9 – дисковый нож

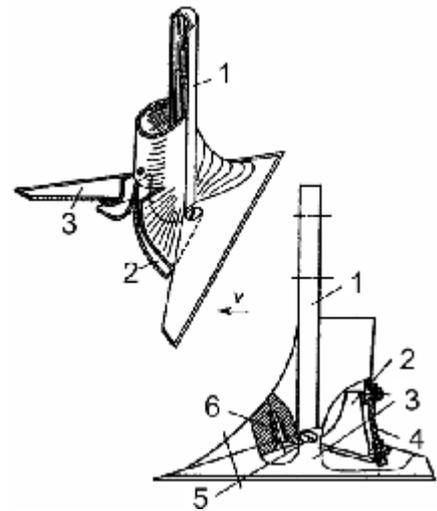


Рис. 4. Сошник конструкции Оренбургского СХИ:

- 1 – стойка; 2 – распределитель семян;
- 3 – стрельчатая лапа;
- 4 – эластичная стенка; 5, 6 – винты крепления

В результате анализа используемых конструкций рабочих органов посевных машин для разбросного посева установлено, что основными недостатками используемых конструкций сошников является малая дальность рассева семян по ширине захвата сошника и, в определенной степени, сложность конструкций.

В существующих конструкциях сошников, предназначенных для разбросного посева, распределение семян в подпочвенном пространстве осуществляется следующими способами: **гравитационным транспортированием и распределением семян**, при котором последние распределяются за счет энергии их свободного падения; **использованием энергии воздушного потока**: семенам сообщается дополнительная скорость поступательного движения за счёт энергии воздушной струи; **применением активных распределителей**, совершающие либо вращательное, либо колебательное движения; **применением комбинированного распределения**, позволяющие использовать позитивные стороны всех выше перечисленных процессов.

Однако рассматривать в отдельности распределение семян только за счет использования той или иной конструкции распределителя недостаточно для анализа всего процесса.

В связи с этим, процесс транспортирования и распределения семян в подсошниковом пространстве можно разделить на следующие основные части:

- 1) *движение по стойке-семяпроводу* (семяпроводу), которое может быть поступательным, прямолинейным и криволинейным;
- 2) *движение по поверхности распределителя* в зависимости от его конструкции: прямолинейное, криволинейное и комбинированное;
- 3) *движение семян во время схода с поверхности распределителя* возможно по ходу движения сошника, против хода сошника, а также по всему образованному подсошниковому пространству.

**Заключение.** В результате проведенного анализа существующих рабочих органов, процесса движения и распределения семян установлено, что применение комбинированного (пневмогравитационного) распределения позволяет использовать положительные особенности пневматического транспортирования (сообщение дополнительной поступательной скорости за счет энергии воздушного потока, увеличивая тем самым ширину засеваемой полосы) и пассивных распределителей (увеличить дальность рассева семян при малой высоте свода подсошниковом пространстве).

#### Библиографический список

1. Астахов, В.С. Пневматические системы централизованного высева // Тракторы и сельхозмашины. – 1997. – №9. – С. 12-13.
2. Гужин, И.Н. Совершенствование технологического процесса распределения семян зерновых культур с обоснованием параметров сошника для подпочвенного разбросного посева: дис. ... канд. техн. наук. – Кинель, 2003. – 134 с.

3. Киров, А.А. Обоснование процесса равномерного распределения семян по площади поля и параметров распределителя сошника для подпочвенно-разбросного посева: дис. ... канд. техн. наук. – Кинель, 1984. – 218 с.

УДК 631.331

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЯЛКИ С ЛЕНТОЧНО-ДИСКОВЫМ ВЫСЕВАЮЩИМ АППАРАТОМ**

**Васильев Сергей Александрович**, к.т.н., доцент кафедры «Сельскохозяйственные машины» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия». 446442, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 10. Тел.: 8 (84663) 46-3-46.

**Ключевые слова:** высевательный аппарат, исходный поток, мелкосеменные культуры, годовой экономический эффект, экспериментальная сеялка.

*В статье представлена оценка экономической эффективности работы ленточно-дискового высевательного аппарата при посеве делянок сортоиспытания и предварительного размножения.*

Высевательный аппарат один из наиболее ответственных рабочих органов сеялки. Он существенно оказывает влияние на формирование исходного потока семян с заданными параметрами. От того, как работает высевательный аппарат, зависит качество распределения семян по площади поля и, в конечном итоге, урожайность растений.

В результате проведенного анализа конструкции высевательных устройств и технологического процесса их работы, установлено, что наиболее перспективным развитием может быть разработка высевательных аппаратов с дисковым рабочим органом и подвижным прижимным элементом, который позволяет сформировать сплошной исходный поток семян, а это в свою очередь создает предпосылки повышения качества создаваемого семенного потока.

В связи с этим, *целью исследования* является повышение эффективности работы селекционной сеялки за счет совершенствования технологического процесса дозирования семян ленточно-дисковым высевательным аппаратом непрерывного действия.

*Задача исследования:* определить экономический эффект от использования экспериментальной сеялки.

На кафедре «Механика и инженерная графика» был разработан высевательный аппарат для мелкосеменных культур (рис. 1) [7]. Он состоит из следующих основных элементов: бункера 12, высевательного диска 2, эластичной прижимной ленты 7, натяжного 5, подающего 4 и ведущего роликов 6.

Результатом научных исследований создания новых рабочих органов или машин является оценка экономической эффективности [1]. Определение экономической эффективности разработанных в сельском хозяйстве новых машин происходит путем сравнения их основных технико-экономических показателей с существующими, аналогичными серийными образцами, внедренными в производство [1, 2].

Использование экспериментальной пневматической сеялки с ленточно-дисковым высевательным аппаратом для посева мелкосеменных культур в производстве отражается определенным хозяйственным эффектом. Экспериментальная пневматическая сеялка обеспечивает высев мелкосеменных культур с учетом необходимых агротехнических требований, что позволяет за счет улучшения равномерности распределения растений в рядке получить прибавку в урожайности.

Исходные данные при расчете экономической эффективности выбирали согласно результатам полевых исследований, а также из нормативно-справочной литературы [3, 4, 5]. За базу для сравнения принимали показатели использования сеялки СН-16, наиболее часто применяемой в селекционном производстве.

Экономическую эффективность использования экспериментальной пневматической сеялки с ленточно-дисковым высевательным аппаратом определяли из расчета урожайности семян и зеленой массы мальвы.

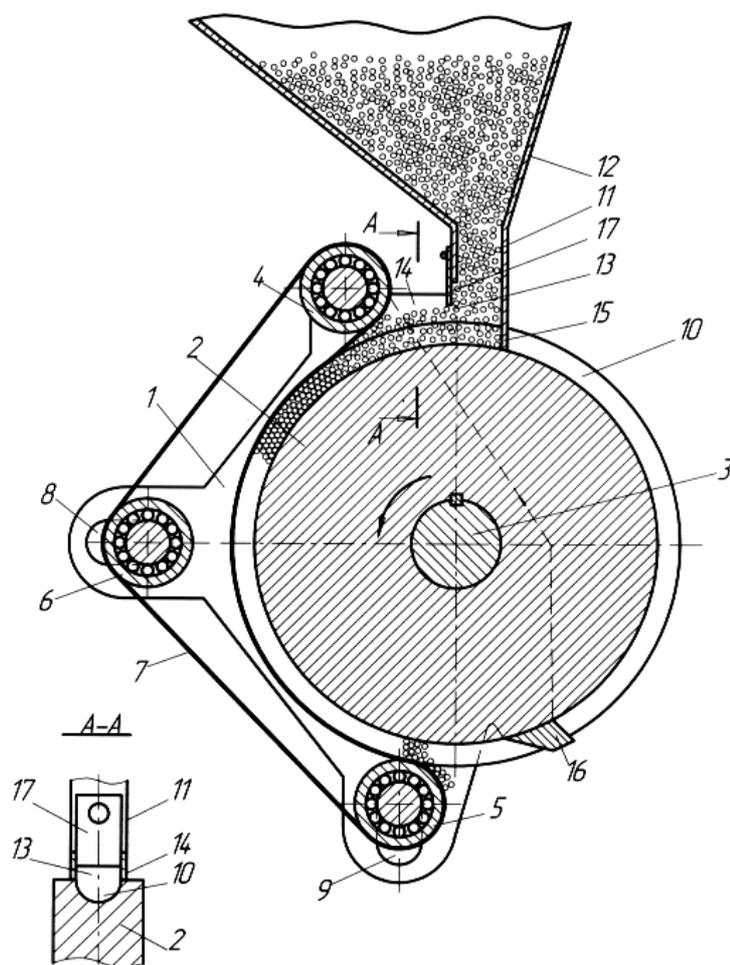


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема высевяющего аппарата:  
 1 – корпус высевяющего аппарата; 2 – высевяющий диск; 3 – вал; 4 – подающий ролик; 5 – ведущий ролик;  
 6 – натяжной ролик; 7 – эластичная лента; 8,9 – регулировочные отверстия; 10 – кольцевая проточка;  
 11 – семяпровод; 12 – бункер; 13 – высевное окно; 14 – щитки; 15 – эластичная стенка;  
 16 – чистик застрявших семян; 17 – регулировочная заслонка

Годовой экономический эффект от эксплуатации экспериментального агрегата определяется следующим выражением:

$$\mathcal{E}_z = W_z (\mathcal{E}_{zc} \pm \Pi_z), \quad (1)$$

где  $W_z$  – годовая наработка машины, га/год;

$\Pi_z$  – разница приведенных затрат по новой и базовой машине на единицу выработки, руб/га;

$\mathcal{E}_{zc}$  – экономический эффект за счет повышения количества продукции или экономии посевного материала, руб/га.

Приведенные затраты на единицу выработки:

$$\Pi_{Б,Н} = T + K_{y\partial} \cdot E_H, \quad (2)$$

где  $E_H$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, для посевных машин принимают  $E_H = 0,15$ ;

$T$  – прямые эксплуатационные затраты на единицу выработки, руб/га;

$K_{y\partial}$  – удельные капитальные вложения на единицу выработки, руб/га.

Прямые эксплуатационные затраты на единицу выработки:

$$T = Z_{\text{III}} + Z_T + Z_A + Z_{XP} + Z_{TO} + Z_{ABT} + Z_{CTP}, \quad (3)$$

где  $Z_{\text{III}}$  – оплата труда с учётом отчислений на социальные нужды, руб/га;

$Z_T$  – затраты на топливо и смазочные материалы, руб/га;

$Z_A$  – амортизационные отчисления на полное восстановление основных средств, руб/га;

$Z_{XP}$  – затраты на хранение, руб/га;

$Z_{TO}$  – затраты на техническое обслуживание и ремонт машин, руб/га;

$Z_{ABT}$  – затраты на автоперевозки, руб/га;

$Z_{CTP}$  – затраты на страхование, руб/га.

Срок окупаемости экспериментального агрегата составит:

$$C_0 = \frac{K_B}{\Theta_T}, \quad (4)$$

где  $K_B$  – дополнительные капитальные вложения, руб.

Таблица 1

Эксплуатационные затраты на посеве мальвы "Волжская"

Статьи затрат	Обозначение	Базовая сеялка СН-16	Экспериментальная сеялка
Амортизационные отчисления, руб/га	$Z_A$	2413,9	2510,8
Техническое обслуживание и ремонт, руб/га	$Z_{TO}$	985,4	1025,8
Хранение, руб/га	$Z_{XP}$	218,1	235,8
Топливо и энергия – всего, руб/га	$Z_T$	73,6	73,6
В том числе:			
Дизельное топливо, руб/га	$Z_{DT}$	64,1	64,1
Оплата труда – всего, руб/га	$Z_{ПП}$	114,4	114,4
В том числе:			
Заработная плата, руб/га	$Z_{П}$	31,3	31,3
Отчисления на социальные нужды, руб/га	$Z_{OT}$	83,1	83,1
Страховые платежи, руб/га	$Z_{СТP}$	49,6	53,6
Услуги по использованию автотранспорта, руб/га.	$Z_{ABT}$	–	–
Итого	$T$	3854,9	4014,1

Таблица 2

Технико-экономические показатели эффективности использования посевных машин

Наименование показателя	Единица измерения	Базовая сеялка СН-16	Экспериментальная сеялка
Производительность	га/ч	0,98	0,98
Балансовая цена	руб	145700	157580
Удельные капитальные вложения	руб/га	9911,6	10719,7
Приведенные затраты на единицу выработки	руб/га	5341,6	5622,1
Эксплуатационные затраты	руб/га	3854,9	4014,1
Годовой экономический эффект	руб.	-	57911,6
Срок окупаемости агрегата	год	-	0,21

Дополнительные капитальные вложения определяются по формуле:

$$K_B = B_B - B_H, \quad (5)$$

где  $B_H$  – балансовая стоимость экспериментального агрегата, руб;

$B_B$  – балансовая стоимость базовой сеялки, руб.

В результате выполненных технико-экономических расчетов использования посевных машин можно сделать следующие выводы.

1) Применение экспериментальной сеялки на посеве делянок сортоиспытания и предварительного размножения, улучшает равномерность высева, тем самым, позволяя создать более благоприятные условия для роста и развития растений, что в конечном итоге приводит к повышению урожайности сельскохозяйственных культур. Экономический эффект от повышения количества продукции составил 4220 руб./га.

2) Применение на посеве делянок сортоиспытания и предварительного размножения сеялки с ленточно-дисковым высевающим аппаратом непрерывного действия снижает затраты труда на 3,95%.

3) За счет повышения урожайности на сопоставимые объемы работ годовой экономический эффект от внедрения экспериментальной сеялки составил 57911,6 рублей (в ценах февраль 2007 г.).

#### Библиографический список

1. Косачев, Г.Г. Экономическая оценка новой техники / Г.Г. Косачев, Е.М. Самойленко // Техника в сельском хозяйстве. – 1987. – № 2. – С. 51-55.
2. Шатуновский, Г.М. Технологичность конструкций и экономическая эффективность сельскохозяйственных машин. – М. : Машгиз, 1962. – 443 с.
3. Единые нормы выработки и расхода топлива на тракторно-транспортные и погрузочные работы в сельском хозяйстве. – М. : Колос, 1980. – 86 с.
4. Нормативно-справочный материал для экономической оценки сельскохозяйственной техники. – В 2 ч. Ч. 1. – М. : АгроНИИТЭИИТО, 1988. – 200 с.
5. Нормативно-справочный материал для экономической оценки сельскохозяйственной техники. – В 2 ч. Ч. 2. – М. : АгроНИИТЭИИТО, 1988. – 127 с.
6. Васильев, С.А. Повышение эффективности работы селекционной сеялки с ленточно-дисковым высевающим аппаратом : дисс. ... канд. техн. наук : 05.20.01 : защищена 04.07.06 : утв. 13.10.06. – Саратов, 2006. – 153 с.

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

УДК 620.179:621.892.3

## НАНОТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА МАШИН

**Ленивцев Геннадий Александрович**, к.т.н., проф. кафедры «Тракторы и автомобили» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446442, Самарская обл., г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, д. 8, кв. 25.

Тел.: 8-927-654-55-55.

**Володько Олег Станиславович**, к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Тракторы и автомобили» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446442, Самарская обл., г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, д.12<sup>Б</sup>, кв. 25.

Тел.: 8-927-009-83-12.

**Ленивцев Александр Геннадьевич**, к.т.н., доцент кафедры «Механизация, автоматизация и электроснабжение строительства» Самарский государственный архитектурно-строительный университет.

446442, Самарская обл., г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, д.8, кв. 25.

Тел.: 8-927-600-20-00.

**Ключевые слова:** нанотехнология, нанотрибология, жизненный цикл машины, ресурс, критерий, избирательный перенос, трение, смазывание, изнашивание.

*Рассмотрены особенности формирования поверхностей трения нанотехнологическими методами. Предложена структурная схема обеспечения технологического ресурса в процессе создания машины и обоснованы критерии регламентированного и программируемого ресурсов. Обоснованы методы их реализации.*

Перспективы повышения ресурса машин в инженерном аспекте связаны в первую очередь с четким пониманием важности трения в работе механизмов и необходимости его всестороннего учета при разработке и проектировании рабочих поверхностей деталей. Неразрывными с процессом трения являются процессы смазывания и изнашивания поверхностей трения.

Начало и первая половина XX века характеризовались бурным ростом промышленного производства транспортных машин, когда практическое решение взаимодействия контактирующих поверхностей сводилось в основном к определению значений коэффициента трения для конкретных ситуаций, постепенным теоретическим анализом базы экспериментальных данных и формированием науки «Трибология», включающей имеющиеся ранее учения о трении. Термин «трибология», означающий «наука и технология взаимодействия поверхностей, находящихся в относительном движении, а также связанные с этим явления и их практические следствия», был введен в 1966 году [1].

Вторая половина XX века отмечена появлением новых конструкционных материалов, развитием технологии поверхностного упрочнения, прогрессом в микроэлектронике и созданием микро- и нанотехнологий, что явилось основой нового научного направления – «нанотрибология», впервые упомянутое в публикациях корпорации IBM в 1990 году. Начало нового столетия характеризуется быстрой

динамикой ежегодного роста количества научных публикаций в данном направлении, где рассматриваются процессы в микро- и наномасштабах, когда в контакте взаимодействуют очень малые объемы сопряженных поверхностей и доля деформационных процессов незначительна.

Можно сказать, что нанотрибология – это трибология объектов нанометрического масштаба, включая молекулярно гладкие поверхности. Это требует изучения трибологических процессов при единичных контактах, взаимосвязи параметров трения, смазывания и изнашивания твердых тел на атомарном и молекулярном уровне, а также создание новых материалов, технологии их направленного модифицирования и управления структурой поверхностных слоев деталей на наноуровне. Решение данных задач открывает перспективы создания машин с безызносным режимом работы узлов трения и программируемым ресурсом машины в целом.

*Цель* данной работы и ее основные задачи заключаются в анализе особенностей формирования поверхностей трения на наноуровне, разработке структурной схемы процесса создания перспективных машин и обосновании *методики* разработки необходимых нанотехнологий на разных этапах жизненного цикла машины с учетом определяющих критериев.

Жизненный цикл транспортных и энергетических машин включает, как правило, следующие основные стадии и этапы: создание (научно-технический поиск, проектирование, изготовление образцов, испытание, доводка конструкции), производство (постановку модели машины на производство, установившееся производство и снятие с производства), обращение (упаковка, хранение, транспортирование) и эксплуатацию машины (ввод в эксплуатацию, использование по назначению, техническое обслуживание, ремонт, модернизация, хранение, снятие с эксплуатации и утилизация). Вполне очевидно, что в условиях интенсивного импульса развития нанотехнологий с первых лет XXI века создание машин с программируемым эксплуатационным ресурсом должно быть основано на всеобъемлющем банке данных нанотрибологических исследований с использованием компьютерных информационных технологий [2].

В настоящее время все более широкое распространение в мире получает анализ технического изделия (машина, механизм и т.п.) в рамках полного жизненного цикла. Так, в мировом и отечественном тракторостроении используются компьютерные технологии (САПР), автоматические системы управления технологическим процессом (АСУ ТП), автоматические системы управления предприятиями (АСУП), CALS-технологии и т.п., в основу функционирования которых положено единообразное представление информации о конструкции изделий, их характеристиках, технологической оснастке, технологий производства, обслуживания, ремонта и утилизации. Данные системы являются этапом использования компьютерных технологий, когда интегральные автоматизированные системы управления технологическими процессами (ИАСУ ТП), предприятиями, проектными работами, а также системы передачи данных на основе телекоммуникаций объединяются в единую информационную базу для всех этапов жизненного цикла машины.

Столь широкая информационная база в сочетании с результатами нанотрибологических исследований позволит изменить в принципе процесс создания перспективных машин (рис. 1) путем обеспечения безызносных режимов работы при программируемом техническом ресурсе. Однако это требует на этапе перехода от «классической трибологии» к «нанотрибологии» дальнейшего развития исследований по следующим вопросам трения, смазывания и изнашивания:

- уточнение и обоснование микроскопической модели сухого трения поверхностей фрикционной пары на единичном микроконтакте (модельное представление о характере адгезионного взаимодействия);
- расширение банка данных на основе знаний о тонкой структуре поверхностных слоев материала, формирующейся при трении;
- микромеханика разрушения твердых тел при контактных взаимодействиях, накопления и развития микроповреждений, связь особенностей дефектной структуры на микроуровне и формированием микроповреждений мезоскопического уровня (микротрещины и т.п.);
- разработка моделей развития диссипативных структур в поверхностных слоях материалов при их трении и изнашивании;
- развитие теории трения при контакте со смазкой на различных моделях смазочного действия и пригодных для описания процессов трения на nano- и мезоскопическом структурных уровнях.

Современное направление развития нанотехнологий в машиностроении предполагает необходимость управления трибологическими процессами в микро- и наномасштабах, включая «молекулярно гладкие поверхности» [1], и направленного модифицирования структуры поверхностных слоев деталей на наноуровне. Практически важное значение приобретает оценка составляющих основного трибологического закона ( $F$  – сила трения,  $f_{\text{тр}}$  – коэффициент трения) [3, 4]:

$$\begin{cases} F = F_a + F_k, \\ f_{тр} = f_a + f_k, \end{cases} \quad (1)$$

где  $F_a, f_a$  – молекулярные (адгезионные) составляющие;  
 $F_k, f_k$  – деформационные (когезонные) составляющие.

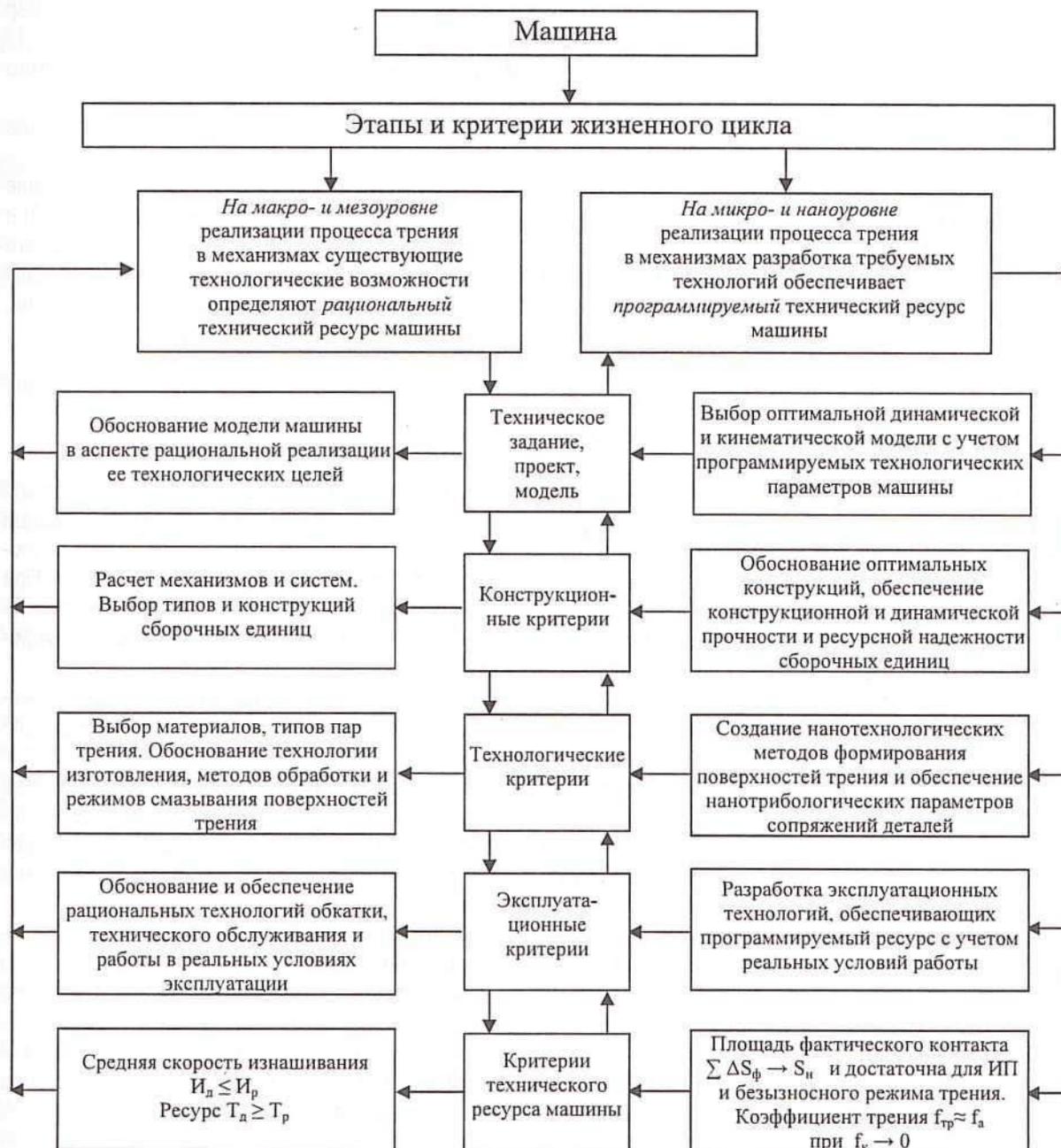


Рис. 1. Схема обеспечения технического ресурса в процессе создания машины

Указанные особенности анализа процесса трения характеризуют основные критерии обеспечения технического ресурса на разных этапах жизненного цикла машины (рис. 1).

В первом случае, при реализации процесса трения на макро- и мезоуровне, на всех этапах жизненного цикла обосновываются критерии, обеспечивающие рациональный технический ресурс машины с учетом современного уровня техники и технологий. Критериями технического ресурса в данном случае выступают условия:

$$I_a \leq I_p; T_a \geq T_p, \quad (2)$$

где  $I_a, I_p$  – действительная и регламентированная средние скорости изнашивания ресурсопределяющих сопряжений;

$T_a$  и  $T_p$  – действительный и регламентированный ресурсы машины.

Данные условия в настоящее время, как правило, реализуются:

- на этапе проектирования путем обоснования модели машины с точки зрения рациональной реализации ее технологических целей;
- на этапе конструирования расчетом и обоснованием кинематических и динамических схем, выбором рациональных типов и конструкций сборочных единиц машины;
- на этапе изготовления обоснованием технологии изготовления и материала деталей, выбор типа пар трения, методов обработки и смазывания поверхностей трения;
- на этапе использования обоснованием и обеспечением рациональных технологий обкатки, технического обслуживания и эксплуатации машины в реальных условиях работы.

Вполне очевидно, что по мере совершенствования технологий на всех этапах жизненного цикла повышался и повышается как ресурс машин, так и их технический уровень в целом.

Во втором случае, при реализации процесса трения на микро- и наноуровне на перспективном уровне создания машин, преобладающим критерием становится создание условий избирательного переноса (ИП) и безызносных режимов трения [5], обеспечивающих программируемый ресурс, как параметр общего технического уровня перспективной машины. С этой целью определяющим является оценка площади фактического контакта и коэффициента трения поверхностей ресурсопределяющих сопряжений, обеспечивающих ИП и безызносные режимы работы:

$$\begin{cases} \sum \Delta S_{\phi} \rightarrow S_n; \\ f_{\text{тр}} \approx f_a \text{ при } f_k \rightarrow 0, \end{cases} \quad (3)$$

где  $\sum \Delta S_{\phi}$  – суммарная площадь фактического контакта поверхностей трения;

$S_n$  – номинальная площадь контакта.

Следовательно, в данном случае процесс создания перспективной машины должен определяться программируемым ресурсом (в общем комплексе показателей технического уровня) и последующей разработкой технологий его реализации на всех этапах жизненного цикла на основе банка нанотрибологических данных от исходных параметров поверхностей трения до сборочных единиц и машины в целом. При этом, базируясь на данных технического задания, на наш взгляд, рационально адаптировать технологии конструирования, изготовления, обслуживания, использования и нанотехнологические методы формирования поверхностей трения в следующей последовательности:

- на уровне эксплуатационных критериев необходима разработка технологий использования, обеспечивающих программируемый ресурс машины при безызносных режимах работы в условиях реальной эксплуатации;
- уровень технологических критериев характеризуется созданием нанотехнологических методов формирования поверхностей трения и обеспечением нанотрибологических параметров сопряжений деталей;
- на уровне конструктивных критериев с учетом эксплуатационных и технологических критериев определяющими являются выбор и обоснование оптимальных конструкций сборочных единиц, обеспечение их конструкционной и динамической прочности и ресурсной надежности;
- на уровне проектирования и моделирования машины первостепенная роль должна отводиться ИАСУ ТП, информационный банк данных которой по основным направлениям нанотрибологии и нанотехнологии позволит выбрать рациональные технические и технологические решения с учетом всех этапов жизненного цикла машины с оптимальным программируемым режимом.

*Заключение.* Технический прогресс в мире в настоящее время характеризуется формированием и бурным развитием нанотехнологий, что инициирует постепенный переход при создании машин и механизмов от их регламентированного ресурса с учетом допустимой скорости изнашивания деталей при существующих технологических методах обработки поверхностей трения к программируемому ресурсу на основе разработки нанотехнологических методов формирования поверхностей трения, обеспечивающих избирательный перенос и безызносные режимы работы машин.

В связи с этим важной и первостепенной ролью нанотрибологии является всесторонний анализ на атомарно-молекулярном уровне процессов трения, смазывания и изнашивания с созданием банка единой научно-экспериментальной информации, обеспечивающей выбор рациональных параметров трения, разработку нанотехнологических процессов формирования рабочих поверхностей деталей, широкое использование компьютерных технологий и автоматизированных систем управления при создании перспективных машин.

#### Библиографический список

1. Современная трибология: итоги и перспективы / отв. ред. К.В. Фролов. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 480 с.
2. Шарипов, В.М. Конструирование и расчет тракторов. – М.: Машиностроение, 2004. – 592 с.
3. Крагельский, И.В. Трение и износ. – М.: Машиностроение, 1968. – 480 с.

4. Чичинадзе, А.В. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) / А.В. Чичинадзе, Э.М. Берлинер, Э.Д. Браун [и др.]; под общ. ред. А.В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 2003. – 576 с.
5. Гаркунов, Д.Н. Триботехника (износ и безызносность). – М.: Изд-во МСХА, 2001. – 616 с.

УДК 631.372.004

## АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ УРОВНЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАКТОРОВ В УСЛОВИЯХ АПК САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

**Сныткин Александр Сергеевич**, главный специалист Министерства сельского хозяйства и продовольствия Самарской области.

446442, Самарская обл., Большечерниговский р-н, с. Поляков, д. 9, кв. 2.

Тел.: 8-846-72-26-2-19.

**Галенко Иван Юрьевич**, к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Надежность и ремонт машин» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446442, Самарская обл., г. Кинель, п. Усть-Кинельский, ул. Спортивная 12а, кв. 503.

Тел.: 8-927-68-503-76.

**Мясников Борис Николаевич**, к.т.н., проф. кафедры «Надежность и ремонт машин» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446442, Самарская обл., г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Вторая речная 10 к.2.

Тел.: 8(84663) 46-3-46.

**Ключевые слова:** сокращение парка, марки тракторов, МТЗ-80/82 и их модификации, тяговый класс, техническая эксплуатация тракторов, задачи исследования.

*Проведен анализ существующей и перспективной структуры тракторного парка АПК Самарской области. Выявлена наиболее востребованная марка в тяговом классе 1,4 и определены актуальные задачи оптимизации уровня технической эксплуатации.*

В силу известных причин в Самарской области произошло сокращение по сравнению с 1990 г. парка тракторов на 62%, зерноуборочных комбайнов – 70; кормоуборочных комбайнов – 85; почвообрабатывающих и посевных машин – на 65%. В общей структуре машинно-тракторного парка амортизационные сроки эксплуатации отработали (%): тракторов – 85; зерноуборочных комбайнов – 76; кормоуборочных комбайнов – 68. По-прежнему большое количество техники выбывает по списанию. Только в 2003-2008 гг. списание тракторов составило около 3000 единиц, а приобретение – около 1500. Аналогичная ситуация и с выбытием зерно-, кормоуборочной техники и сельскохозяйственного инвентаря.

В связи с этим актуальными являются вопросы технической и технологической модернизации сельского хозяйства. Сельскохозяйственными товаропроизводителями области в 2008 г. приобретено 448 тракторов, 198 зерноуборочных комбайнов, 48 кормоуборочных комбайнов и кормозаготовительных комплексов [1].

*Цель данной работы* – определение перспективной для АПК области марки тракторов и постановка задач исследований, направленных на оптимизацию уровня их технической эксплуатации.

Тракторный парк АПК Самарской области в настоящее время насчитывает свыше десяти различных марок тракторов отечественного и импортного производства. Удельный вес каждой марки тракторов в общей структуре представлен в таблице 1.

В структуре тракторного парка третью часть занимают тракторы МТЗ-80/82 и их модификации (табл. 1).

В рамках выполнения программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия Самарской области на 2008-2012 гг. по технической и технологической модернизации сельского хозяйства приобретение тракторов МТЗ-80/82 в 2008 г. составило 34% от общего числа приобретенных тракторов.

Благодаря своей универсальности эти тракторы получили широкое распространение и прочно заняли нишу в тяговом классе 1,4, которому принадлежат основное семейство тракторов Минского завода. Машины этого класса тяги используются как в личных подсобных хозяйствах, так и в крупных агрохолдингах и машинно-технологических станциях. На базе тракторов МТЗ смонтировано большое количество специальных машин для коммунально-строительной отрасли, лесного хозяйства, хлопко- и рисоводческой отраслей [2]. В настоящее время альтернативы трактору МТЗ-82.1 не существует. Ближайшие аналоги типа ЮМЗ-6Л, ЛТЗ-60 не пользуются существенным спросом и их удельный вес в структуре тракторного парка не более 6%, в то время как спрос на тракторы класса 1,4 марки МТЗ стабилен и имеет тенденцию к росту.

Структура существующего парка тракторов Самарской области в 2008 г.

Марка	Наличие, шт.	Удельный вес, %
МТЗ-80/82 (и их мод.)	3188	33
ДТ-75	1284	13
Т-4А	1167	12
К 700А (701, 744 и их мод.)	971	10
ХТЗ-150К	798	8
ЮМЗ	518	5
МТЗ-1221, 1523	308	3
ХТЗ-150	168	2
Т-40	163	2
Прочие отечественные и стран ближнего зарубежья	1053	11
Джон Дир	97	1
Нью Холанд	17	0,2
Кейс	23	0,2
Массейн Фергюссон	8	0,1
Бюллер	8	0,1
Прочие импортные	12	0,1
<b>Всего</b>	<b>9783</b>	<b>100</b>

Таким образом, в ближайшей перспективе вопросы оптимизации уровня технической эксплуатации тракторов МТЗ-80/82 и их современных модификаций будут актуальны. Для их решения необходимы комплексные исследования факторов технической эксплуатации и их влияния на работоспособность тракторов данной марки.

Анализ позволяет определить основные задачи исследований:

- 1) выявить наиболее характерные отказы, установить значения показателей безотказности тракторов МТЗ-80/82 и их модификаций с учетом года их выпуска и срока эксплуатации;
- 2) исследовать влияние факторов уровня технической эксплуатации на безотказность тракторов;
- 3) обосновать пути повышения уровня технической эксплуатации;
- 4) разработать методику оптимизации уровня технической эксплуатации и мероприятия по его повышению, определить расчетный экономический эффект от внедрения разработок.

*Заключение.* Проведенный анализ структуры тракторного парка АПК Самарской области свидетельствует о целесообразности всесторонних исследований уровня технической эксплуатации тракторов МТЗ-80/82 и их модификаций. Проведение данных исследований позволит разработать научно-обоснованные перспективные мероприятия по обеспечению эксплуатационной надежности востребованной в Самарской области марки тракторов. Это позволит повысить эффективность использования и сократить затраты на их содержание.

#### Библиографический список

1. Наличие тракторов, сельскохозяйственных машин и электрических мощностей в сельском хозяйстве Самарской области на 1 января 2009 года // Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Самарской области. – Самара, 2009.
2. // Сельский Механизатор. – 2008. – №2. – С. 2-4.

## ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРНО-ЛОГИЧЕСКОЙ ВЗАИМОСВЯЗИ ПАРАМЕТРОВ ТРИБОСИСТЕМЫ ТРАКТОРНОЙ ХОДОВОЙ ЧАСТИ

**Бухвалов Артем Сергеевич**, аспирант кафедры «Тракторы и автомобили» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446442, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. 1-я Парковая, д. 5.

Тел.: 8-846-63-46-660.

**Ленивцев Геннадий Александрович**, к.т.н., проф. кафедры «Тракторы и автомобили» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446442, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, д. 8, кв. 25.

Тел.: 8-927-654-55-55.

**Ключевые слова:** ходовая часть, смазочная композиция, ресурс, трение, трибосистема, рапсовое масло.

*В данной статье рассмотрены пути повышения ресурса ходовой части трактора за счет применения растительных масел. Рассмотрены параметры трибологической системы, влияющие на состав смазочных композиций.*

Ходовая часть сельскохозяйственных тракторов работает в тяжелых условиях, которые характеризуются переменными нагрузочно-скоростными и температурными режимами, высокими контактными напряжениями на рабочих поверхностях, высокой запыленностью окружающей среды и др. Надежность и долговечность агрегатов ходовой части сельскохозяйственных тракторов во многом определяется качеством работающего масла и своевременным проведением операций технического обслуживания.

Неудовлетворительное качество трансмиссионного масла нередко вызывает аварийный выход трансмиссии и подшипников ходовой части из строя. Вредное действие масла обычно накапливается и проявляется в повышенном износе деталей трансмиссии, что в конечном итоге приводит к ухудшению эксплуатационных показателей трактора, повышению расходов на техническое обслуживание и к преждевременному ремонту. Большая часть этих неполадок, вызванных низким качеством масла, суммируется с другими эксплуатационными причинами (особо тяжелыми условиями эксплуатации, неудовлетворительным качеством ухода или ремонта трансмиссии, несоблюдением правил технической эксплуатации, низкой квалификацией тракториста) и поэтому с трудом выявляется [1].

Однако результаты специальных исследований показали, что главной причиной ухудшения смазочных свойств трансмиссионного масла является загрязнение абразивными примесями. Загрязнение трансмиссионного масла может происходить не только в процессе эксплуатации трактора непосредственно, но и при хранении, транспортировании и заливке масла в трансмиссию и ходовую часть трактора. Масло может загрязниться также посторонними частицами, попадающими в корпус трансмиссии или ходовой части при проведении сборочных и ремонтных работ. В тоже время утечки минерального трансмиссионного масла экологически загрязняют атмосферу и почву. Возрастание угрозы глобального экологического кризиса требует принципиально нового подхода к предотвращению загрязнения окружающей среды. Минеральный смазочный материал, как свежий, так и отработанный, является одним из основных источников загрязнения. Альтернативой в этом случае могут служить масла растительного происхождения, обладающие высокой биоразлагаемостью и низкой токсичностью. Важным аргументом в пользу применения растительных масел является также ограниченность ресурсов нефти. Существенную роль, в данном случае, играет возобновляемость сырья [2]. С современной точки зрения в качестве основы для компонента смазочного материала оптимальным вариантом по доступности, стабильности и физико-химическим характеристикам является рапсовое масло.

Целью данного научного исследования является разработка рационального состава и обоснование режимов использования минерально-растительных смазочных композиций, обеспечивающих повышение долговечности ресурсопределяющих элементов тракторной ходовой части.

Основные элементы и задачи исследования представлены на структурной схеме (рис. 1), характеризующей взаимосвязь теоретического анализа с результатами экспериментальной оценки режимов смазывания тракторной ходовой части.

Цель: разработать рациональный состав и обосновать режимы использования минерально-растительных смазочных композиций, обеспечивающих повышение долговечности ресурсопределяющих элементов тракторной ходовой части

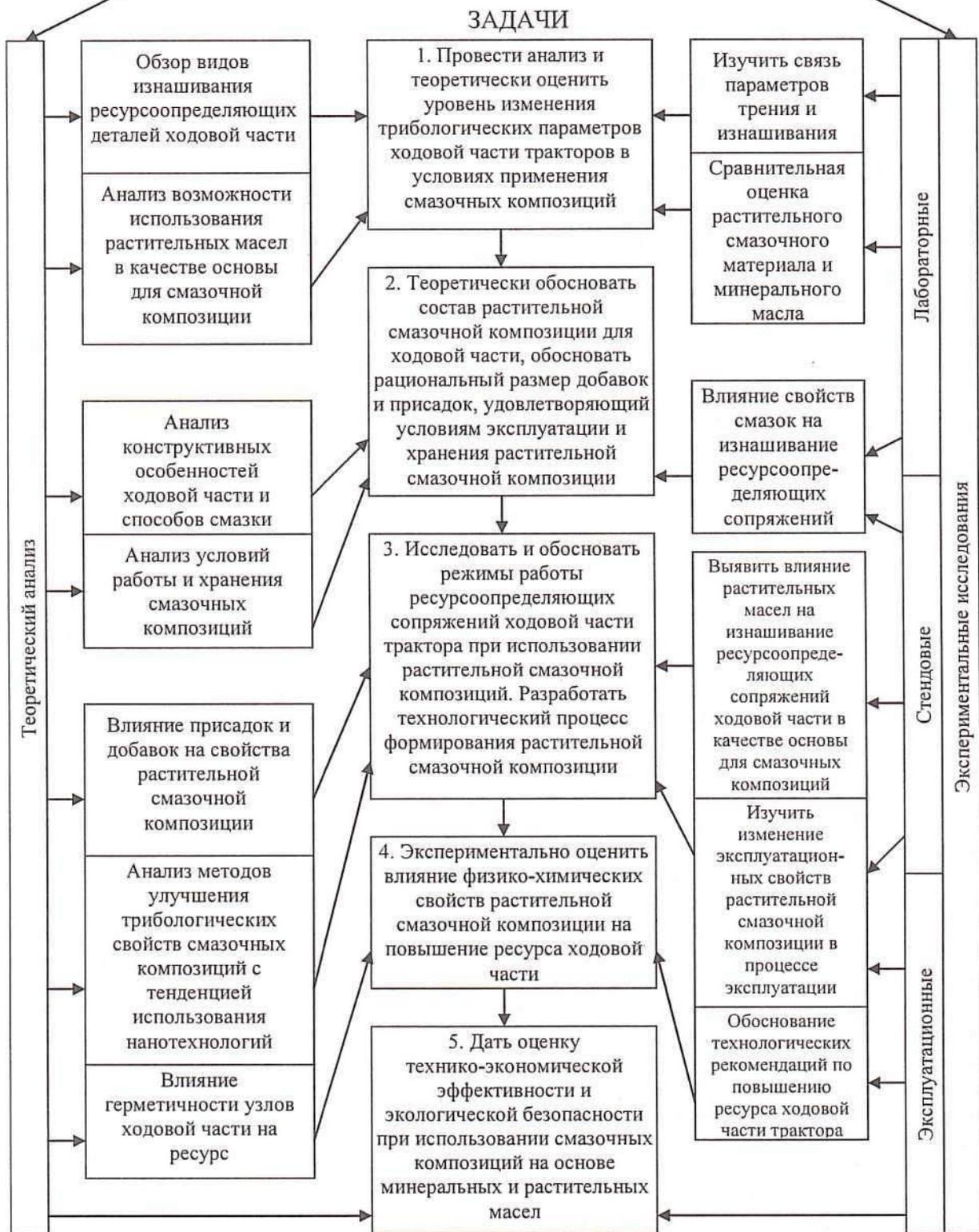


Рис. 1. Структурная схема исследования повышения ресурса тракторной ходовой части путем обоснования состава и режимов использования минерально-растительных смазочных композиций

Рабочая гипотеза исследования основана на снижении скорости изнашивания ресурсопределяющих сопряжений ходовой части путем применения консистентной смазочной композиции на основе смеси минерального и растительного масел с мелкодисперсным порошком графита.

При использовании рапсового масла в качестве смазочных материалов для сельскохозяйственной техники необходимо решить ряд задач для подготовки растительного масла и формирования необходимых трибологических свойств, так как растительный смазочный материал не должен нарушать функционирования ресурсопределяющих сопряжений трибосистем. Рапсовое масло в чистом виде характеризуется нестабильностью по вязкости и кислотному числу [3], что требует добавления в масло специальных присадок. В.В. Ефимов предложил оценивать растительное масло по коэффициенту стабильности

$$K_c = K_v \cdot K_k, \quad (1)$$

где  $K_v$  – стабильность по вязкости;

$K_k$  – стабильность по кислотному числу.

$$K_v = (v_p - v_c) / v_c, \quad (2)$$

$$K_k = (N_p - N_c) / N_c, \quad (3)$$

где  $v_p, v_c$  – вязкость работавшего и свежего масел;

$N_p, N_c$  – кислотное число работавшего и свежего масел.

Эксплуатационное качество растительного масла выражается следующей формулой:

$$K_{st} = \frac{\gamma_a}{K_c + \frac{a - I_{np}}{b}}, \quad (4)$$

где  $a$  и  $b$  – коэффициенты пропорциональности;

$\gamma_a$  – концентрация абразива в масле;

$I_{np}$  – предельная скорость изнашивания.

Для оптимизации трибологической системы ходовой части [3] необходимо провести анализ схемы, представленной на рисунке 2. Схема трибосистемы ходовой части включает входные параметры (нагрузочно-скоростной режим работы сопряжения –  $F$  и  $V$ , температурный режим работы –  $T$  и емкость смазочной системы –  $V_m$ ) и выходные параметры (скорость изнашивания –  $U$ , коэффициент трения –  $f$  и минимальную толщину смазочного слоя –  $hm$ ). Целью оптимизации является обеспечение необходимой долговечности ресурсопределяющих сопряжений путем снижения скорости изнашивания  $U$  и коэффициента трения  $f$ .

Проведенные исследования смазочных свойств рапсового масла [4] показали необходимость изменения вязкостно-температурной характеристики рапсового масла, повышения его стабильности к окислению и противоизносных свойств. В связи с этим в схему трибосистемы с учетом использования растительной смазочной композиции на основе рапсового масла включены управляющие параметры:

КСК – качество смазочной композиции (комплекс физико-химических свойств, которые обеспечиваются подготовкой рапсового масла, внешними воздействиями, условиями хранения и т. д.);

ССК – состав смазочной композиции (должен обеспечивать достаточные триботехнические свойства за счет введения стеариновой кислоты и добавок, легирования присадками);

УГ – уровень герметичности механизма (должен ограничивать доступ воздуха и посторонних примесей во внутренние полости).

На выходные параметры, по которым можно судить о трибологических свойствах растительной смазочной композиции, оказывают влияние режимы ее работы. Поэтому для увеличения работоспособности смазочной композиции необходимо улучшить показатели качества растительного смазочного материала, его состава и повысить герметичность узлов ходовой части. Улучшение вязкостных, противоизносных и противозадирных свойств растительной смазочной композиции обеспечивается ее легированием присадками, которые часто используют в минеральных маслах. Для увеличения антиокислительных свойств рапсового масла необходимо увеличение концентрации предельных кислот путем введения стеариновой кислоты. Улучшение вязкостно-температурной характеристики можно достичь введением вязкостных добавок: графит и Литол-24. Также рассматривается возможность применения консистентной растительной смазочной композиции, так как пластичные смазки имеют более стабильную вязкостно-температурную характеристику, чем традиционное трансмиссионное масло. Проведенные круглогодичные испытания [5] показали, что опорные катки, заправленные смазкой Литол-24, имели меньший момент проворачивания, особенно при отрицательных температурах. Это позволит снизить энергетические затраты и повысить работоспособность подшипниковых сборочных единиц и гусеничного движителя в целом. Испытания противозадирных свойств растительной смазочной композиции проводятся на четырехшариковой машине трения. Время испытания используется как мера оценки противоизносной способности масла. Одновременно

измеряется средний диаметр пятна износа, образовавшегося на каждом из 3 закрепленных шаров, как показатель скорости изнашивания сопряжения.

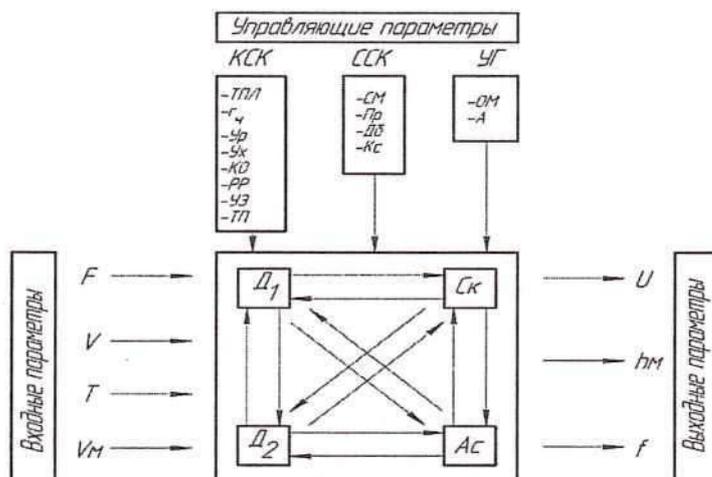


Рис. 2. Схема трибологической системы ресурсопределяющего сопряжения ходовой части трактора при использовании растительной смазочной композиции:

$F$  – нагрузка в сопряжении;  $V$  – скорость относительного перемещения деталей;

$T$  – температурный режим работы;  $VM$  – емкость смазочной системы;

$D_1$  и  $D_2$  – сопряженные детали;  $СК$  – смазочная композиция;  $АС$  – агрессивность окружающей среды;  $U$  – скорость изнашивания;  $hm$  – минимальная толщина смазочного слоя;  $f$  – коэффициент трения;  $KCK$  – качество смазочной композиции;  $CCK$  – состав смазочного материала;  $УГ$  – уровень герметичности сборочной единицы механизма;

$ТПЛ$  – технологический процесс легирования присадками;  $r_4$  – рациональный радиус частиц добавки;

$Ур$  – условия работы смазочной композиции;  $Ух$  – условия хранения смазочной композиции;

$КО$  – конструктивные особенности;  $РР$  – режимы работы;  $УЗ$  – ультразвуковое излучение;

$ТП$  – технологическая подготовка растительного масла;

$СМ$  – свойства растительного масла;  $Пр$  – присадки;  $Дб$  – добавки;

$Кс$  – стеариновая кислота;  $ОМ$  – окисление масла;  $A$  – абразивные частицы

**Заключение.** Для использования растительной смазочной композиции в узлах ходовой части вместо минерального масла при одинаковых режимах работы, необходимо реализовать следующие мероприятия:

- снизить коррозионную агрессивность растительного смазочного материала путем технологической подготовки рапсового масла;
- улучшить триботехнические свойства растительного смазочного материала легированием противоизносными, антиокислительными присадками, добавлением стеариновой кислоты и вязкостных добавок, обработкой ультразвуком;
- снизить влияние внешней среды использованием устройств типа компенсатора герметичности и улучшением лабиринтных уплотнений для снижения воздухообмена с окружающей средой и предотвращения потерь смазочного материала.

#### Библиографический список

1. Матвеев, В.В. Улучшение режимов смазки тракторных трансмиссий. – Куйбышев, 1972. – 100 с.
2. Ефимов, В.В. К вопросу использования рапсового масла в смазочных и гидравлических системах сельскохозяйственной техники // Энергосберегающие технологии механизации сельского хозяйства: сб. науч. тр. СГСХА. – Самара, 1998. – С.101-103.
3. Володько, О.С. Трибологические основы повышения ресурса тракторов и автомобилей: методические рекомендации / О.С. Володько, В.В. Ефимов. – Самара, 2000. – 84 с.
4. Едуков, В.А. Разработка и обоснование технологии альтернативного использования растительных масел в сельскохозяйственной технике: отчет о НИР / Самарская ГСХА; В.Ф. Глазков, Г.А. Ленивец, Г.И. Болдашев [и др.]. – Самара, 2000. – 89 с. – № ГР 01.980001759. – Инв. №02.200105083
5. Савинов, Г.П. Стендовые годовичные испытания средств смазки и пылезащиты подшипников опорных катков трактора Т-4А // Энергосберегающие технологии механизации сельского хозяйства: сб. науч. тр. СГСХА. – Самара, 1998. – С.98-101.

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОЧИСТКИ И УЛУЧШЕНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ТРАКТОРНЫХ ГИДРОСИСТЕМ

**Бажутов Денис Николаевич**, соискатель кафедры «Тракторы и автомобили» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446435, Самарская обл., г. Кинель, ул. Украинская, д. 44, кв. 12.

Тел.: 8-960-808-21-30.

**Ленивцев Геннадий Александрович**, проф. кафедры «Тракторы и автомобили» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446442, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, д. 8, кв. 25.

Тел.: 8-927-654-55-55.

**Ключевые слова:** гидросистема, надежность гидросистем, центробежная очистка, легирование, дозатор присадки, ультрадисперсная присадка.

*В статье рассматриваются факторы, влияющие на надежность тракторных гидросистем. Приведена схема модернизированной гидравлической системы трактора и пояснен принцип ее работы.*

Долговечность гидросистем сельскохозяйственной техники определяется сроком службы ее сборочных единиц. В условиях эксплуатации ресурс гидросистемы в значительной степени характеризуется техническим состоянием наиболее сложных и ответственных агрегатов – гидронасоса, гидрораспределителя, силовых цилиндров [1, 2, 3].

Эксплуатация гидросистем тракторов неизбежно происходит в условиях повышенной запыленности окружающего воздуха. Твердые частицы загрязнения, попадая в зазоры прецизионных соединений, вызывают изнашивание сопрягаемых деталей, а также из-за появления повышенных сил трения заклинивают детали распределительной и регулирующей аппаратуры [4].

Исследованиями В.Е. Черкуна [6] установлено, что при выполнении сельскохозяйственных работ на тракторах с навесными, полунавесными и прицепными гидрофицированными машинами через сапун в бак гидросистемы трактора поступает до 0,3-0,35 м<sup>3</sup>/ч воздуха, в 1 м<sup>3</sup> которого содержится от 0,16 до 160 г пыли (в зависимости от условий работы).

Загрязнение рабочей жидкости абразивом многие исследователи считают наиболее вредным явлением процесса эксплуатации гидросистем сельскохозяйственных тракторов. Г.М. Сорокин [5] отмечает, что «по распространенности и отрицательному воздействию на эффективность и ресурс работы машины изнашивание абразивом – одна из основных причин, сдерживающих технический прогресс».

Недостатком существующих гидросистем является то, что имеющийся фильтр в основном устанавливается на линии слива. Таким образом, не обеспечивается качественная очистка рабочей жидкости от механических примесей и при засорении фильтрующего элемента загрязненное масло, минуя фильтр, сливается в бак, что приводит к повышенному износу ресурсопределяющих поверхностей трения агрегатов и снижению надежности гидросистемы в целом.

Кроме того, введенные в рабочую жидкость антифрикционные и металлоплакирующие присадки при наиболее нагруженных режимах работы гидросистемы быстро срабатываются, либо, взаимодействуя с частицами механических примесей, адсорбируются на них и задерживаются фильтром.

Указанные обстоятельства ставят в качестве *цели* – повышение ресурса тракторных гидросистем и *задачу* разработки и применения в гидросистеме технического решения, позволяющего обеспечить необходимый уровень очистки рабочей жидкости и реализацию процесса автоматического легирования масла ультрадисперсными частицами присадки при работе гидросистемы в наиболее нагруженных режимах.

Предлагаемая гидросистема (рис. 1) содержит гидробак 1, шестеренный насос 2, гидролинию нагнетания 4, защищенную предохранительным клапаном 3, делитель потока масла 5, гидролинию высокого давления 10 с установленным на ней датчиком давления 11, гидрораспределитель 12, имеющий два вывода 13 к силовым цилиндрам и линию слива 14. На линии низкого давления 15 расположен центробежный очиститель 16. Линия слива 17 очищенного масла имеет рабочий отвод 18 с установленным на нем электроискровым устройством 19 автоматического легирования присадкой и электромагнитным клапаном 20, связанным управляющей линией 21 с датчиком давления 11.

Гидравлическая навесная система сельскохозяйственного трактора функционирует следующим образом. В нейтральной позиции золотников распределителя 12 гидронасос 2 находится в режиме нулевой производительности и подает рабочую жидкость под давлением  $P_H = 0,45$  МПа к клапану делителя потока 5,

имеющему пружину 9 и поршень 6, в котором исполнены дроссельное отверстие 7 линии высокого давления 10 и дроссельное отверстие 8 линии низкого давления 15. Проходя через клапан, часть поступающего объема масла через отверстие 7 под давлением  $P_2$  направляется в гидролинию 10 к распределителю 12 и далее на слив в бак 1, другая часть объема масла через отверстие 8 под давлением  $P_1$  поступает в линию низкого давления 15 к центробежному фильтру 16, где происходит очистка масла от механических примесей и воды. При этом  $P_1 = P_2 = 0,45$  МПа. На выходе из фильтра очищенное масло под давлением  $P_{сл}$  направляется в линию слива 17 и далее в бак 1. Причем часть объема масла поступает в рабочий отвод гидролинии 17 и электроискровое устройство 19 автоматического легирования присадкой. При этом электромагнитный клапан 20 закрыт, а устройство 19 выключено. Таким образом, процесс легирования присадкой не осуществляется.

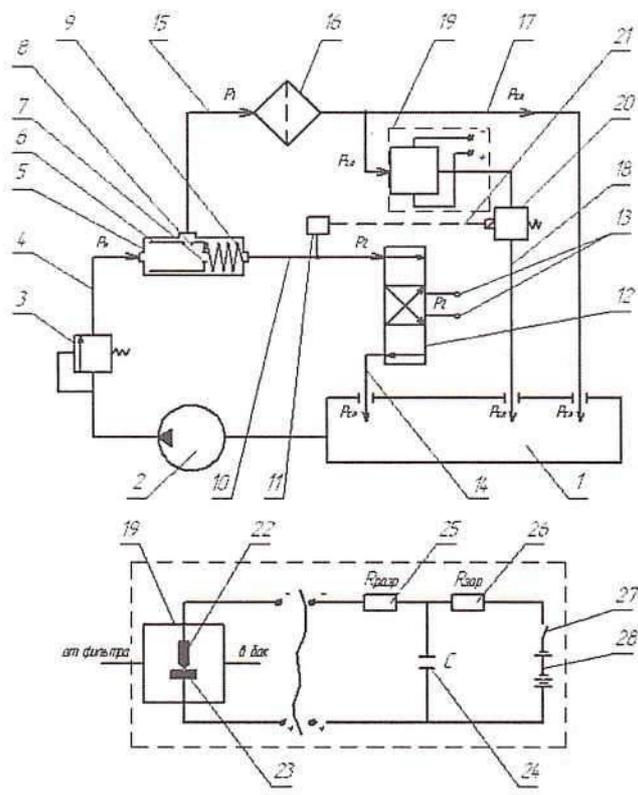


Рис. 1. Модернизированная гидравлическая система навесного оборудования трактора

которая содержит параллельно включенную батарею конденсаторов 24 общей емкостью 130 мкФ, сопротивление заряда конденсаторов 26, сопротивление разряда конденсаторов 25.

Процесс легирования масла присадкой осуществляется следующим образом. В момент, когда напряжение на конденсаторах 24 достигает некоторого пробивного значения, происходит их разряд и между электродами возникает искра. Причем выполняется условие  $R_{разр}C \ll R_{зар}C$ , что приводит к импульсной отдаче энергии батареей конденсаторов и обеспечивает необходимую плотность тока в зоне возникновения искры. Выделяющееся в зазоре между электродами тепло приводит к повышению температуры на противостоящих микроучастках. Так как выделение тепла происходит импульсом, то оно не успевает распространиться в глубину материала электродов и, следовательно, приводит к резкому местному повышению температуры. Вследствие обстоятельств, связанных с заданной полярностью, возникающая температура на микроучастках положительного электрода 23 (порядка 11500 К) в несколько раз выше температуры на противостоящих микроучастках отрицательного электрода 22. При такой температуре графит (медь), из которого (ой) состоит положительный электрод, испаряется, превращаясь в ультрадисперсный порошок, имеющий высокие антифрикционные и модифицирующие свойства, выбрасываемый в проходящее через устройство масло, которое затем, попадая в гидролинию 18, поступает в бак 1. Таким образом, происходит легирование масла модифицированным графитовым порошком (медным порошком) в процессе работы гидравлической системы трактора при наиболее нагруженных режимах.

При возвращении золотника распределителя 12 в нейтральное положение давление в гидролинии 10 падает, электромагнитный клапан 20 закрывается и устройство 19 отключается.

При переводе золотника распределителя 12 в одно из рабочих положений давление  $P_H$  в гидролинии 4 повышается (например, до 10 МПа) и, воздействуя на поршень 6 клапана делителя потока 5, сжимает пружину 9. В результате проходное сечение на входе в линию низкого давления 15 уменьшается, за счет чего поддерживается постоянное давление перед центробежным очистителем 16 равное 0,45 МПа и процесс очистки не прерывается. При этом датчик 11, установленный на гидролинии высокого давления 10 по линии управления 21 подает сигнал на электромагнитный клапан 20, который сообщает рабочий отвод 18 сливной гидролинии 17 с баком 1.

Одновременно с этим в кабине трактора загорается контрольная лампа открытия электромагнитного клапана, что информирует водителя о необходимости включения электроискрового устройства автоматического легирования присадкой. Включение в работу устройства 19 осуществляется нажатием кнопки на панели управления в кабине трактора.

Устройство 19 имеет два графитовых (медных) электрода 22 и 23, соединенных с отрицательным и положительным выводами аккумулятора 28 соответственно через цепь,

*Заключение.* Положительный результат предложенного технического решения заключается в повышении надежности и ресурса основных агрегатов гидравлической навесной системы трактора за счет реализации непрерывного процесса очистки рабочей жидкости центробежным фильтром с одновременным улучшением ее трибологических характеристик введением в необходимой концентрации модифицированного ультрадисперсного порошка графита (меди).

#### Библиографический список

1. Величко, С.А. Восстановление и упрочнение электроискровой наплавкой изношенных отверстий чугунных корпусов гидрораспределителей (на примере корпуса парораспределитель Р-75): автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Саранск, 2000. – 16 с.
2. Ефимов, В.В. Обеспечение эксплуатационной надежности гидросистем сельскохозяйственной техники при альтернативном использовании рапсового масла в качестве рабочей жидкости: дис. ... канд. техн. наук. – Самара, 2000. – 177 с.
3. Ионов, П.А. Выбор оптимальных режимов восстановления изношенных деталей электроискровой наплавкой (на примере золотника гидрораспределителя Р-75): дис. ... канд. техн. наук. – Саранск, 1999. – 198 с.
4. Рылякин, Е.Г. Повышение работоспособности гидросистемы трактора терморегулированием рабочей жидкости: дис. ... канд. техн. наук. – Пенза, 2007. – 150 с.
5. Сорокин, Г.М. Вопросы методологии при исследовании изнашивания абразивом // Трение и износ. – 1988. – №5. – Т. 9. – С. 779-786.
6. Черкун, В.Е. Ремонт тракторных гидравлических систем. – М.: Колос, 1984. – 253 с.

УДК 621.43-73

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ НА ЗАДИРОСТОЙКОСТЬ ОБРАЗЦОВ, ПРИРАБАТЫВАЕМЫХ НА СМАЗОЧНОМ МАСЛЕ С ГЕОМОДИФИКАТОРАМИ ТРЕНИЯ (ГМТ)

**Мясников Борис Николаевич**, к.т.н., проф. кафедры «Надежность и ремонт машин» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446442, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. Речная, д. 10-2.

Тел.: 8-927-715-27-11.

**Пеньковский Сергей Александрович**, аспирант кафедры «Надежность и ремонт машин» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446442, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. Шоссейная, д. 58.

Тел.: 8-963-115-29-98

**Кузнецов Дмитрий Сергеевич**, студент И-4-7 ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446442, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. Овражная, д. 13.

Тел.: 8-908-388-77-63.

**Ключевые слова:** ресурс, качество ремонта, нанотехнологии, ремонтно-восстановительные составы, эффективность, задиростойкость, защитный слой, приработка.

*Рассматривается эффективность препаратов группы геомодификаторов, позволяющих за счёт образования на поверхности трения защитного слоя улучшить контактные свойства трущихся деталей. Приведены результаты исследований.*

На тракторах, грузовых автомобилях и комбайнах эксплуатируется свыше 3 млн. двигателей, на долю которых приходится более 45% отказов. Это связано с низким послеремонтным ресурсом, который в большинстве случаев составляет 40% от ресурса новых двигателей. В связи с этим повышение качества ремонта двигателей является актуальной проблемой. К основным причинам низкой надежности отремонтированной техники относится применение некачественных комплектующих изделий, некачественная сборка и неправильно проведенная обкатка [1].

В настоящее время одним из приоритетных направлений повышения качества ремонта является применение нанотехнологий, например нанопорошков для создания восстановительных смазочных составов, используемых при обкатке и эксплуатации двигателей.

Цель и задачи данной работы включают анализ процесса приработки сопряжений и оценку влияния геомодификаторов трения на начальный износ поверхностей трения и их задиристость.

Методика исследования предусматривала сравнительное испытание образцов на машине трения СМТ-1 при использовании базового масла и с добавками РВС (ремонтно-восстановительные составы). С целью определения качества защитного слоя по РВС-технологии проводились исследования ряда компонентов. Были выбраны наиболее доступные для потребителей геомодификаторы "Форсан" и "Эдиал". Данные препараты получены на основе минералов естественного и искусственного происхождения. По химическому и фазовому составу они представляют собой смесь измельченного и модифицированного силиката магния – серпентина ( $Mg_6Si_4O_{10}$ ).

Ремонтно-восстановительные составы не растворяются в смазочном масле, не вступают с ним в химические реакции, не меняют вязкость. Попадая в зону трения, ультрадисперсные частицы дробятся до наноразмерного масштаба и создают на рабочих поверхностях деталей вторичные структуры.

Для определения эффективности геомодификатора на физико-механические параметры пары трения проводились испытания на машине трения СМТ-1 по схеме «ролик-колодка» в режиме граничного трения [2]. Опыт проводили с 3-х кратной повторностью и продолжительностью 4 ч.

Для оценки задиристости после приработки образцы обезжиривались, смазывались одной каплей масла и испытывались в условиях, близких к сухому трению, имитируя условия возникновения задира. Опыт проводился в режимах, максимально приближенных к реальным условиям работы двигателя. Для этого машина трения в системе ролик-колодка работала при  $600 \text{ мин}^{-1}$  и  $600 \text{ Н}$  нагрузки. В качестве критериев оценки противозадирной стойкости была принята величина и характер изменения момента трения образцов в процессе заедания. Результаты исследований на задиристость представлены на рисунке 2.

Анализ результатов исследований позволяет оценить влияние геомодификаторов трения на процесс приработки сопряжений и задиристость поверхности трения. После сборки нового и отремонтированного двигателя в процессе эксплуатации, он проходит три фазы изнашивания.

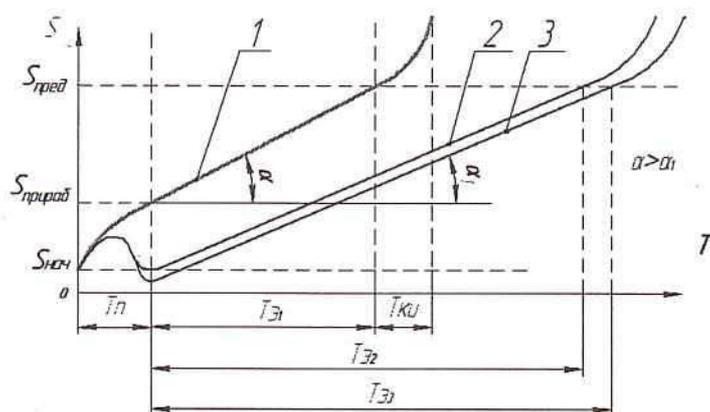


Рис. 1. Кривая изнашивания сопряжения:

- $S_{нач}$  – начальный зазор в сопряжении по нормативно-технической документации;  $S_{мин}$  – минимально допустимый зазор сопряжения;  $S_{прираб}$  – начальный зазор приработочного сопряжения;  $S_{пред}$  – предельно допустимый зазор сопряжения;
- $Tп$  – участок, характеризующий процесс приработки сопряжения;  $TЭ$  – период нормальной работы сопряжения;
- $Tку$  – период разрушения сопряжения; 1 – кривая изнашивания при обкатке на чистом базовом масле;
- 2, 3 – кривые изнашивания при обкатке на базовом масле + геомодификатор трения

На рисунке 1 представлена классическая кривая изнашивания ресурсопределяющего сопряжения 1, где на участке обкатки ( $Tп$ ) в результате изнашивания происходит формирование оптимальной шероховатости, сглаживание исходных технологических неточностей и дефектов. В процессе обкатки ( $Tп$ ) контактирующие поверхности трения стремятся к наиболее полному прилеганию, что выражается уменьшением зазора до значения, заложенного в нормативно-технической документации.

Оценка качества обкатки двигателя производится непосредственными методами (физико-механические свойства, микрогеометрия) и косвенными методами (мощность механических потерь, расход топлива, эффективная мощность, и др.). Как только непосредственные и косвенные показатели соответствуют нормативно-технической документации, обкатка считается законченной. С этого момента наступает период нормальной работы двигателя ( $TЭ$ ), когда его эксплуатация протекает при постоянной скорости изнашивания.

За счет равномерного изнашивания, линия кривой имеет прямой участок, который определяет срок службы в период эксплуатации ( $T_э$ ) и характеризуется пределом максимально допустимого зазора ( $S_{пред}$ ) и скоростью изнашивания ( $tga$ ).

Ресурс сопряжения определяется по формуле

$$T_p = T_n + T_э = (S_{пред} - S_{нач}) / tga, \text{ ч}, \quad (1)$$

где  $tga = dS/dt$ , мкм/ч.

При использовании геомодификатора [2] было зафиксировано увеличение прочностных и эксплуатационных показателей по таким критериям, как изменение массы, микротвёрдости и шероховатости. Эти показатели влияют на ресурс двигателя и в эксплуатационный период ( $T_э$ ) увеличивают долговечность сопряжений. Таким образом, применение нанокomпонентов позволяет уменьшить угол  $\alpha$  до значений угол  $\alpha_1$ , что положительно сказывается на срок службы.

Исследованиями на роликовой машине трения СМТ-1 установлено, что за счет геомодификаторов происходит увеличение массы испытуемых образцов, что объясняется образованием защитного слоя на поверхности трения. Таким образом, в период приработки ( $T_n$ ) допускается возможность ресурсосберегающих процессов, при которых наряду с изнашиванием на поверхности трения происходит наращивание защитного слоя. В этом случае кривая износа зависит от того, в какой момент начинает свое действие геомодификатор трения. На рисунке 1 представлено два возможных варианта приработки: кривая 2, которая описывает равновесный процесс, когда идет компенсация изнашивания наращиванием, и кривая 3, где превалирует процесс наращивания, что позволит сопряжениям достичь минимально возможного зазора. В данном случае необходимо учитывать предельно допустимые отклонения зазоров, так как в случае чрезмерного наращивания при достижении предельно допустимых значений может наступить заклинивание.

Одним из показателей качества образуемой после приработки рабочей поверхности является задиристость. Двигатели внутреннего сгорания часто работают в условиях граничного и сухого трения, например при запуске, когда смазочное масло не успевает в достаточном количестве поступить к трущимся поверхностям. В таких условиях на рабочих поверхностях возникают микрозадиры, которые отрицательно влияют на ресурс двигателя [3]. Поэтому испытания на противозадирную стойкость не маловажный показатель эффективности препаратов по качеству образования защитного слоя на рабочей поверхности.

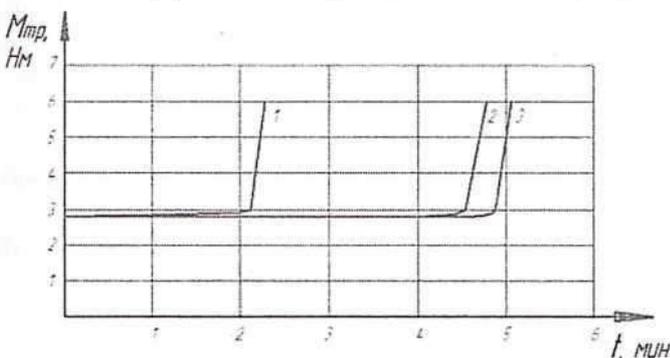


Рис. 2. Результаты на задирустойчивость после приработки:  
1 – базовое масло; 2 – базовое масло + «Форсан»;  
3 – базовое масло + «Эдиал»

Испытания показали, что задиры образцов трения, приработанных на геомодификаторах трения, наступил через 4,5...4,8 мин, а у образцов на базовом масле через 2,2 мин.

**Выводы:**

1) Использование ремонтно-восстановительных составов позволяет получить два варианта результатов приработки:

- идет формирование защитного слоя, позволяющего компенсировать износ, что приводит к сохранению начального зазора ( $S_{нач}$ );
- формирование защитного слоя позволяет сохранить величину начального зазора и может привести к заклиниванию сопряжения;

2) Одним из показателей, характеризующих формирование защитного поверхностного слоя, является задиристость. Полученные результаты показывают, что при применении нанокomпонентов задиристость увеличивается в два с половиной раза по сравнению с испытаниями на базовом масле. Это создает более благоприятные условия для работы сопряжений в начальный период.

#### Библиографический список

1. Черноиванов, В.И. Применение нанотехнологий и наноматериалов в АПК. – М.: ФГНУ «Росинформагротекс», 2008. – 96 с.
2. Митрофанов, А.С. Сравнительный анализ геомодификаторов, используемых в узлах трения / А.С. Митрофанов, С.А. Пеньковский // Известия ФГОУ ВПО Самарской ГСХА. – 2008. – Вып. 3. – С. 136-138.
3. Катков, Д.С. Повышение долговечности ДВС мобильной техники на основе системного анализа пар трения / Д.С. Катков, В.И. Цыпцын // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Вавилова Н.И. – 2008. – Вып. 7. – С. 69-73.

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ФИНИШНОЙ АНТИФРИКЦИОННОЙ БЕЗАБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ (ФАБО) ГИЛЬЗ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ОТДЕЛОЧНО-РАСТОЧНОМ СТАНКЕ

Шарымов Олег Валерьевич, ст. преподаватель кафедры «Надежность и ремонт машин» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446442, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. Транспортная, д. 5, кв. 8.

Тел.: 8-927-76-46-5-75.

Галенко Иван Юрьевич, к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Надежность и ремонт машин» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446442, Самарская обл., г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Спортивная 12а, кв. 503.

Тел.: 8-927-68-503-76.

**Ключевые слова:** финишная антифрикционная безабразивная обработка, устройство, отделочно-расточной станок.

*Предложена оригинальная конструкция устройства для проведения финишной антифрикционной безабразивной обработки гильз двигателей на отделочно-расточном станке. Разработка позволяет реализовать доступный технологический процесс в условиях малых ремонтных предприятий.*

ФАБО заключается в нанесении на поверхности трения антифрикционного материала (медь, латунь, бронза). Известно, что финишная антифрикционная безабразивная обработка гильз цилиндров обеспечивает повышение износостойкости деталей в 1,5-2,0 раза, антифрикционных и противозадирных свойств трущихся поверхностей, сокращение времени приработки. ФАБО гильз цилиндров позволяет повысить ресурс двигателей до 30% [1].

Существующие способы и варианты технологической оснастки для проведения данной операции достаточно трудоемки в изготовлении и, как правило, требуют создания дополнительного рабочего места.

Целью данной работы является разработка конструкции устройства для проведения ФАБО на оборудовании предприятий технического сервиса.

Для реализации доступного технологического процесса в условиях малых ремонтных предприятий на кафедре «Надежность и ремонт машин» разработано и изготовлено устройство для проведения ФАБО гильз двигателей на отделочно-расточном станке.

Предлагаемое устройство (рис. 1) состоит из обоймы 1, удерживающего винта 2, пружины 3, поршня 4 и рабочего элемента 5.

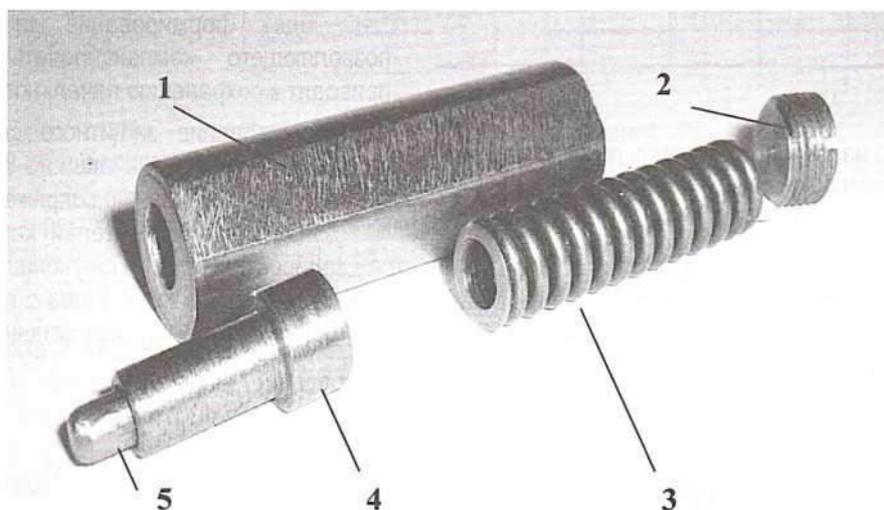


Рис. 1. Сборочные единицы устройства

Пружина создает максимальное усилие при сжатии 300 Н, что позволяет обеспечить рекомендуемое давление при натирании (до 70 МПа [1]), стержнем диаметром до 2 мм. Тарировка пружины произведена на динамометре образцовом ДОСМ – 3– 0,2 в лаборатории технических измерений ФГУ «Поволжская МИС».

Необходимое усилие создается при выдвигении резцовой головки (жесткость пружины 30,5 Н/мм) и контролируется по индикатору станка.

Особенностью данного устройства являются размеры и форма наружной поверхности обоймы, которые позволяют его устанавливать в резцедержатель шпинделя отделочно-расточного станка (рис. 2).

Применение разработанного устройства позволяет проводить фрикционное меднение (латунирование) непосредственно на отделочно-расточном станке. При этом не требуется его специальная настройка и переоборудование. Устройство имеет простую конструкцию и по чертежам, разработанным на кафедре, может быть изготовлено в мастерской предприятия.

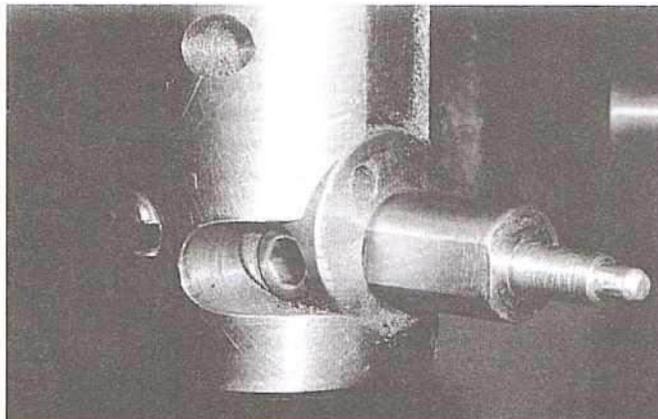


Рис. 2. Устройство в шпинделе отделочно-расточного станка

Данная разработка позволит при минимальных затратах внедрить процессы ФАБО на предприятиях технического сервиса, выполняющих ремонт ЦПГ двигателей.

*Заключение.* Разработанное устройство отвечает поставленной цели, а его испытание показало высокую работоспособность при использовании различных материалов для рабочего элемента, обеспечивающего операции ФАБО поверхностей гильз цилиндров двигателя.

#### Библиографический список

1. Карпенков, В.А. Финишная антифрикционная безабразивная обработка (ФАБО) деталей / В.А. Карпенков, В.В. Стрельцов, И.Л. Приходько [и др.]. – Пушино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1996. – 108 с.

УДК 621.892.3

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАПСОВОГО МАСЛА В КАЧЕСТВЕ КОМПОНЕНТА СМЕСЕВОГО МИНЕРАЛЬНО-РАСТИТЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

**Болдашев Геннадий Иванович**, к.т.н., проф., декан инженерного факультета ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446442, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. Энтузиастов, д. 8, кв. 1.

Тел.: 8(84663) 46-2-58.

**Быченин Александр Павлович**, к.т.н., доцент кафедры «Тракторы и автомобили» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446442, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. Транспортная, д.12, кв. 37

Тел.: 89277101432.

**Ключевые слова:** возобновляемые, источники, энергия, биотопливо, биодизель, смесевое топливо, износ, пары прецизионные.

*Проведен анализ возобновляемых источников энергии. Рассмотрен процесс получения топлив для дизельных двигателей из биомассы, влияние этих топлив на мощностные, экономические и экологические показатели дизелей. Рассмотрено действие рапсового масла в качестве модификатора трения.*

В настоящее время в связи со все более ужесточающимися дефицитом нефтяных топлив и экологическими требованиями, предъявляемыми к двигателям внутреннего сгорания, во всем мире

уделяется большое внимание альтернативной энергетике. Перспективным является использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ), которые можно подразделить на две категории [1]:

- первичные ВИЭ – солнце, воздушные и водные потоки, энергия которых преобразуется непосредственно на преобразователях различного рода в необходимую для жизнедеятельности энергию;
- вторичные ВИЭ – биомасса, использование которой требует переработки с определенными энергетическими затратами в газообразные, жидкие и твердые виды топлив.

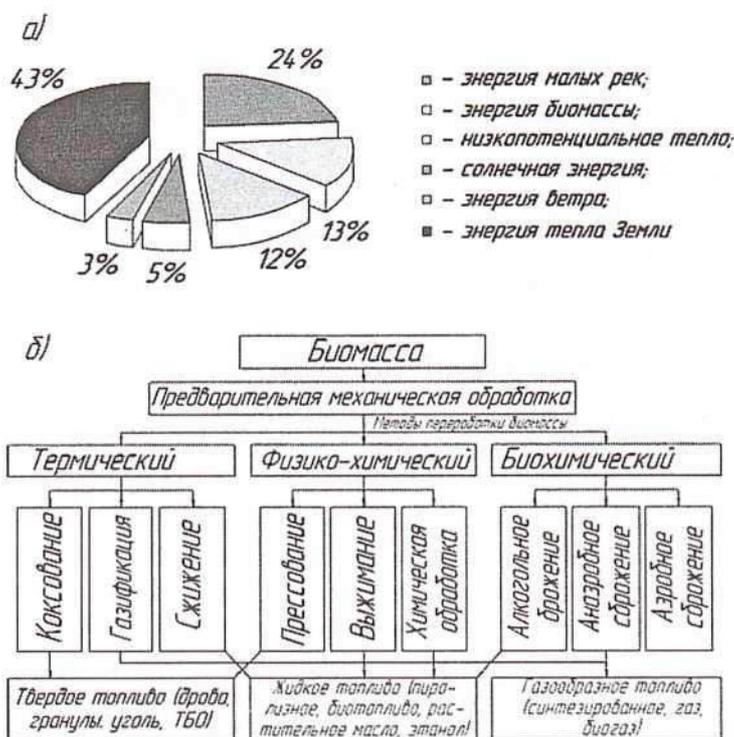


Рис. 1. Структура альтернативной энергетики в мире (а) и методы переработки биомассы (б)

С точки зрения использования в двигателях внутреннего сгорания наибольший интерес представляют жидкие топлива, источником которых является биомасса (рис. 1, а). Биомасса – продукт фотосинтеза – самого мощного на планете преобразователя солнечной энергии и последующей многообразной пищевой цепочки, основной источник топлива и энергии, включая и ископаемые органические топлива, как конечный продукт переработки древнейшей биомассы. Биомасса – это растительный и животный мир и продукты их технической и физиологической переработки, включая многочисленные органические отходы, мощный потенциальный мировой источник топлив и сырья для химической промышленности. Содержание биомассы в биосфере оценивается в 800 млрд. т, в то время как разведанные запасы угля составляют 500 млрд. т, нефти – 200, природного газа – 100 млрд. т [1].

Для использования в сельскохозяйственной технике наибольший интерес представляют растительные масла и биотопливо на их основе. Биодизельное топливо имеет те же характеристики, что и обычные дизельные топлива. Оно может быть получено из любого маслосодержащего растения – семян рапса, сои, кактусов и т.д. Преимущество биодизельного топлива состоит в том, что его производство основано на технологиях получения растительных масел с их дальнейшим метилированием. В странах с умеренным климатом произрастают культурные растения, семена которых содержат значительное количество масла – подсолнечник, конопля, лен, рапс и др.

Целью исследования является подбор оптимального растительного компонента смесового топлива.

Исходя из цели исследования, можно выделить следующие задачи:

- 1) оценка растительных масел в качестве биоэнергосредителя;
- 2) выбор способа использования биоэнергосредителя (в чистом виде, после химической обработки, в смеси с минеральным топливом);
- 3) оценка экологических показателей биоэнергосредителя;
- 4) оценка трибологических свойств биоэнергосредителя.

Наиболее перспективным является рапсовое масло, которое можно использовать в чистом виде, в виде смесей с дизельным топливом и после химической обработки, в результате которой получают

метилловый эфир рапсового масла (МЭРМ). Натуральное рапсовое масло обладает плохими пусковыми свойствами при пониженной температуре, а из-за наличия свободных кислот более агрессивно к конструкционным и уплотнительным материалам, имеет склонность к окислению при хранении. Производство МЭРМ требует реализации сложного химического процесса (рис. 2).

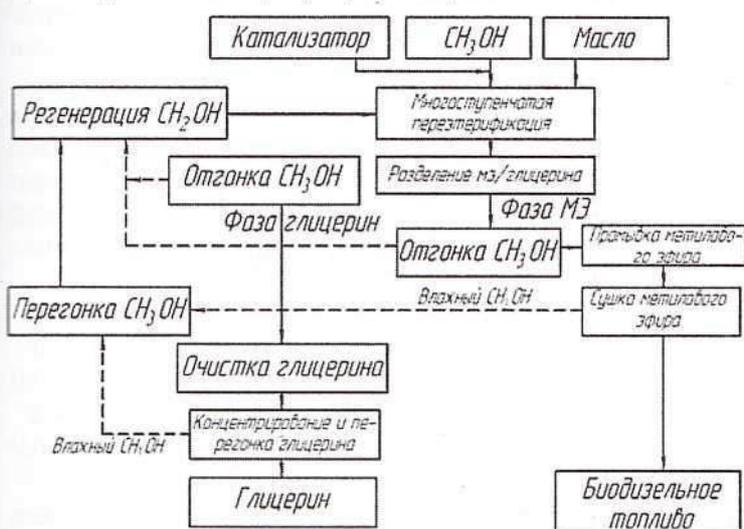


Рис. 2. Схема производства биодизельного топлива

Мысль об использовании растительного масла в качестве топлива для дизельных двигателей принадлежала Рудольфу Дизелю, который в 1900 г. на всемирной выставке в Париже демонстрировал дизель, работающий на арахисовом масле. При дальнейшем совершенствовании дизельных двигателей основное внимание уделялось нефтепродуктам. Истощение месторождений полезных ископаемых и необходимость замещения невозобновляемых источников энергии возобновляемыми привело к возрождению интереса к сырьевым ресурсам растительного происхождения, характерным представителем которых является рапсовое масло. Рапс – однолетнее растение семейства крестоцветных. В мировом сельском хозяйстве

рапс занимает прочные позиции как одна из основных масличных культур. В 90-е годы его посевы составляли 20...27 млн. га или около 9...12% от общей площади посевов масличных культур в мире. Мировое производство рапсового масла в последние годы превысило 12 млн. т в год и составило более 12% от мирового объема производства растительных масел [2].

Оценке работы дизельных двигателей на смесевых топливах с различной концентрацией рапсового масла посвящено большое количество научных исследований. Они показали перспективность использования смесевых минерально-растительных топлив в дизельных двигателях.

Испытания дизеля Д-245.12С на режимах внешней скоростной характеристики [2] показали заметное увеличение часового расхода топлива (рис. 3) при использовании смеси дизельного топлива и рапсового масла (80% ДТ + 20% РМ по объему). При работе на таком смесевом топливе расход топлива увеличился в среднем на 1,5...2,0 кг/ч по сравнению с работой на дизельном топливе. Увеличение расхода биотоплива объясняется его меньшей теплотворной способностью (соответственно 42,5 и 41,5 МДж/кг у дизельного топлива и его смеси с рапсовым маслом). При этом рапсовое масло содержит большое количество связанного кислорода, что позволяет увеличить цикловую подачу. В результате эффективный крутящий момент возрастает в среднем на 20...40 Нм. Соответственно увеличивается и эффективная мощность двигателя.

Значения удельных массовых выбросов токсичных компонентов  $e_{NO_x}$ ,  $e_{CO}$ ,  $e_{CH_x}$ , представленные на рисунке 3, б, подтвердили возможность заметного улучшения экологических показателей транспортного дизеля при использовании смесевых биотоплив. Их применение позволяет снизить выбросы наиболее значимых токсичных компонентов отработавших газов дизелей – оксидов азота  $NO_x$ , а также углеводородов  $CH_x$ . Увеличение содержания рапсового масла в смесевом биотопливе  $C_{PM}$  с 0 до 60% приводит к снижению удельных выбросов оксидов азота  $NO_x$  с 7,442 до 6,597 г/кВтч, т.е. на 11%, и выбросов углеводородов  $CH_x$  с 1,519 до 1,075 г/кВтч, т.е. на 29,2% [2]. Такое уменьшение выбросов оксидов азота  $NO_x$  и углеводородов  $CH_x$  обусловлено наличием в рапсовом масле около 12% кислорода, участвующего в окислении углерода и водорода, входящих в состав рапсового масла. В результате уменьшается количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг топлива, и увеличивается суммарный коэффициент избытка воздуха. Это, с одной стороны, приводит к уменьшению максимальных температур сгорания и уменьшению выбросов  $NO_x$ , а с другой – к более полному сгоранию топлива и снижению эмиссии  $CH_x$ .

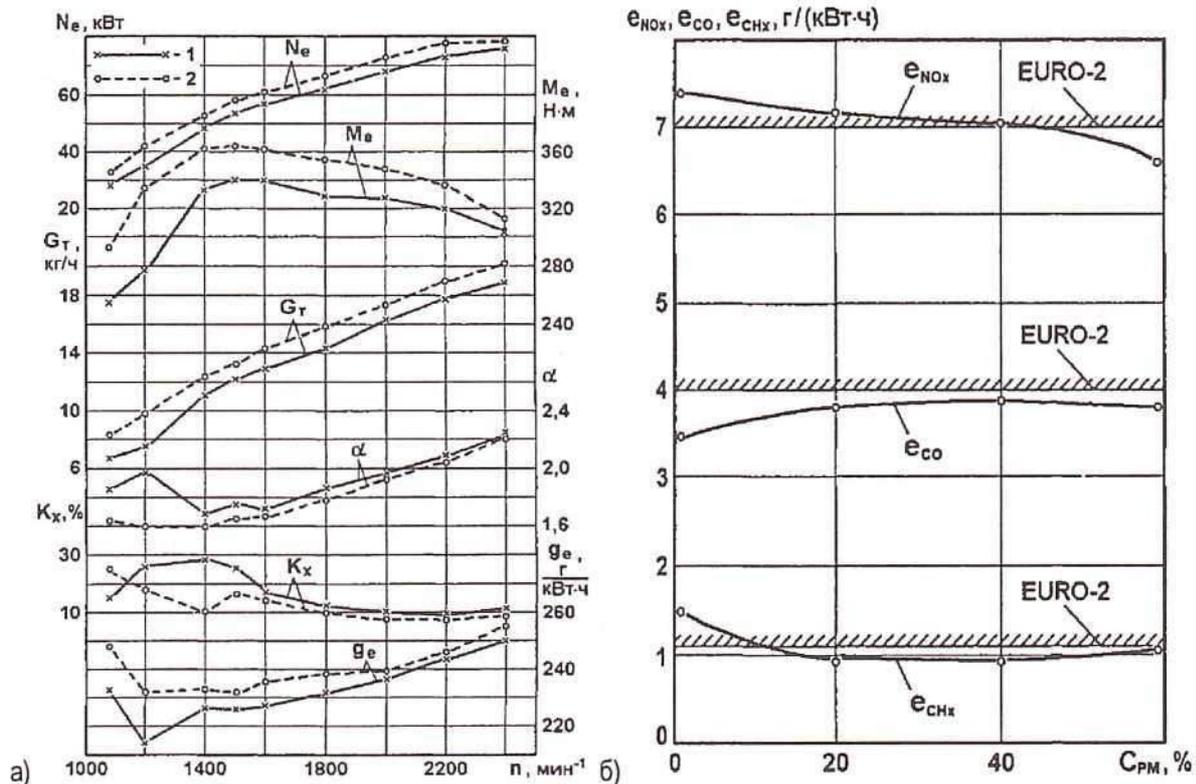


Рис. 3. Влияние смешеного топлива на показатели дизеля Д-245.12С:

а – зависимость эффективной мощности, крутящего момента, расхода топлива от частоты при использовании дизельного топлива (1) и смешеного биотоплива (2); б – зависимость удельных массовых выбросов от содержания рапсового масла в смешеном биотопливе

Приведенные данные позволяют утверждать, что смешеное минерально-растительное топливо на основе рапсового масла является перспективным как с точки зрения мощностных показателей дизельного двигателя, так и с точки зрения экологических показателей. Однако имеющиеся в настоящее время исследования не уделяют достаточного внимания влиянию смешеных топлив на ресурс топливной аппаратуры дизелей.

Работа в данном направлении ведется на кафедре «Тракторы и автомобили» Самарской ГСХА. Анализ химического состава растительных масел показывает, что в рапсовом масле содержится значительное количество органических поверхностно-активных веществ, в частности, олеиновых кислот. Они способствуют образованию на поверхности трения защитной пленки, значительно снижающей нагрузки на материал детали, что в итоге приводит к уменьшению износа. Процесс трения в присутствии поверхностно-активных веществ характеризуется наличием граничного слоя, состоящего из пространственно-ориентированных молекул. Этот слой может быть как мономолекулярным, так и мультимолекулярным. Возникновение данного слоя обусловлено особенностями строения молекул поверхностно-активных веществ. Образовавшаяся на поверхности трения пленка поверхностно-активных веществ оказывает существенное влияние на процесс трения в сопряжении, изменяя трибологические свойства смазочной среды, в связи с чем, учет этих свойств необходим при разработке теории абразивного изнашивания прецизионных пар дизельной топливной аппаратуры.

Автором работы [3] предложена математическая модель абразивного изнашивания плунжерной пары топливного насоса высокого давления и формула для его оценки с учетом условий смазывания:

$$i = k^4 \cdot f_3^4 [\psi_1 \cdot (1 - 2,08 \cdot k^2 \cdot f_3^2) + \psi_2], \text{ мм}^3,$$

где  $f_3$  – коэффициент трения в плунжерной паре при смазывании товарным дизельным топливом;

$k$  – коэффициент абразивной агрессивности смазочной среды – это отношение коэффициента трения в сопряжении при смазывании смешеным минерально-растительным топливом ( $f$ ) к коэффициенту трения в сопряжении при смазывании эталонным смазочным материалом ( $f_3$ );

$\psi_1, \psi_2$  – коэффициенты, характеризующие влияние геометрических размеров абразивных частиц, их количество, попадающее в сопряжение в единицу времени, и время работы сопряжения на параметры

трения соответственно при вдавлении абразивной частицы в поверхность трения, и при ее движении в сопряжении, сопровождающемся микрорезанием.

Проведенные износные испытания показали снижение величины износа деталей прецизионных пар при увеличении концентрации в смесевом топливе рапсового масла и уменьшении содержания абразивных частиц. Увеличение ресурса плунжерных пар при работе на смесевом топливе ( $k=0,86$ ) по сравнению с товарным дизельным топливом ( $k=1$ ) составило 1,27 раза.

**Заключение.** Проведенные исследования свидетельствуют о необходимости более глубокого изучения влияния компонентов смесевых минерально-растительного топлива на трибологическую систему прецизионных пар дизельной топливной аппаратуры с оценкой трибологических свойств топлива, условий трения в сопряжении и разработкой рекомендаций по использованию альтернативных источников энергии. Данное направление работ не потеряет своей актуальности в обозримом будущем, поэтому продолжение исследований воздействия растительных масел на топливную аппаратуру является первостепенной задачей.

#### Библиографический список

1. Орси́к, Л.С. Биоэнергетика: мировой опыт и прогноз развития / Л.С. Орси́к, Н.Т. Сорокин, В.Ф. Федоренко, Д.С. Буклагин [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 404 с.
2. Марков, В.А. Работа дизелей на нетрадиционных топливах / В.А. Марков, А.И. Гайворонский, Л.В. Грехов, Н.А. Иващенко. – М.: Легион-Автодата, 2008. – 464 с.
3. Быченин, А.П. Повышение ресурса плунжерных пар топливного насоса высокого давления тракторных дизелей применением смесевых минерально-растительного топлива: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Пенза: ПГСХА, 2007. – 18 с.

УДК 631.37:621.4

## УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ЗАГРУЗКИ ДИЗЕЛЯ

**Уханов Александр Петрович**, д-р т.н., проф., зав. кафедрой «Тракторы, автомобили и теплоэнергетика» ФГОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия».

440014, г. Пенза, ул. Конструкторская, д.2, кв. 94.

Тел.: 8(8412)628-517.

**Стрельцов Сергей Викторович**, к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Сельскохозяйственные машины» ФГОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия».

433431, Ульяновская обл., Чердаклинский р-н, п. Октябрьский, ул. Студенческая, д. 12, кв. 73.

Тел.: 8(842) 31-51-944.

**Мустьякимов Раиль Наилевич**, ст. преподаватель кафедры «Эксплуатация МТП» ФГОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия».

433430, Ульяновская обл., Чердаклинский р-н, п. Октябрьский, ул. Гагарина, д. 12, кв. 2.

Тел.: 8(842) 31-51-376.

**Ключевые слова:** контроль загрузки дизеля, центробежный регулятор частоты вращения, индуктивный датчик, первичный преобразователь, индикаторный указатель, преобразователь сигналов, скоростной нагрузочный режим.

*Предлагается устройство контроля загрузки дизеля, обеспечивающее непрерывный контроль загрузки двигателя (по крутящему моменту) во всем диапазоне работы центробежного регулятора частоты вращения.*

Основным условием обеспечения высоких эксплуатационно-технических показателей работы машинно-тракторного агрегата (МТА) является полное использование мощности двигателя и тяговых возможностей энергосредства. Установлено, что в условиях реальной эксплуатации с ростом энергонасыщенности трактора уменьшается процент полезного использования мощности двигателя. По результатам испытаний тракторов тягового класса 30 кН на различных машиноиспытательных станциях установлено, что даже высококвалифицированные механизаторы-испытатели не в состоянии правильно подобрать скоростной и нагрузочный режим работы МТА, обеспечивающий полное использование мощности двигателя. В результате отклонение степени загрузки двигателя от номинального значения достигает 10...37%. Основной причиной этого является отсутствие устройств, контролирующих данный параметр [1]. В связи с этим представляется важным обеспечить оператора МТА информацией о степени загрузки двигателя.

*Целью данной работы является разработка устройства для контроля загрузки дизельного двигателя.*

Задачи исследования предусматривают выбор рациональной конструкции и обоснование режимов работы устройства для контроля загрузки дизеля во всем диапазоне работы центробежного регулятора частоты вращения.

Методика исследования основана на сравнительном анализе существующих методов и технических средств контроля уровня загрузки двигателя и конструкторской разработке рационального контрольного устройства.

Анализ средств контроля загрузки дизеля [2] свидетельствует, что наибольший практический интерес представляют устройства, позволяющие контролировать загрузку двигателя с учетом режимов работы центробежного регулятора частоты вращения (РЧВ). В данном случае обеспечивается комплексная оценка таких параметров загрузки дизеля как частота вращения коленчатого вала и подача топлива. Известные устройства контроля загрузки двигателя с учетом режимов работы РЧВ различаются по типу используемого датчика. В устройствах [3, 4, 5] в качестве датчика используется разомкнутая контактная группа, образованная регулировочным винтом и валом рычага РЧВ. При загрузке двигателя (по крутящему моменту), соответствующей максимальному значению, контактная пара замыкается, образуя электрический сигнал, который преобразуется в показания светового указателя, информирующего механизатора о достижении загрузки, близкой к максимальной или перегрузке двигателя.

Используемый в устройстве [6] датчик с бесконтактной парой включает вал рычага РЧВ с монтированным в него постоянным магнитом и регулировочный винт, изготовленный из диамагнетика, внутрь которого вставлен полупроводниковый чувствительный магнитоуправляемый элемент, обладающий способностью изменять величину выходного сигнала от изменяющего магнитного поля. В результате величина выходного сигнала соответствует загрузке двигателя по крутящему моменту и определяется расстоянием между валом рычага РЧВ и регулировочным винтом.

Недостатком данных устройств является:

- узкий диапазон контроля загрузки двигателя;
- необходимость проведения периодической очистки элементов контактной (бесконтактной) группы от отложений продуктов износа;
- низкая эксплуатационная надежность контактной (бесконтактной) группы, так как они работают в масле картера центробежного РЧВ.

Для сигнализаторов, имеющих контактную пару, узкий диапазон контроля загрузки двигателя вызван тем, что электрический сигнал образуется при замыкании контактной группы при работе дизеля на переходе с регуляторной на корректорную ветвь скоростной характеристики. В устройствах, оснащенных датчиком с бесконтактной парой, узкий диапазон контроля загрузки дизеля обусловлен большим градиентом магнитного поля.

Для устранения вышеуказанных недостатков авторами разработано устройство контроля загрузки дизеля, состоящее из первичного преобразователя 1, преобразователя сигналов 2 и индикаторного указателя 3 (рис. 1).

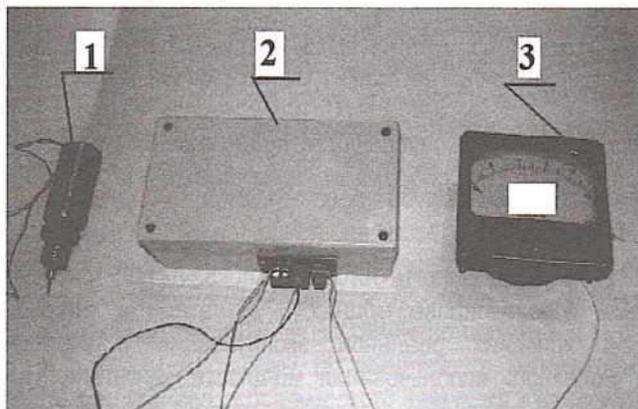


Рис. 1. Устройство контроля загрузки дизеля:  
1 – первичный преобразователь; 2 – преобразователь сигналов; 3 – индикаторный указатель

В качестве первичного преобразователя используется следящее устройство, выполненное в виде рычага корректора центробежного РЧВ (топливный насос типа НД) и индуктивного датчика перемещения, состоящего из электромагнитной катушки, смонтированной в корпус корректора и стального сердечника, установленного с радиальным зазором в осевых отверстиях электромагнитной катушки и штока корректора. В зависимости от загрузки дизеля под действием рычага корректора происходит перемещение сердечника индуктивного датчика. В результате изменяется величина индуктивности (выходного сигнала), который во вторичном преобразователе преобразовывается в показания (процент загрузки двигателя по величине крутящего момента) индикаторного указателя. Постоянный контакт

следящего устройства с рычагом корректора РЧВ обеспечивается за счет подпора стального сердечника индуктивного датчика пружиной.

Устройство контроля загрузки дизеля работает следующим образом. В зависимости от нагрузочного режима работы дизеля (режим холостого хода, режим малых и средних нагрузок, режим номинальной

нагрузки, режим перегрузки) рычаг управления подачей топлива устанавливается в соответствующее положение (в диапазоне от минимальной до максимальной подачи топлива). Обеспечивает требуемый скоростной режим на определенной нагрузке центробежный РЧВ, грузы (или пружина) которого перемещают дозатор топливного насоса высокого давления в сторону увеличения или уменьшения подачи топлива. Одновременно с этим происходит совместное перемещение рычага корректора и сердечника индуктивного датчика вниз или вверх, что приводит к изменению индуктивности электромагнитной катушки (к изменению величины выходных сигналов первичного преобразователя). Сформированный электрический сигнал по кабелю поступает во вторичный преобразователь сигналов, где преобразовывается в показания (проценты загрузки двигателя по величине крутящего момента) индикаторного указателя.

Питание устройства осуществляется от бортовой электрической сети трактора. Для обеспечения стабилизации выходных сигналов при кратковременных колебаниях рычага РЧВ во вторичном преобразователе используется интегратор.

*Заключение.* Предлагаемое устройство обеспечивает непрерывный контроль загрузки дизеля во всем диапазоне работы РЧВ. Отсутствие контактной (бесконтактной) пары в первичном преобразователе повышает эксплуатационную надежность предлагаемого устройства и снижает трудоемкость его обслуживания. Использование интегратора в преобразователе сигналов устройства контроля загрузки дизеля обеспечивает стабильность выходных сигналов при возможных колебаниях рычага центробежного РЧВ.

#### Библиографический список

1. Тырнов, Ю.А. Управление режимами работы трактора / Ю.А. Тырнов, О.В. Поливаев, А.В. Гуров, В.С. Орлов // Сельский механизатор. – 1999. – №12. – С. 22-24.
2. Мустякимов, Р.Н. Обоснование способа и средств контроля загрузки дизеля в условиях эксплуатации // Актуальные вопросы аграрной науки и образования в реализации национального проекта «Развитие АПК»: сб. науч. тр. – Ульяновск, 2008. – С. 105-107.
3. Пат. 2029932 Россия, кл. G01L5/00, G01L23/22. Эконнометр / В.А. Родичев, М.П. Бурдиан. – №4932555/10; заявл. 29.04.91; опубл. 27.02.95, Бюл. №6.
4. Пат. 2027979 Россия, кл. G01L23/22. Сигнализатор загрузки двигателя / Амельченко П.А., Бурдиан М.П., Клебанов М.Ш. [и др.]. – №596106/10; заявл. 03.06.92; опубл. 27.01.95, Бюл. №3.
5. Пат. 2030723 Россия, кл. G01L23/22. Сигнализатор загрузки двигателя / Амельченко П.А., Бурдиан М.П., Клебанов М.Ш. [и др.]. – №5066742/10; заявл. 03.06.92; опубл. 10.03.95, Бюл. №7.
6. Пат. 2198388 Россия, кл. G01L23/08. Устройство для определения загрузки дизельного двигателя / Zubov N.I., Свиридов С.В., Беспятов И.И. – №2001102129/06; заявл. 23.01.01; опубл. 10.02.03, Бюл. №4.

УДК 631.316

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИСКА-ДВИЖИТЕЛЯ

**Гашенко Алексей Александрович**, аспирант кафедры «Тракторы и автомобили», ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».  
443081, Самарская обл., г. Самара, ул. Стара-Загора, д.53, кв. 48.  
Тел.: 89178156790.

**Ключевые слова:** диск, удельная мощность, фактор, эксперимент.

*В статье представлены результаты экспериментальных исследований диска-двигателя, в частности зависимости подведенной мощности к диску-двигателю от его конструктивных и технологических параметров.*

Одним из основных эксплуатационных показателей работы агрегата является коэффициент загрузки двигателя трактора. Использование в агрегате с колесным трактором комбинированных сельскохозяйственных машин, имеющих активные рабочие органы-двигатели, позволяет наиболее полно использовать мощность двигателя, минуя узкое звено «двигатели – почва», в условиях низких тягово-сцепных свойств.

В рамках научной работы по исследованию активного диска-двигателя, используемого для разгрузки звена «двигатели – почва», а также для стабилизации движения почвообрабатывающего агрегата (трактор Т-25А + КОН-2,8 с двигателями) были проведены экспериментальные исследования, целью которых было определение зависимости подведенной мощности к диску с зубчатым ободом от его конструктивных и технологических параметров. В задачу исследований входила комплексная оценка

взаимного влияния конструкционных размеров активного рабочего органа агрегата на затраты мощности двигателя.

Методика исследований включала лабораторные испытания диска-двигателя по программе многофакторного эксперимента. На основе предыдущих исследований и теоретического анализа в качестве факторов были приняты:  $X_1$  – угловая скорость экспериментального диска,  $c^{-1}$ ;  $X_2$  – глубина хода,  $m$ ;  $X_3$  – тяговое сопротивление,  $кН$ ;  $X_4$  – длина зуба,  $m$ ;  $X_5$  – радиус диска,  $m$ . Значения и уровни варьирования этих факторов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Уровни варьирования	Значения факторов				
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$
Основной	1,80	0,10	0,6	0,01	0,25
Интервал варьирования $\Delta X_i$	0,70	0,05	0,3	0,004	0,05
Верхний (+)	2,5	0,15	0,9	0,014	0,30
Нижний (-)	1,1	0,05	0,3	0,006	0,20

В результате многофакторного эксперимента [1,2] и математической обработки данных исследования получена линейная модель факторов, влияющих на удельные затраты мощности:

$$Y = 1,064 + 0,261X_1 + 0,189X_2 + 0,093X_3 + 0,06X_4 + 0,164X_5 + 0,051X_{12} + 0,081X_{15} + 0,073X_{24} + 0,08X_{45} \quad (1)$$

где  $Y$  – удельные затраты мощности,  $кВт/кН$ .

Из анализа уравнения регрессии можно сделать вывод об увеличении удельной мощности на всем исследуемом интервале независимых переменных. Количественная оценка эффектов факторов уравнения приведена в диаграмме, представленной на рисунке 1. Как видно из диаграммы при взаимодействии диска-двигателя с почвой наиболее заметное изменение потребной мощности происходит от действия двух технологических факторов: угловой скорости ( $X_1$ ) и глубины хода ( $X_2$ ) диска-двигателя. Значительное влияние на затраты мощности оказывает радиус диска ( $X_5$ ), характеризующий конструктивный параметр. Объясняется это повышением массы диска, увеличением плеча от оси вращения диска до его режущей кромки, и, следовательно, возрастанием подведенного крутящего момента. По сравнению с конструктивным фактором ( $X_5$ ) варьирование длины зуба – конструктивного фактора ( $X_4$ ) в заданном интервале вызывает незначительные изменения на затраты удельной мощности.

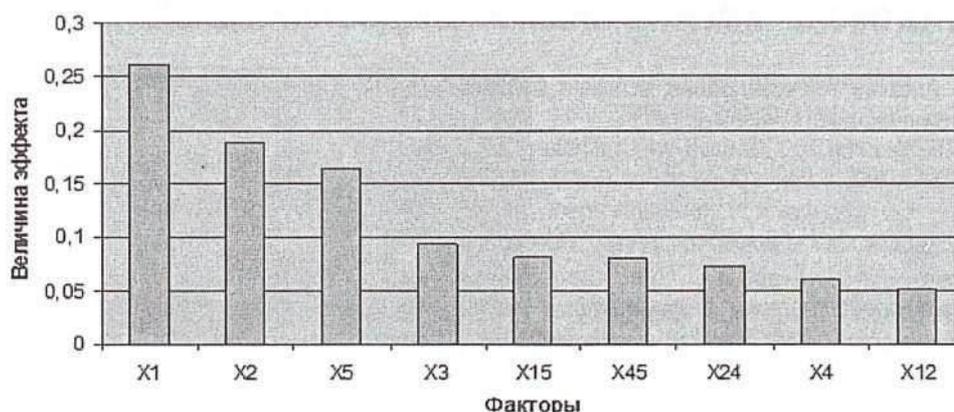


Рис. 1. Диаграмма эффектов факторов на удельные затраты мощности диска-двигателя

По полученному уравнению регрессии (1) была построена поверхность отклика, представленная на рисунке 2, а. На рисунке 2, б представлена номограмма для определения удельной мощности в зависимости от угловой скорости ( $X_1$ ) и глубины хода ( $X_2$ ) диска-двигателя.

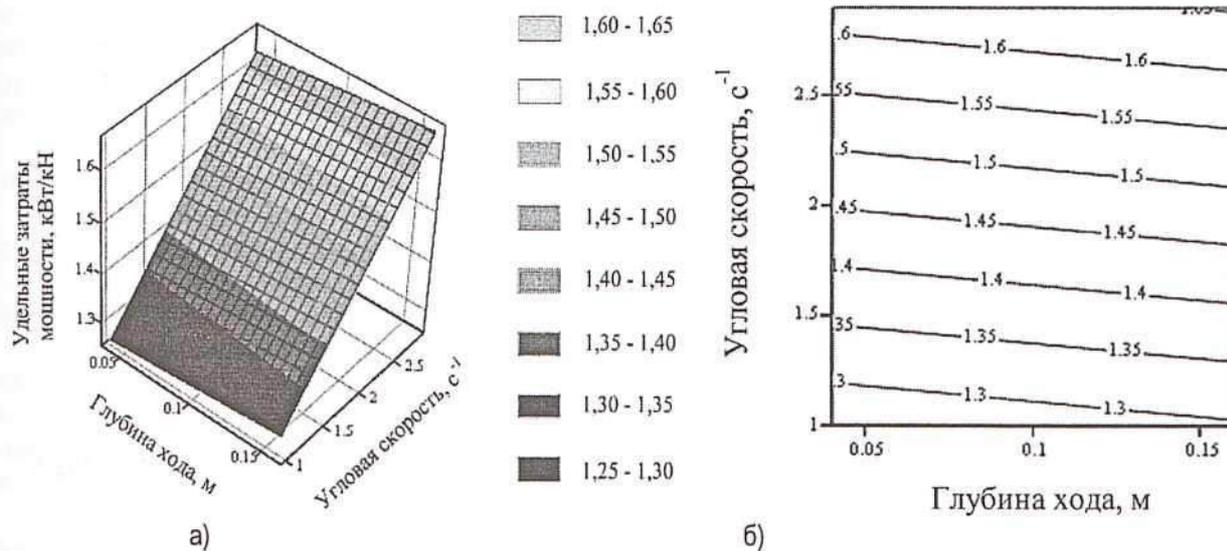


Рис. 2. Зависимость удельной мощности от угловой скорости и глубины хода при  $X_3 = 0,6$  кН,  $X_4 = 0,01$  м,  $X_5 = 0,25$  м

*Заключение.* В результате проведенных исследований получена зависимость удельной мощности от доминирующих факторов, позволяющая определить параметры диска-двигателя, приводимого от ВОМ трактора, которые обеспечивают полное использование мощности двигателя, в условиях работы трактора с низкими тягово-сцепными свойствами.

#### Библиографический список

1. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 139 с.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.

# МАШИНОИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ АПК

УДК 631. 363

## ТЕХНОЛОГИЯ ЭКСТРУДИРОВАНИЯ КОРМОВ

**Новиков Владимир Васильевич**, к.т.н., проф. кафедры «Механизация и технология животноводства» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия». 446440, Самарская обл., г. Кинель пл. Первомайская 1а. Тел.: 8-927-202-31-87.

**Янзина Елена Владимировна**, к.пед.н., доцент кафедры «Механизация и технология животноводства» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия». 446442, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. Садовая д. 5 кв. 3. Тел.: 8-927-201-90-66.

**Успенская Ирина Владимировна**, к.с/х.н., доцент кафедры «Механизация и технология животноводства» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия». 446440, Самарская обл., г. Кинель, ул. Бобровская д. 14. Тел.: 8-903-304-15-01.

**Ключевые слова:** корм, питательность корма, экструзия, процесс экструдирования, пресс-экструдер.

*Рассмотрены способы и технологии приготовления экструдированных кормов для сельскохозяйственных животных с указанием их преимуществ и недостатков.*

Одной из важных задач, стоящих перед отечественным животноводством, является снижение расхода кормов на получение животноводческой продукции.

Повышение питательности имеющихся кормов возможно за счет использования перспективных способов их обработки, изменяющих внутреннюю структуру корма в направлении разложения клетчатки и крахмала корма на более простые составляющие, эффективно усваиваемые животными. Обработка давлением материалов растительного происхождения является основой многих технологий производства кормов.

*Цель исследований* – изучение способов и параметров приготовления кормов для животных путем экструзии зерна.

Процесс прессования при котором обеспечивается высокий уровень гомогенизации и желатинизации спрессованного материала называется экструдированием или экструзией [2].

В основе экструдирования зерна и зерновой смеси (сырье) лежат два процесса: механохимический и «взрыв» продукта. Последний – происходит в результате резкого изменения давления в зерне на выходе из пресс-экструдера. Оба процесса непрерывны и протекают при определенной степени сжатия и скорости прохождения сырья через пресс-экструдер [1].

Процесс экструдирования осуществляется следующим образом: подготовленное сырье подается через загрузочный бункер в машину. По мере перемещения частиц в рабочей камере увеличивается степень сжатия, которая определяется отношением площади рабочего канала и суммарной площади фильер на

выходе из матрицы. Уплотняясь, сырье прогревается за счет сил трения частиц о поверхности вращающихся рабочих органов. В процессе экструзии зерно всех культур может подвергаться фазовым превращениям из хрупкого стеклообразного состояния в начале процесса экструзии в высокоэластичное, а затем в вязкотекучее.

Фазовые переходы позволяют весь процесс экструдирования разделить на технологические зоны – загрузки, сжатия, гомогенизации и экструзии («взрыва»).

В зоне загрузки изменений в сырье практически не наблюдается. Высокоэластичное состояние оно приобретает в зоне сжатия, где происходит частичное разрушение клеток крахмала, целлюлозы и лигнина.

В зоне гомогенизации сырье приобретает особое состояние – вязкотекучее. В отдельных биополимерах (белке, крахмале, клетчатке) появляются структурные преобразования.

Основные и наиболее важные изменения в названных компонентах обеспечиваются в зоне экструзии при быстром переносе сырья из зоны высокого давления в зону атмосферного. Аккумулированная сырьем энергия освобождается со скоростью, примерно равной скорости взрыва, что приводит к вспучиванию, «взрыву» продукта, сопровождающемуся глубоким преобразованием структуры и свойств отдельных питательных веществ.

При экструзии в зерне гибнет большая часть микрофлоры (бактерии, грибки). Это обстоятельство очень важно, когда зерно поражено плесенью или имеет большую бактериальную обсемененность. В процессе экструзии в зерне кукурузы и пшеницы микроорганизмы погибают полностью, а в зерне ячменя их остается около 6%. Гибель микроорганизмов при экструзии объясняется воздействием высокой температуры (130...160°C) и давления (2,0...8,0 МПа), а также эффектом «взрыва» экструдированного зерна.

Способы экструдирования кормов можно разделить на две основные группы, отличающиеся между собой в основном величиной влажности исходного продукта.

К первой группе можно отнести способы экструдирования, при которых влажность исходного продукта не превышает 30%, а ко второй – способы экструдирования, при которых влажность исходного продукта превышает 30%. Принято называть первую группу способов экструдирования «сухое» экструдирование, а вторую группу – «влажное» экструдирование.

Способ «влажного» экструдирования заключается в следующем.

Экструдированная смесь, предварительно перед экструдированием увлажняется или запаривается в специальных запарниках. При этом влажность продукта составляет более 30%. Увлажненная или пропаренная смесь поступает в рабочую камеру пресс-экструдера, где происходит процесс экструдирования при температуре 120...150°C и давлении до 3 МПа. После экструдирования продукт измельчается и охлаждается.

При «сухом» способе экструдирования предварительно подготовленная смесь поступает в пресс-экструдер, где под действием температуры до 150°C и давления до 3 МПа происходит ее обработка.

Каждый из перечисленных способов экструдирования имеет свои преимущества и недостатки.

Способ «влажного» экструдирования, при котором применяется предварительное увлажнение или запаривание исходного продукта, можно применять для обработки практически любого состава кормовых смесей.

Применение предварительного увлажнения или запаривания позволяет достигать стабильность рабочих режимов, что немаловажно при автоматизации пресс-экструдера. Рабочие органы пресс-экструдеров, работающих на «влажном» способе имеют значительный ресурс работы за счет снижения процессов их износа. Однако у способа «влажного» экструдирования есть и существенные недостатки. Технологическое оборудование, необходимое для осуществления этого способа, достаточно многочисленное и сложное (ванны для увлажнения, парообразующие оборудование, запарники, установки для охлаждения и измельчения готового продукта).

Недостатки свойственные способу «влажного» экструдирования, частично отсутствуют в способе «сухого» экструдирования. Так при осуществлении этого способа необходим меньший набор технологического оборудования (пресс-экструдер, охладитель), суммарная энергоемкость этого оборудования составляет 80...120 кВт·ч/т. Но при этом способ «сухого» экструдирования также имеет недостатки. Основным недостатком является низкий ресурс работы рабочих органов пресс-экструдеров от 200 до 1200 ч, что значительно ниже ресурса работы пресс-экструдеров работающих на «влажном» способе до 10000 ч.

Кроме того, не все зерновые ингредиенты можно подвергать экструзии при «сухом» способе. Например, зерно овса и его смесь с другими компонентами (при условии, что овес составляет не менее 50% состава смеси) экструдировать невозможно. Также невозможно экструдировать сухим способом грубые волокнистые корма и их смесь с другими компонентами (при условии, что грубый корм составляет не менее 50% состава смеси).

Следует также отметить, как недостаток, низкую производительность пресс-экструдеров,

работающих на способе «сухого» экструдирования до 0,7 т/ч, что значительно ниже производительности пресс-экструдеров, работающих на способе «влажного» экструдирования до 9 т/ч.

Таким образом, установлено, что повышение питательности кормов для животных возможно за счет использования процесса экструзии. При этом сокращаются потери кормов, и полностью механизмуется процесс их раздачи. Экструдированные корма можно использовать в качестве страховых фондов на следующие годы, они охотнее поедаются животными, при этом уменьшаются случаи желудочно-кишечных заболеваний, повышается их продуктивность.

В качестве заключения можно сделать следующий вывод, что изучение процесса экструзии и оценка влияния различных факторов на качество получаемого корма для животных сложная, но весьма важная практическая задача, решение которой позволит контролировать и управлять данным процессом.

#### Библиографический список

1. Коновалов, В.В. Механизация технологических процессов животноводства / В.В. Коновалов, С.И. Щербаков, В.Ф. Дмитриев. – Пенза: ПГСХА, 2006. – 276 с.

2. Фисенко, К.А. Оптимизация процесса экструдирования кормов с учетом изменения геометрических и режимных параметров рабочего пространства шнекового прессующего механизма: автореф. дис. ...канд. техн. наук. – Оренбург, 2000. – 16 с.

УДК 631.363

## ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ СМЕСИ НА ОСНОВЕ СОЛОМЫ НА КОЛИЧЕСТВО САХАРОВ В ЭКСТРУДАТЕ

**Денисов Сергей Владимирович**, к.т.н., доцент кафедры «Механизация и технология животноводства» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446407, Самарская обл., Кинельский р-н, с. Домашка, ул. Зеленая д. 6, кв. 1.

Тел.: 89276056793.

**Ключевые слова:** влажность, смесь, солома, длина частиц, экструдат, сахара.

*Приведены результаты исследования влияния влажности смеси на основе соломы, доли ее содержания в смеси и длины частиц соломы, на количество сахаров в экструдате.*

В последние годы во многих странах мира уделяется серьезное внимание полному использованию соломы как важного кормового резерва. В связи с этим ведутся разработки эффективных приемов обработки соломы с целью превращения ее в высокопитательный корм. Следует отметить, что при разработке способов обработки недостаточно учитывается возможность получения из соломы высокопитательного корма с высоким содержанием легкопереваримых углеводов.

*Цель работы* – повышение качественных показателей смеси на основе соломы.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующую задачу – выявить степень влияния компонентов, входящих в исходную смесь, на качество кормосмеси и определить их оптимальное соотношение.

На кафедре «Механизация и технология животноводства» Самарской ГСХА проведены исследования влияния влажности смеси на основе соломы, доли ее содержания в смеси и длины частиц соломы на качество экструдата. Исследования проводились на пресс-экструдере КМЗ-2У с модернизированной зоной питания для стабилизации технологического процесса. В процессе экструзии корма на выходе из пресс-экструдера поддерживалась температура 120°C.

При проведении исследований в каждом опыте отбирались разовые пробы готового продукта, в количестве не менее 200 г. Образцы полученного корма исследовались на содержание сахаров по методу Бертрана [2]. Результаты лабораторных анализов приведены в таблице 1.

Анализ результатов опытов (табл. 1) показывает, что при 30% влажности, доли соломы 70% и размерах её частиц до 10 мм наблюдается наибольший процент содержания сахаров в экструдате.

На основании полученных данных, получена статистическая модель типа:

$$Y = a_0 - a_1 \cdot W - a_2 \cdot M + a_3 \cdot L + a_{12} \cdot W \cdot M - a_{13} \cdot W \cdot L - a_{23} \cdot M \cdot L, \quad (1)$$

где  $M$  – доля соломы, %;  $L$  – длина частиц, мм;  $W$  – влажность смеси, %;  $Y$  – количество сахаров, %.

В результате статистической обработки результатов определены значения коэффициентов уравнения регрессии для изучаемого показателя:

$$Y = 3,6375 - 0,7217 \cdot W - 0,0725 \cdot M + 0,2563 \cdot L + 0,0143 \cdot W \cdot M - 0,0038 \cdot W \cdot L - 0,0025 \cdot M \cdot L. \quad (2)$$

Влияние параметров смеси на содержание сахаров в экструдате

Доля соломы $M$ , %	Длина частиц $L$ , мм	Влажность смеси $W$ , %	Количество сахаров $Y$ , %
70	до 10	15	4,9
70	до 50	15	4,8
70	до 10	30	13,8
70	до 50	30	9,5
90	до 10	15	3,5
90	до 50	15	3,5
90	до 10	30	6,2
90	до 50	30	5,8

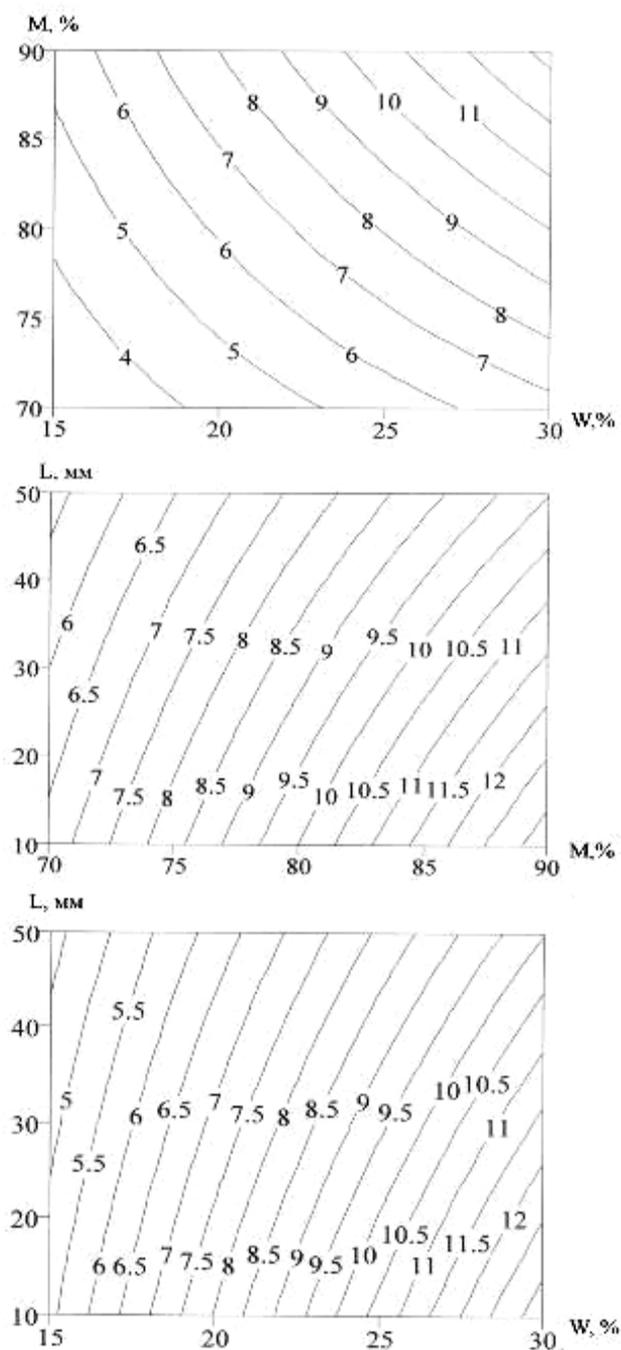


Рис. 1. Двумерные сечения отклика влияния технологических параметров экструдирования ( $W$  – влажности смеси, %;  $M$  – доли соломы, %;  $L$  – длины частиц, мм) на содержание сахаров в экструдате

Коэффициент корреляции данной модели при этом составил  $R=0,98949$ , значение коэффициента корреляции стремится к единице, т.е. уравнение регрессии адекватно описывает процесс и позволяет применить полученную модель для анализа процесса.

Анализ результатов статистической обработки (табл. 2) позволяет определиться с влиянием как отдельных, так и сложным совместным (парным) влиянием нескольких факторов.

Таблица 2

Влияние факторов и их взаимодействий на содержание сахаров в экструдате

Факторы	<i>W</i>	<i>L</i>	<i>M</i>	<i>W·M</i>	<i>W·L</i>	<i>M·L</i>
Кoeffициент	1,6477	-0,2207	1,5602	2,8152	-1,2483	-0,6127

Влажность смеси и ее совместное влияние с долей соломы увеличивает количество сахаров в экструдате. Это связано с тем, что в осуществлении данного процесса важное значение имеет влажность смеси, так как реакция гидролиза полисахаридов происходит только в присутствии воды. Недостаток влаги препятствует созданию благоприятных условий для возможного полного гидролиза гемицеллюлоз, приводит к сгоранию части органического вещества, образованию повышенного количества продуктов нежелательного распада полисахаридов. Количество соломы в смеси также увеличивает содержание сахаров, в связи с тем, что основными составляющими клеточных стенок соломы являются целлюлоза и гемицеллюлоза.

Графический анализ двумерных сечений модели (рис. 1) подтверждает указанные тенденции и позволяет говорить, что существует парное влияние влажности корма и доли в нем соломы, увеличивающее содержание количества сахаров в экструдате.

Длина резки практически не сказывается по сравнению с влажностью продукта и долей соломы в смеси. При этом в обоих случаях желательна минимальная длина резки, которая еще и способствует повышению производительности пресса.

*Заключение.* Экструдирование смеси на основе соломы позволяет повысить содержание сахаров в экструдированной смеси до 13,8% при 30% влажности корма, 70% доли соломы в смеси и размерах частиц до 10 мм. Полученная математическая модель позволила выявить существующие тенденции в изменении содержания сахаров в экструдате на основе соломы, что дает возможность прогнозировать качество продукта при изменении указанных технологических параметров при экструдировании смеси.

#### Библиографический список

1. Денисов, С.В. Повышение эффективности приготовления кормосмеси на основе стебельчатого корма и обоснование параметров пресс-экструдера: дис. ...канд. техн. наук. – Саратов, 2006. – 142 с.
2. Эрнст, Л.К. Производство и использование гидролизного сахара в животноводстве / Л.К. Эрнст, З.М. Науменко, Н.П. Руденко [и др.]. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 206 с.: ил.

УДК 631.363

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ДОЗАТОРА-СМЕСИТЕЛЯ КОРМОВ

**Фролов Николай Владимирович**, к.т.н., проф. кафедры «Механизация и технология животноводства» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия». 446442, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. Спортивная 13, кв. 8. Тел.: 8-927-006-94-27.

**Мальцев Геннадий Сергеевич**, к.т.н., ассистент кафедры «Механизация и технология животноводства» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия». 443541, Самарская обл., Волжский р-н, с. Рождествено, ул. Советская 16. Тел.: 8-927-206-85-80.

**Мальцев Виталий Сергеевич**, аспирант кафедры «Механизация и технология животноводства» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия». 443541, Самарская обл., Волжский р-н, с. Рождествено, ул. Центральная д. 19, кв. 2. Тел.: 8-927-297-43-17.

**Ключевые слова:** дозатор-смеситель, производительность, погрешность дозирования, равномерность смешивания, энергоёмкость, оптимизация.

*На основе анализа результатов экспериментальных исследований дозатора-смесителя кормов, были определены рациональные значения конструктивно-режимных параметров устройства, при которых получаемый корм соответствует зоотехническим требованиям.*

Приоритетным национальным проектом «Развитие АПК России» предусмотрено стимулирование развития малых форм хозяйствования, к которым относятся крестьянские (фермерские) хозяйства. Приоритеты и обеспечение реализации поставленных задач возможны лишь при наличии фундаментальных,

базовых, научных основ, так как дефицит технологий по производству сырья и готовой продукции негативно сказывается на эффективном использовании мощностей и конкурентоспособности хозяйств [1].

Принципиально важно учитывать то обстоятельство, что процесс кормопроизводства необходимо рассматривать не только в масштабах крупного животноводческого комплекса, но и в приложении к малым и фермерским хозяйствам, удельный вес которых в АПК составляет в среднем по России 27-29%.

В общем процессе производства продукции животноводства на долю кормов приходится более половины затрат в её себестоимости. В связи с этим вопросы получения однородных кормосмесей, сбалансированных по питательным элементам, приобретают первостепенное значение.

Создание однородной кормовой массы является весьма сложной технологической задачей, зависящей от множества независимых друг от друга характеристик. Использование комплексного подхода к процессу получения кормосмесей, включающего различные технологические операции, функционально связанных между собой, позволило бы создать предпосылки к повышению эффективности получения однородной смеси. Комплексная разработка оптимального технологического процесса на базе универсальных высокоэффективных аппаратов, экономически выгодных для фермеров, с выходом на качественные характеристики кормов, позволяющие повысить продуктивность животноводства, является важной проблемой на сегодняшний день [2].

Ключевым оборудованием в процессе приготовления смесей являются дозаторы компонентов и смеситель, но, несмотря на большое количество работ, касающихся расчёта и конструирования дозаторов и смесителей, практически отсутствуют исследования дозировочно-смесительных установок, как единого целого.

*Цель работы* – комплексная оценка конструктивно-режимных параметров дозатора смесителя кормов.

В рамках исследований, проводимых на кафедре «Механизация и технология животноводства» Самарской ГСХА под руководством профессора Н.В. Фролова, была разработана схема дозатора-смесителя кормов (патент РФ №2302616), обеспечивающая выполнение одновременно двух процессов: многокомпонентного дозирования и смешивания. Проведённые экспериментальные исследования установки, разработанной по предложенной схеме, показали высокую эффективность, надёжность и позволили уточнить значения конструктивно-режимных параметров комплексно влияющих на качество готовой смеси.

В задачу экспериментальных исследований входило определение зависимости равномерности смешивания и производительности дозатора-смесителя от конструктивно-режимных параметров. Исследования проводились по методике многофакторного планирования с варьированием выбранных параметров на двух уровнях. В качестве факторов были выбраны: частота вращения приводного вала, высота поднятия манжеты и угол постановки пластин в горловине дополнительной воронки. Основным количественным параметром оптимизации была производительность устройства, качественным – равномерность смешивания и энергетическим – энергоёмкость.

Выявлено влияние на производительность дозатора-смесителя частоты вращения вала и высоты поднятия манжеты. Получено уравнение регрессии, описывающее производительность (т/ч) в зависимости от этих показателей:

$$Q = 7,0051 - 0,77802n - 0,18817h_m + 0,0057n^2 + 0,02358nh_m, \quad (1)$$

где  $n$  – частота вращения вала ( $n = 5 \dots 35 \text{ мин}^{-1}$ );

$h_m$  – высота поднятия манжеты ( $h_m = 20 \dots 50 \text{ мм}$ ).

Производительность дозатора-смесителя повышается при увеличении высоты поднятия манжеты и снижается с увеличением частоты вращения вала (рис. 1), поэтому для уточнения аналитической зависимости производительности был определён поправочный коэффициент, который, в зависимости от материала, составил  $K_Q = 0,93 \dots 0,95$ .

Отклонение дозы компонентов от нормы на всем интервале изменения частот оставалось в пределах зоотехнических требований – 1,5%, но, как видно из графика (рис. 2), для некоторых компонентов отклонения были значительными: наибольшее отклонение у кукурузы и овса (состав смеси: кукуруза – 28; ячмень – 27; овёс – 18; пшеница – 27%), это связано с формой семян и центральным углом секции (чем меньше угол секции, тем хуже материал истекает из бункера).

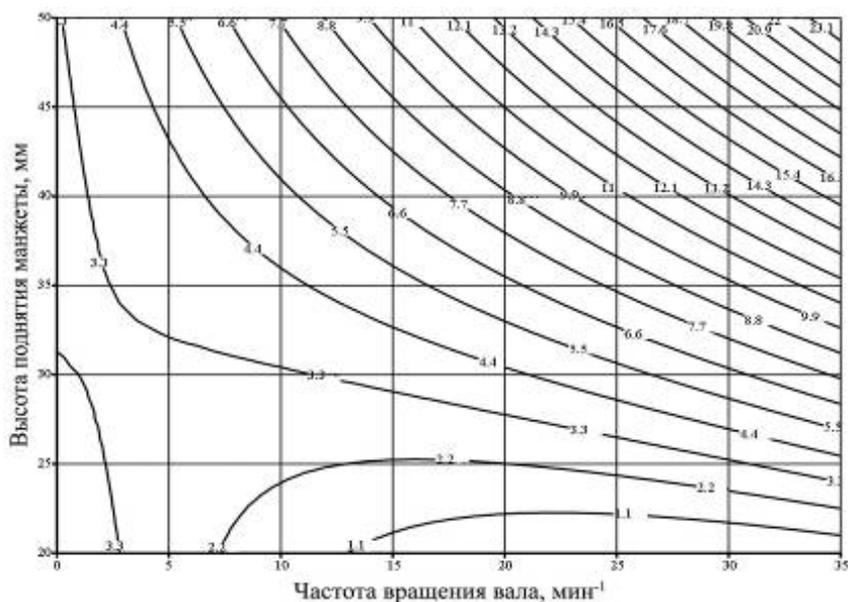


Рис. 1. Производительность дозатора-смесителя (т/ч) от высоты поднятия манжеты и частоты вращения вала

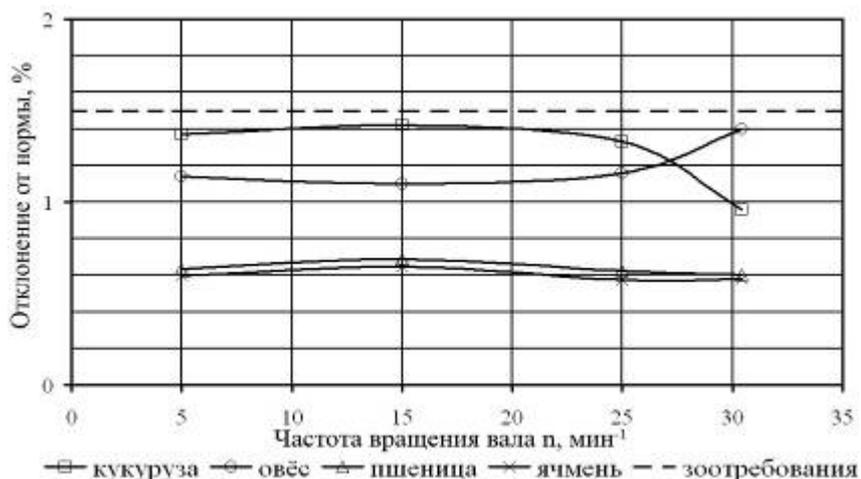


Рис. 2. Зависимость отклонения дозы (%) от частоты вращения вала

Выявлено влияние на равномерность  $V_p$  смеси частоты вращения вала, высоты поднятия манжеты и угла постановки пластин в горловине дополнительной воронки:

$$\begin{aligned}
 V_p = & 0,23367 - 0,065960 n - 0,090411 h_m + 0,01238 b + \\
 & + 0,00053 n^2 - 0,00044 h_m^2 + 0,0001 b^2 - 0,01255 n h_m - \\
 & - 0,00063 n b - 0,00064 h_m b + 0,000023 n h_m b.
 \end{aligned}
 \quad (2)$$

Качество смеси с увеличением высоты поднятия манжеты значительно снижалось. По мере роста частоты вращения вала равномерность смеси сначала снижалась (5...15 мин<sup>-1</sup>) из-за увеличения концентрации потоков и ухудшения их взаимного проникновения. При дальнейшем возрастании частоты вращения вала (15...35 мин<sup>-1</sup>) увеличивалась кинетическая энергия, способствующая лучшему взаимопроникновению потоков. Постановка пластин под углом 20...40° в горловине дополнительной воронки улучшает качество смеси.

Графический анализ указанного выражения (рис. 3) позволил определить рациональные интервалы показателей: частоту вращения вала 27...35 мин<sup>-1</sup>; высоту поднятия манжеты 20...30 мм; угол постановки пластин в горловине дополнительной воронки 40°, при этом равномерность смешивания находилась в пределах 90...99%, что соответствовало зоотехническим требованиям, предъявляемым к смесям для крупнорогатого скота.

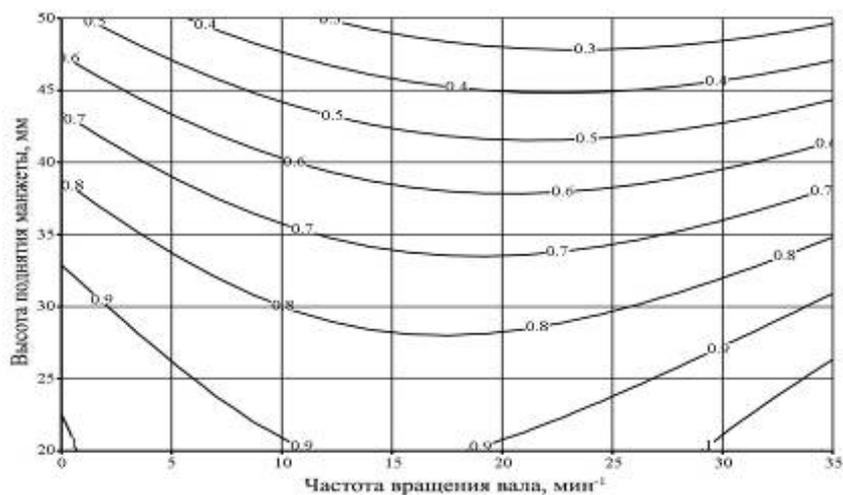


Рис. 3. Зависимость равномерности смешивания от частоты вращения вала и высоты поднятия манжеты при угле постановки пластин 40°

Анализ влияния производительности на равномерность смешивания (рис. 4) позволил определить рациональный интервал производительности (соблюдение зоотребований –  $V_p$  не ниже 90%) – 2...8 т/ч.

Энергоёмкость смесеобразования при производительности в указанных пределах: при 2 т/ч составляет 48 Вт·ч/т, при 8 т/ч – 39 Вт·ч/т, т.е. с увеличением производительности удельные энергозатраты снижаются (рис. 5). Таким образом, наиболее рациональным режимом работы дозатора-смесителя кормов будет: производительность 8 т/ч с энергоёмкостью 39 Вт·ч/т, равномерностью смеси 90%, при высоте поднятия манжеты 30 мм, частоте вращения вала 35 мин<sup>-1</sup>. Наивысшее качество смеси ( $V_p = 0,97$ ) обеспечивается при высоте поднятия манжеты 27 мм, частоте вращения вала 35 мин<sup>-1</sup>, с производительностью 4,5 т/ч и энергоёмкостью 44 Вт·ч/т.



Рис. 4. Зависимость равномерности смешивания  $V_p$  от производительности при различной высоте поднятия манжеты

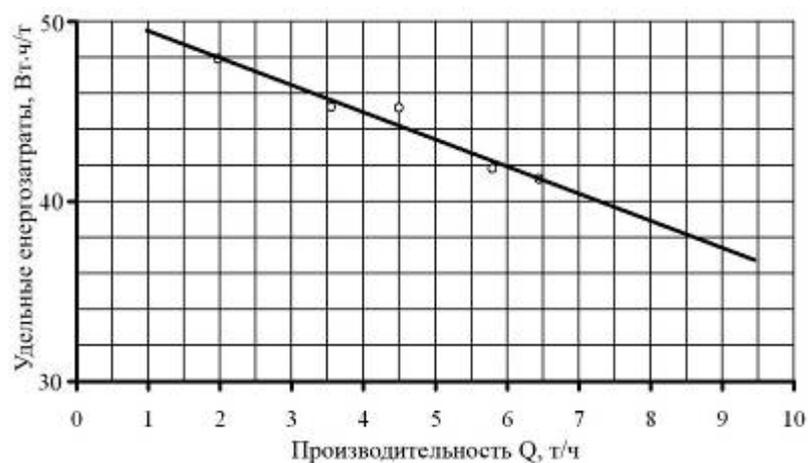


Рис. 5. Зависимость удельных энергозатрат от производительности

В результате проведенных исследований получены уравнения регрессии, описывающие влияние на производительность дозатора-смесителя и равномерность получаемой смеси высоты поднятия манжеты и частоты вращения вала.

Определен интервал изменения производительности, при котором обеспечивается необходимая равномерность смеси 90%, и рациональный режим работы с минимальной энергоемкостью 39 Вт·ч/т.

#### Библиографический список

1. Направления, основные мероприятия и параметры приоритетного национального проекта «Развитие агропромышленного комплекса». – М., 2005. – 10 с.
2. Межуева, Л.В. Механико-технологическое обоснование процесса смесеприготовления: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Оренбург: РИЦ ОГУ, 2008. – 18 с.

УДК 636.002.5

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СМЕСИТЕЛЯ ПО МИНИМУМУ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ

**Чупшев Алексей Владимирович**, аспирант кафедры «Механизация и технология животноводства» ФГОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия». 440014, Пенза, ул. Ботаническая, 30. Тел.: (841-2) 628-272.

**Коновалов Владимир Викторович**, д-р т.н., проф. кафедры «Механизация и технология животноводства» ФГОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия». 440014, Пенза, ул. Ботаническая, 30. Тел.: (841-2) 628-272.

**Петрова Светлана Станиславовна**, к.т.н., доцент кафедры «Механика и инженерная графика» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия». 446442, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2. Тел.: 8(84663) 46-2-44.

**Ключевые слова:** смеситель, энергоемкость, качество смеси, частота вращения, неравномерность.

*Даются описание и схема быстроходного смесителя концентрированных кормов периодического действия, результаты исследований влияния частоты вращения его рабочего органа, количества и длины лопастей на энергоемкость смешивания. Приводятся оптимальные значения параметров смесителя.*

Обеспечение населения животноводческой продукцией требует повышения продуктивности животных и улучшения результатов от использования кормов. К 2010 г. планируется поднять численность и довести производство свинины до 3,3...3,5 млн. т в убойной массе. Для этого, требуется увеличить среднесуточный прирост живой массы свиней на откорме до 600...650 г/гол, уменьшить удельную энергоматериалоемкость на 35...40%, снизить удельный расход кормов с 10,9 до 4,5...5,5 корм. ед. [1].

Наиболее эффективной технологией производства свинины является технология, основанная на концентратном типе кормления. В последние годы наметилась общая тенденция к производству комбикормов на животноводческих объектах из имеющего зернового сырья и приобретаемых полноценных белково-витаминных добавок. Это требует разработки технических средств приготовления кормовых смесей невысокой производительности, обеспечивающих как приготовление качественной смеси, так и снижение неэффективного расхода корма.

*Цель исследований* – разработать технические средства механизации, обеспечивающие качества смешивания кормов, снижение кормовых потерь и энергоёмкости.

В соответствии с целью в работе поставлена следующая задача – определение оптимальных конструктивно-режимных параметров смесителя, обеспечивающих снижение величины энергетических затрат.

Разработан быстроходный смеситель кормов периодического действия (рис. 1), позволяющий перемешивать компоненты с долей меньшего из них – не менее 1%. Мощность привода составляет 2,2 кВт, масса порции смеси – 5 кг [2, 3]. Вначале через загрузочное окно 9 засыпается наполнитель, а затем микрокомпоненты. Включается электродвигатель 11 и компоненты перемешиваются в емкости 1 при воздействии на них лопастей мешалки 6, закрепленной на центральном валу 4 смесителя. Лопасти мешалки выполнены из прутка круглого сечения. По истечению времени перемешивания открывается заслонка 7 выгрузного окна и отгружается готовая смесь по лотку 8.

В результате исследований смесителя кормов определяли энергоёмкость приготовления корма при различных конструктивных параметрах смесителя. В результате исследований энергоёмкости в зависимости от частоты и длины лопастей необходимо определить оптимальные конструктивные параметры, при которых энергоёмкость имеет минимальное значение. По полученным в результате исследований данным значений энергоёмкости получены модели  $Y_{10}$  и  $Y_5$  в зависимости от частоты вращения  $n$  и коэффициента длины лопасти  $k_L$  до достижения неравномерности смеси  $v = 10$  и 5% [4].

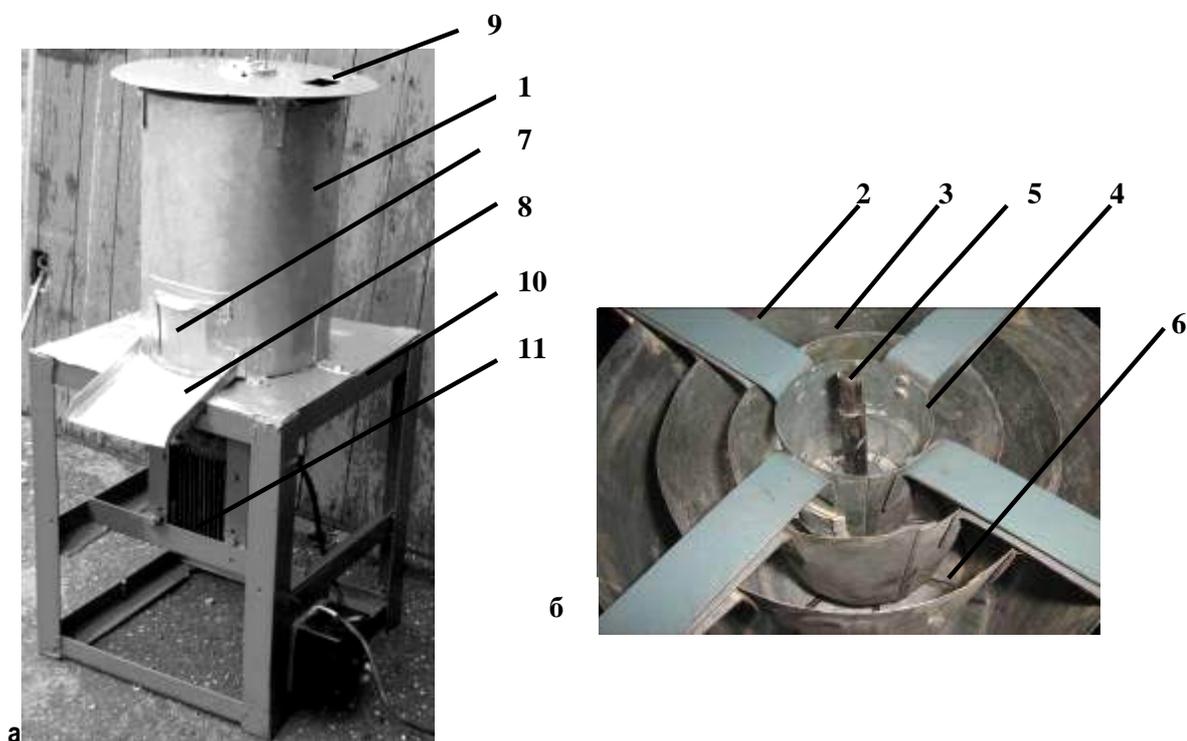


Рис. 1. Схема и общий вид быстроходного смесителя: 1 – емкость смесителя; 2, 3, 4 – дополнительные смесительные емкости; 5 – вертикальный вал; 6 – мешалка; 7 – заслонка; 8 – выгрузной лоток; 9 – загрузочное окно; 10 – рама; 11 – электродвигатель мощностью 2,2 кВт

$$Y_{10} = 5487,1 - 0,323 \cdot n - 17332,6 \cdot k_L + 20926,6 \cdot k_L^2 + 0,23 \cdot n \cdot k_L + 2027,76 \cdot k_L^4 - 10864 \cdot k_L^3; \quad (1)$$

$$Y_5 = 7488,5 - 1,5 \cdot n - 22696,7 \cdot k_L + 0,001 \cdot n^2 + 29879,2 \cdot k_L^2 - 1,4 \cdot n \cdot k_L + 3102,99 \cdot k_L^4 - 16309 \cdot k_L^3 + 0,7182 \cdot k_L^2 \cdot n.$$

Энергоёмкости смешивания, соответствующие неравномерности  $v=10\%$  и  $v=5\%$  (рис. 3, а, б), показывают ее сложное пространственное изменение. Наибольшая энергоёмкость наблюдается при

коэффициенте длины лопасти  $k_L = 1,2...1,4$  независимо от частоты вращения на исследуемом интервале. Видимо, это связано с изменением характера движения компонентов в смесителе. При коэффициенте длины лопасти  $k_L \leq 1$  работа смесителя соответствует прямым радиальным лопастям и режиму горизонтального турбулентного смешивания. Более  $k_L = 1,6$  – наличие вертикальных участков лопасти обеспечивает устойчивую вертикальную циркуляцию корма за счет его подъема и ссыпания к центру с сочетанием горизонтального турбулентного движения. В промежутке между двумя указанными режимами движения находится переходный участок ( $k_L = 1,1...1,5$ ), на котором корм прижимается вертикальной частью лопастей к стенке бункера, но малая длина вертикальной части лопасти еще не обеспечивает устойчивой вертикальной циркуляции материала. В результате корм как бы заклинивается в районе нижнего угла, увеличивая трение и уплотняясь, тем самым, ухудшая качество смеси и увеличивая затраты энергии. Длинные лопасти требуют меньшей частоты вращения (900...1000 мин<sup>-1</sup>), короткие радиальные – увеличенной (1200...1500 мин<sup>-1</sup>).

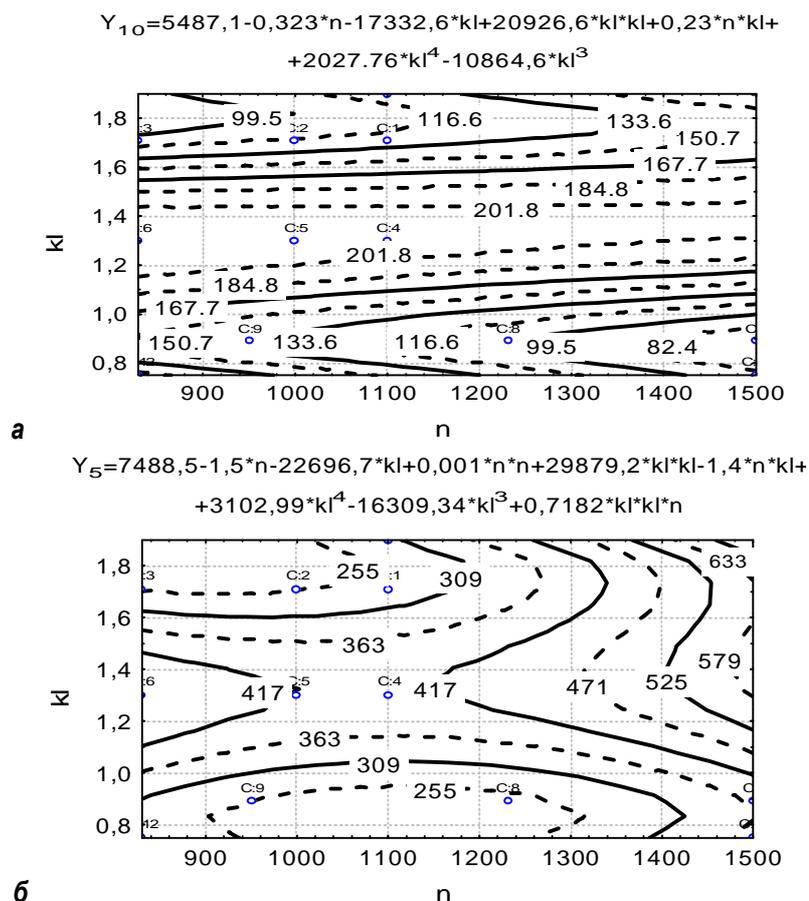


Рис. 2. Влияние частоты вращения  $n$  (мин<sup>-1</sup>) и коэффициента длины лопастей  $k_L$ :  
 а – на энергоёмкость приготовления смеси  $Y_{10}$  (кДж/кг) при  $n = 10\%$ ;  
 б – энергоёмкость приготовления смеси  $Y_5$  (кДж/кг) при  $v = 5\%$

Минимальной энергоёмкости соответствуют два интервала: для  $n = 10\%$   $n = 1500$  мин<sup>-1</sup> при  $k_L = 0,9$  и  $n = 800...1000$  мин<sup>-1</sup> при  $k_L = 1,7...1,8$ ; для  $n = 5\%$   $n = 1000...1300$  мин<sup>-1</sup> при  $k_L = 0,9$  и  $n = 800...1000$  мин<sup>-1</sup> при  $k_L = 1,7...1,8$ . Однако с учетом нагрева корма и доизмельчения частиц следует рекомендовать при  $n = 10\%$  –  $n = 1500$  мин<sup>-1</sup> и  $k_L = 0,9$ ; при  $n = 5\%$  –  $n = 1000...1300$  мин<sup>-1</sup> и  $k_L = 0,9$ .

Тем самым, потребное качество смеси (ее неравномерность) влияет на оптимальную частоту рабочего органа. Для равномерности смеси 90% ( $n = 10\%$ ) желательна частота вращения  $n = 1500$  мин<sup>-1</sup>, для равномерности 95% ( $n = 5\%$ ) –  $n = 1000...1300$  мин<sup>-1</sup>. Длина лопасти должна составлять 132 мм ( $k_L = 0,9$ ). При рекомендуемых параметрах для  $n = 10\%$  корм смешивают  $T = 4$  мин, для  $n = 5\%$  время  $T = 16$  мин. Затраты энергии, соответственно, 65 и 250 кДж/кг, отсутствует перегрев материала и наблюдается незначительное доизмельчение.

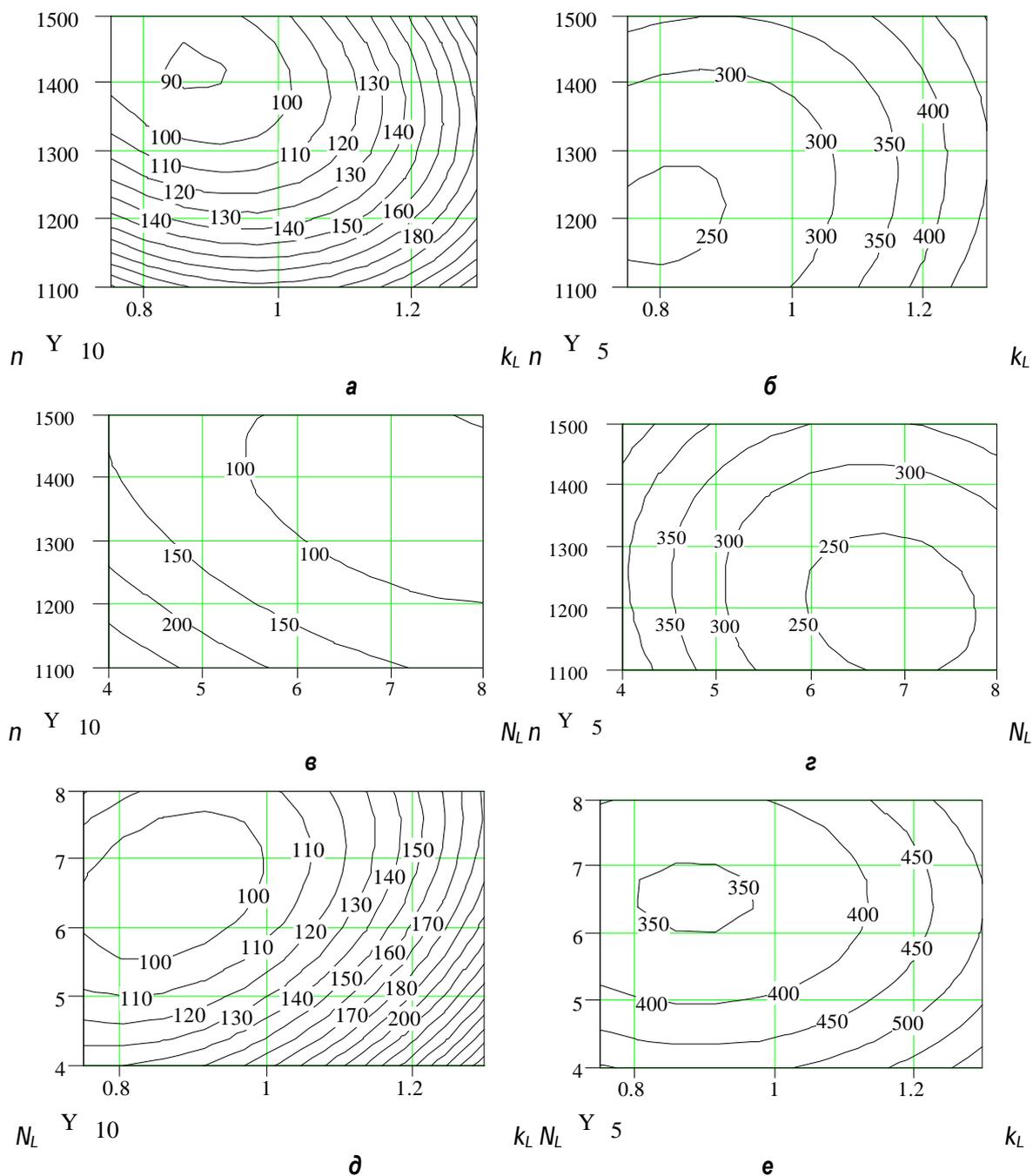


Рис. 3. Двумерные сечения поверхности отклика энергоёмкости смешивания  $Y_{10}$  и  $Y_5$  при неравномерности смеси, соответственно  $\pi = 10$  и  $5\%$ , в зависимости:  
а, б – от частоты вращения  $n$  (мин<sup>-1</sup>) и коэффициента длины  $k_L$  при  $N_L=6$  шт.; в, г – частоты вращения  $n$  (мин<sup>-1</sup>) и количества лопастей  $N_L$  (шт.) при  $k_L=0,9$ ; д, е – количества лопастей  $N_L$  (шт.) и коэффициента длины  $k_L$  при  $n=1500$  и  $n=1230$  мин<sup>-1</sup> соответственно

Для реализации экстремального трехфакторного плана использована матрица плана второго порядка для трех факторов (выборка из плана эксперимента типа 3<sup>3</sup>), при этом в опытах коэффициент соотношения длины лопасти и радиуса емкости составил  $k_L = 0,75; 0,89; 1,3$ ; частота вращения рабочего органа  $n=1500; 1230; 1100$  мин<sup>-1</sup>; количество лопастей мешалки  $N_L = 4; 6; 8$  шт. Получены модели энергоёмкости  $Y$  приготовления смеси в зависимости от частоты вращения  $n$ , коэффициента длины лопасти  $k_L$  и количества лопастей  $N_L$  до достижения неравномерности смеси  $\pi = 10\%$  и  $\pi = 5\%$ , соответственно:

$$Y_{10} = 3710,791 - 1207,04 \cdot k_L - 180,143 \cdot N_L - 3,5288 \cdot n + 537,5711 \cdot k_L^2 + 7,71068 \cdot N_L^2 + 0,000974 \cdot n^2 - 39,5561 \cdot k_L \cdot N_L + 0,355028 \cdot k_L \cdot n + 0,075014 \cdot N_L \cdot n;$$

$$Y_5 = 3677,718 - 951,571 \cdot k_L - 362,278 \cdot N_L - 3,05909 \cdot n + 907,8770 \cdot k_L^2 + 21,68063 \cdot N_L^2 + 0,0001312 \cdot n^2 + 8,888021 \cdot k_L \cdot N_L - 0,478079 \cdot k_L \cdot n + 0,046719 \cdot N_L \cdot n.$$

На рисунке 3 приведены двумерные сечения поверхностей отклика, позволяющие определить устойчивую зону минимума энергоемкости. Для получения смеси с равномерностью  $V_p = 90\%$  ( $n = 10\%$ ) требуются минимальные затраты энергии ( $Y_{10} \approx 65$  кДж/кг) при частоте вращения мешалки смесителя  $n = 1400 \dots 1500$  мин<sup>-1</sup>, количестве лопастей  $N_L = 6 \dots 7$  шт., коэффициенте длины лопасти  $k_L = 0,9$ .

Получение смеси с равномерностью  $V_p = 95\%$  ( $n = 5\%$ ) требует минимальных затрат энергии ( $Y_{10} \approx 240$  кДж/кг) при частоте вращения мешалки смесителя  $n = 1150 \dots 1250$  мин<sup>-1</sup>, количестве лопастей  $N_L = 6 \dots 7$  шт., коэффициенте длины лопасти  $k_L = 0,9$ .

**Заключение.** Оптимальны параметры мешалки, у которой количество лопастей 6...7 шт., коэффициент длины лопасти  $k_L = 0,9$ , частота вращения мешалки для достижения равномерности  $V_p = 90\%$  – 1400...1500 мин<sup>-1</sup>, для  $V_p = 95\%$  – 1150...1250 мин<sup>-1</sup>. Повышение качества смеси (снижение неравномерности смеси с 10 до 5%) требует увеличения энергоемкости перемешивания в 4 раза.

#### Библиографический список

1. Основные направления развития кормопроизводства РФ на период до 2010 года. – М.: ФГНУ Росинформагротех. – 2001. – 64 с.
2. Коновалов, В.В. Смеситель концентрированных кормов / В.В. Коновалов, А.В. Чупшев, С.В. Гусев // Сельский механизатор. – 2008. – №7. – С. 48
3. Чупшев, А.В. Влияние технологических параметров на показатели работы смесителя микродобавок / А.В. Чупшев, В.В. Коновалов // Нива Поволжья. – 2009. – №2. – С. 76-81.
4. Коновалов, В.В. Механизация технологических процессов животноводства / В.В. Коновалов, С.И. Щербakov, В.Ф. Дмитриев. – Пенза: РИО ПГСХА, 2006. – 275 с.

УДК 636.002.5

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ СМЕСЕОБРАЗОВАНИЯ БЫСТРОХОДНЫХ СМЕСИТЕЛЕЙ

**Терюшков Вячеслав Петрович**, к.т.н., доцент кафедры «Механизация и технология животноводства» ФГОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия».

440014, Пенза, ул. Ботаническая, 30.

Тел.: (841-2) 628-272.

**Чупшев Алексей Владимирович**, аспирант кафедры «Механизация и технология животноводства» ФГОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия».

440014, Пенза, ул. Ботаническая, 30.

Тел.: (841-2) 628-272.

**Широкова Оксана Николаевна**, аспирант кафедры «Механизация и технология животноводства» ФГОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия».

440014, Пенза, ул. Ботаническая, 30.

Тел.: (841-2) 628-272.

**Коновалова Мария Владимировна**, студент ФГОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия».

440014, Пенза, ул. Ботаническая, 30.

Тел.: (841-2) 628-272.

**Ключевые слова:** смеситель, масса смеси, энергоемкость, мощность, длительность.

*Даются описание быстроходного смесителя периодического принципа действия, аналитическое обоснование влияния факторов, определяющих энергоемкость смесеобразования, а также результаты экспериментальных исследований по выявлению влияния температурных составляющих процесса и показателей доизмельчения корма. Приводится обоснование рациональных режимно-технологических параметров смесителя, обеспечивающих снижение энергозатрат на нежелательный нагрев и переизмельчение корма.*

*Цель исследования* – выявление способов снижения энергоемкости приготовления смесей быстроходным смесителем ступенчатого смешивания.

В соответствии с целью исследования были поставлены следующие задачи:

- 1) определить основные составляющие энергоемкости приготовления смесей быстроходным смесителем ступенчатого смешивания, в том числе обладающие негативным воздействием на материал смеси;
- 2) выявить рациональные и оптимальные параметры смесителя, позволяющие снизить величину энергетических затрат при работе быстроходного смесителя.

Для определения энергоемкости смесеобразования  $Y$  (Дж/кг) требуется знать затраченную энергию (работу) и массу приготовленной смеси [1]. Соответственно, для смесителя, представленного на рисунке 1 [2] энергоемкость определится:

$$Y = \frac{\sum A^i}{M} = \frac{\sum_i [N_{ji} \cdot T_{xxj} + N_{ji} \cdot T_{zj} / 2 + N_{ji} \cdot T_{xj} + N_{ji} \cdot T_{cj} + N_{ji} \cdot T_{vj} / 2]}{M}, \quad (1)$$

где  $A^i$  – работа, затраченная на выполнение  $j$ -х операций в  $i$ -й емкости, Дж;  $M$  – масса приготавливаемой порции смеси, кг;  $T_{xxj}$  – длительность холостого движения (рис. 2) рабочего органа ( $j=1$ ), с;  $T_{zj}$ ,  $T_{vj}$  – длительность загрузки компонентов ( $j=2$ ) и выгрузки готовой смеси в  $i$ -й емкости ( $j=5$ ), с;  $T_{xj}$ ,  $T_{cj}$  – длительность холостого перемешивания (до подачи контролируемого компонента,  $j=3$ ) и рабочего смешивания ( $j=4$ ), с;  $N_{ji}$  – мощность, необходимая на привод рабочего органа в  $i$ -й емкости во время выполнения  $j$ -й операции, Вт.

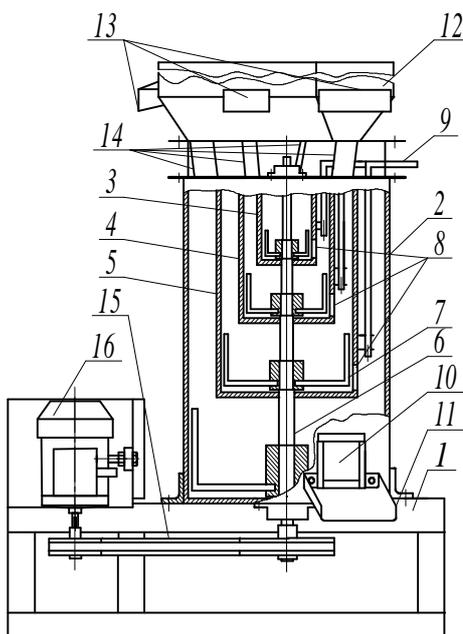


Рис. 1. Конструктивная схема быстроходного смесителя периодического действия:

1 – рама; 2 – корпус; 3, 4, 5 – смесительные емкости; 6 – центральный вал; 7 – мешалка; 8 – заслонка емкостей; 9 – рукоятка; 10 – выгрузная заслонка корпуса; 11 – лоток; 12 – бункер; 13 – заслонки бункера; 14 – гибкий шланг; 15 – клиноременная передача; 16 – электродвигатель

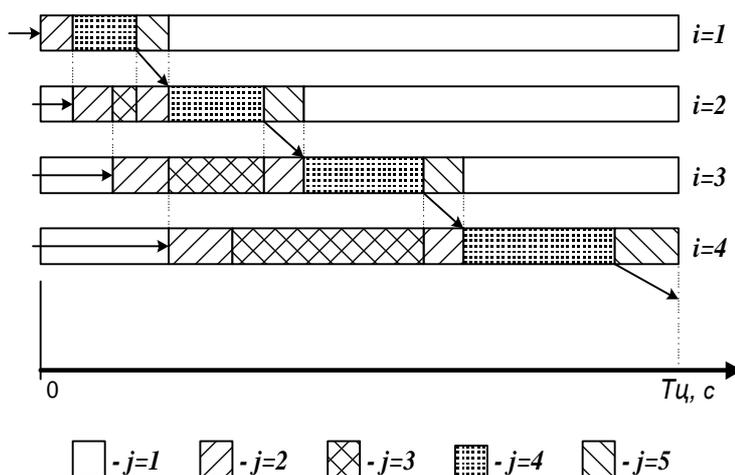


Рис. 2. Схема технологического процесса приготовления порции смеси:

$i$  – номер смесительной емкости (от минимального объема к максимальному);  $j=1$  – время холостого движения рабочего органа;  $j=2$  – время загрузки компонентов;  $j=3$  – время холостого перемешивания (до подачи контролируемого компонента);  $j=4$  – время рабочего смешивания;  $j=5$  – время выгрузки готовой смеси

При указанной технологии выполнения операций при ручном заполнении смесителя исходными компонентами вначале осуществляется погрузка исходных компонентов ( $j=2$ ) в малую емкость 3 смесителя ( $i=1$ ). По ее завершении осуществляется перемешивание компонентов ( $j=4$ ) до получения первичной смеси. Одновременно, с началом данной операции производится заполнение ( $j=2$ ) второй емкости 4 наполнителем ( $i=2$ ). По окончании указанного заполнения производится холостое перемешивание наполнителя ( $j=3$ ) до начала выгрузки ( $j=5$ ) первичной смеси из малой емкости 3. Опорожнение малой емкости 3 от первичной смеси ( $j=5$ ) является подачей последнего компонента ( $j=2$ ) во вторую емкость 4. По завершении поступления данной смеси ( $j=2$ ) осуществляется смешивание ( $j=5$ ) компонентов вторичной смеси в емкости 4.

Последующие операции выполняются аналогично. Конец выгрузки смеси ( $j=5$ ) из четвертой емкости (корпус 2,  $i=4$ ) является окончанием цикла смешивания.

Длительность погрузки компонентов ( $c$ ) в емкости определяется производительностью используемых дозирующих устройств [4]

$$T_3 = M_{i,k} / Q_k \quad (2)$$

где  $Q_k$  – производительность  $k$ -го дозирующего устройства, кг/с;  $M_{i,k}$  – масса  $k$ -го компонента, загружаемого в  $i$ -ю емкость, кг.

$$M_k = M \cdot d_k \quad (3)$$

где  $d_k$  – доля  $k$ -го компонента по рецептуре смеси.

Длительность смешивания можно определить, с

$$T_c = K_b \cdot K_v / (N \cdot n) \quad (4)$$

где  $N$  – количество лопастей, шт.;  $n$  – частота вращения рабочего органа, с<sup>-1</sup>;  $K_b$  – потребная кратность воздействия на смесь лопастей рабочего органа при смешивании, раз;  $K_v$  – поправочный коэффициент (рис. 6, 7).

Длительность выгрузки смесей  $T_v$  определяется размерами выгрузного окна и кинематическим режимом, определяющим величину центробежных сил [1].

Длительность цикла смешивания определится, с (рис. 2)

(5)

Производительность смесителя, кг/с, составит

$$Q = \frac{M}{T_{ц}} = \frac{M}{T_{з1} + \sum_i (T_{c_i} + T_{v_i})} \quad (6)$$

Потребная мощность привода смесителя определяется [3]

$$N_{np} = \frac{\sum N_i}{h} = \frac{\sum_i k_p \cdot (N_1 + N_2 + N_3 + N_4)}{h} \quad (7)$$

где  $h$  – коэффициент полезного действия привода;  $k_p$  – поправочный коэффициент, учитывающий внутренние и внешние потери;  $N_1$  – мощность, затрачиваемая на перемещение корма (с учетом трения лопастей о корм и корма о стенки емкости), Вт;  $N_2$  – мощность, затрачиваемая на образование «кипящего» слоя материала, Вт;  $N_3$  – мощность, затрачиваемая на измельчение материала, Вт;  $N_4$  – мощность, затрачиваемая на нагрев материала и смесителя, Вт [3].

Мощность, затрачиваемая на перемещение корма и затрачиваемая на образование «кипящего» слоя материала зависят от особенностей конструкции смесителя, его радиуса емкости  $R$ , показателя кинематического режима, степени заполнения емкости и физико-механических свойств компонентов смеси.

Мощность, затрачиваемая на измельчение материала, Вт

$$N_3 = \frac{A_{y0}}{1000} \cdot T_{ц} \quad (8)$$

где  $A_{y0}$  – затраты энергии при измельчении твердых тел молотковыми рабочими органами (рабочая формула профессора С.В. Мельникова), кДж/кг:

(9)

где  $C_{np}$  – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние неучтенных факторов при влажности 14%;  $C_v$ ,  $C_s$ ,  $C_w$  – поправочные коэффициенты;  $W$  – относительная влажность корма, %;  $K_1$ ,  $K_2$  – коэффициенты, учитывающие вид материала;  $\lambda$  – степень измельчения материала при обработке [4].

$$C_\lambda = 1 - K_1 \cdot (W - 14); C_w = 1 + K_2 \cdot (W - 14).$$

Степень измельчения материала при обработке  $\lambda$  можно выразить через коэффициент уменьшения

$$\lambda = \frac{1}{k_m}.$$

модуля помола:

При этом с учетом того, что измельчение корма является нежелательным процессом, скорость движения конца лопастей мешалки  $u_{lc}$ , меньше разрушающей скорости  $J_{разр}$  [5], м/с:

$$u_{lc} \leq J_{разр} = \sqrt{\frac{k_\delta \cdot S_{cm}}{r}} \cdot (0,81 + 2,3 \cdot \lg(I)), \quad (10)$$

где  $k_\delta$  – коэффициент динамичности, 1,4...2;  $S_{cm}$  – статический предел прочности частиц корма, МПа;  $r$  – плотность частиц корма, кг/м<sup>3</sup> [5].

Мощность, затрачиваемая на нагрев материала и смесителя, Вт

$$N_4 = \frac{(Q_{C4} + Q_{M4} + Q_{O4})}{T_{Ц}}, \quad (11)$$

где  $Q_{C4}$  – количество энергии, затраченное на нагрев смесителя за время цикла, Дж;  $Q_{M4}$  – количество энергии, затраченное на нагрев материала за время цикла, Дж;  $Q_{O4}$  – потери энергии в окружающую среду за время цикла, Дж.

Количество энергии на нагрев смесителя и материала, Дж

$$Q_{C4} = M_C \cdot C_C \cdot (t_{Kc} - t_{Hc}); \quad Q_{M4} = M \cdot C_M \cdot (t_{Km} - t_{Hm}), \quad (12)$$

где  $M_C$  – масса смесителя, кг;  $C_C$ ,  $C_M$  – теплоемкость материала смесителя и материала смеси, (Дж/кг)·град.;  $t_{Hc}$ ,  $t_{Kc}$  – начальная и конечная температура смесителя, °С;  $t_{Hm}$ ,  $t_{Km}$  – начальная и конечная температура смешиваемого материала, °С [5].

Потери энергии в окружающую среду за время цикла, Дж

$$Q_{O4} = F_C \cdot T_{Ц} \cdot b \cdot \Delta t_0, \quad (13)$$

где  $F_C$  – площадь поверхности смесителя, м<sup>2</sup>;  $\Delta t_0$  – разность температур стенок смесителя и окружающего пространства (воздуха), °С;  $b$  – коэффициент теплопередачи, ориентировочно определяемый по эмпирической формуле [4, 5], Вт/(м<sup>2</sup>·°С):  $b = 8,4 + 0,06 \cdot \Delta t_0$ .

Используя опытные данные, получены регрессионные модели коэффициента изменения модуля помола  $k_m$  в зависимости от частоты вращения  $n$  и коэффициента длины лопастей ( $k_L = L/R$ ) при длительности смешивания  $T = 15$  мин (рис. 3). Наименьшее измельчение ( $k_m = 0,99$ ) наблюдается при длине лопасти  $L = 132$  мм ( $k_L = 0,89$ ) и частоте  $n = 830$  мин<sup>-1</sup>, т.е. при минимальном воздействии лопастей мешалки. Поэтому для предотвращения измельчения частиц, нежелательно увеличение длины лопастей мешалки и частоты вращения. Однако с учетом получения необходимого качества смеси требуется рост частоты вращения до 1500 мин<sup>-1</sup> при указанном значении  $k_L$ . Коэффициент модуля помола  $k_m$  изменяется при этом незначительно – с 0,99 до 0,96.

$$k_m = 1,356 - 0,0002 \cdot n - 0,394 \cdot k_L + 8,4e-8 \cdot n^2 + 0,16 \cdot k_L^2 - 0,00007 \cdot n \cdot k_L$$

$$t = 92,52 + 0,024 \cdot n + 173,86 \cdot k_L - 0,00001 \cdot n^2 - 67,1 \cdot k_L^2 + 0,028 \cdot n \cdot k_L$$

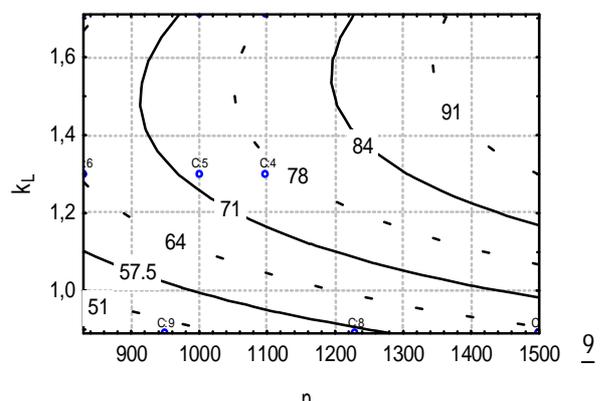
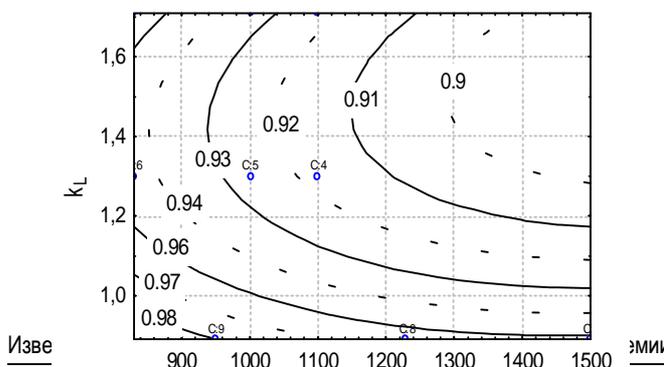


Рис. 3. Влияние частоты вращения  $n$  (мин<sup>-1</sup>) и коэффициента длины лопастей  $k_L$  на коэффициент изменения модуля помола смеси  $k_m$

Рис. 4. Влияние частоты вращения  $n$  (мин<sup>-1</sup>) и коэффициента длины лопасти  $k_L$  мешалки на температуру смеси  $t$  (°C)

Одновременно с изменением модуля помола происходит рост температуры. За 15 мин смешивания наиболее интенсивно на рост температуры от 20°C повлияет длина лопастей (рис. 4). При  $k_L = 1,7$  корм нагревается свыше 90°C, образуя спекшиеся комочки. Это подтверждает ранее сделанный вывод, что при  $k_L \geq 1$  для улучшения качества смеси желательно увеличивать частоту вращения, а не длину лопастей изучаемого смесителя.

Используя аналогичные данные, получена модель температуры смеси в зависимости от количества  $N$  и диаметра лопастей  $d$  мешалки смесителя. Наименьший нагрев наблюдается при тонких лопастях ( $d = 7...8$  мм). С увеличением диаметра лопастей и их количества происходит незначительный рост температуры.

Необходимое количество воздействий лопасти  $K_b$  для обеспечения качественной смеси (неравномерность смеси  $n = 5\%$ ) приведено на рисунке 6.

В случае использования в качестве исходного компонента предварительной смеси в количестве 20...30% от массы конечной смеси, получаемой в данной емкости, имеется возможность сокращения количества воздействий за счет введения коэффициента  $K_v$ , учитывающего равномерность  $V_p$  предварительной смеси (%) и потребную неравномерность получаемой смеси  $n$ , %, (рис. 7).

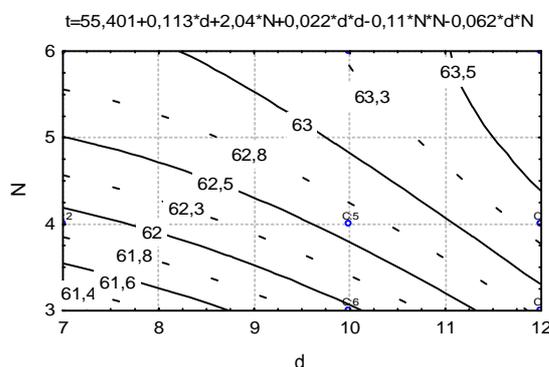


Рис. 5. Влияние количества  $N$  (шт.) и диаметра лопасти  $d$  (мм) на температуру смеси  $t$  (°C)

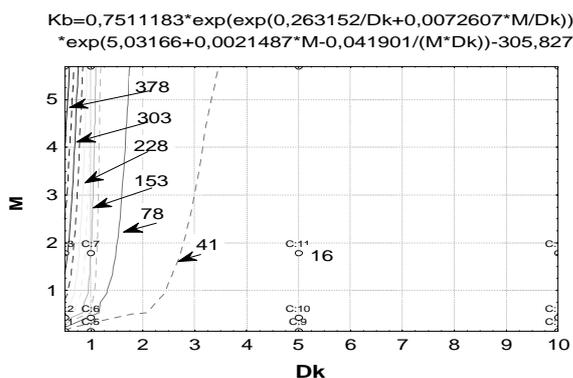


Рис. 6. Влияние доли контрольного компонента  $D_k$  (%) и массы кормовой порции  $M$  (кг) на потребное количество воздействия лопастей  $K_b$  ( $10^3$  раз) для обеспечения неравномерности смеси  $n = 5\%$

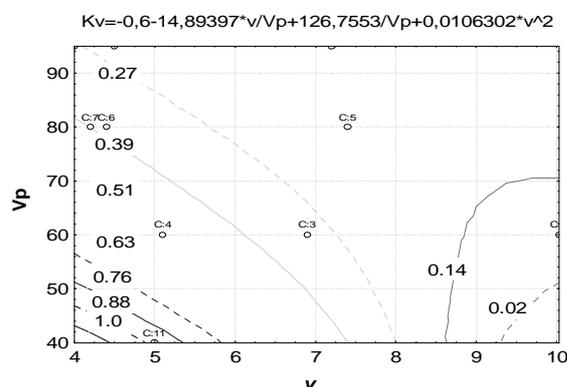


Рис. 7. Влияние равномерности исходного компонента (в виде предварительной смеси с контролируемым ингредиентом)  $V_p$  (%) и неравномерности конечной смеси  $V$  (%) на поправочный коэффициент  $K_v$

**Выводы:**

- 1) Использование ступенчатого смешивания, а также ингредиентов смеси в виде предварительных смесей позволяет сократить количество воздействий на корм, что, соответственно, сократит длительность обработки и энергоёмкость получения смеси;
- 2) Использование конструктивно-режимных параметров смесителя, позволяющих предотвратить нагрев и измельчение частиц корма в смеси, снижает величину затрат мощности привода и энергоёмкость приготовления смеси. Рационален коэффициент длины лопастей мешалки равный 0,9 при частоте вращения ротора 1500 мин<sup>-1</sup> и диаметр лопастей 7...8 мм.

**Библиографический список**

1. Слевак, С.Ф. Определение мощности лопастного смесителя сыпучих компонентов / С.Ф. Слевак, А.С. Кутин, Д.А. Скотников // Вестник Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова. – 2005. – №5. – С. 45-47.
2. Чупшев, А.В. Влияние технологических параметров на показатели работы смесителя микродобавок / А.В. Чупшев, В.В. Коновалов // Нива Поволжья. – 2009. – №2. – С. 76-81.
3. Терюшков, В.П. Обоснование параметров устройства сухой термообработки кормов / В.П. Терюшков, А.В. Чупшев, М.В. Коновалова // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России. – Пенза: РИО ПГСХА, 2009. – С. 121-122.
4. Коновалов, В.В. Механизация технологических процессов животноводства / В.В. Коновалов, С.И. Щербakov, В.Ф. Дмитриев. – Пенза: РИО ПГСХА, 2006. – 275 с.
5. Вагин, Б.И. Лабораторный практикум по механизации и технологии животноводства / Б.И. Вагин [и др.]. – В. Луки, 2003. – 534 с.

УДК 631. 363

**АНАЛИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА ЭКСТРУЗИИ**

**Новиков Владимир Васильевич**, к.т.н., проф. кафедры «Механизация и технология животноводства» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446440, Самарская обл., г. Кинель пл. Первомайская 1а.

Тел.: 8-927-202-31-87.

**Янзина Елена Владимировна**, к.пед.н., доцент кафедры «Механизация и технология животноводства» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446442, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. Садовая д. 5, кв. 3.

Тел.: 8-927-201-90-66.

**Успенская Ирина Владимировна**, к.с/х.н., доцент кафедры «Механизация и технология животноводства» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446440, Самарская обл., г. Кинель, ул. Бобровская д. 14.

Тел.: 8-903-304-15-01.

**Ключевые слова:** экструзия, процесс экструдирования, вязкость зерновой смеси, производительность шнекового питателя, производительность пресс-экструдера.

*Рассмотрены и проанализированы теоретические исследования процесса экструзии. Приведены зависимости, позволяющие определить степень влияния различных факторов на производительность пресс-экструдера.*

Исходя из зоотехнических требований к кормлению животных и учитывая экономические показатели, метод экструдирования зерновой смеси открывает широкие перспективы повышения эффективности использования кормов.

Из всех этих требований следует, что процесс экструдирования зерна должен иметь теоретически обоснованные, практически осуществимые и надежные способы быстрого регулирования качества получаемого корма.

*Задача работы* – анализ теоретических исследований процесса экструзии.

Большая роль в решение вопросов совершенствования технологии приготовления кормов методом экструзии принадлежит таким учёным, как В.И. Сыроватка, Л.П. Карташову, В.Ф. Некрашевичу, А.И. Завражнову, В.Ю. Полищуку, И.Э. Груздеву, Ю.П. Широу, Т.М. Зубковой, А.И. Жушману, В.Г. Короткову, В.П. Попову, А.Н. Острикову, О.В. Абрамову, Я.М. Жислину.

Исследованиями процесса экструзии занимались Е.С. Макаров, Н.В. Гаврилов, С.В. Денисов, В.Е. Ланкин, Д.А. Мусиенко, В.В. Новиков, В.В. Петров, К.А. Фисенко, У.Б. Хасенов и др.

Наиболее изученным в теоретическом и экспериментальном плане является процесс экструзии полимеров, который всесторонне отражен в ряде зарубежных и отечественных работ.

Математические уравнения процесса экструзии полимеров применимы и к процессу экструзии смеси зерна, с учетом их физико-механических свойств и конструкции используемых пресс-экструдеров.

Процесс экструзии, протекающий в рабочем цилиндре пресс-экструдера, по длине шнека разделяют на три зоны: питания, плавления и дозирования. Принятое разделение по зонам позволяет более глубоко изучить процесс экструзии в целом.

Исходная смесь, попадая в зону питания, уплотняется и перемещается в зону плавления подобно твердому стержню. Производительность на данном участке зависит от конструктивных параметров шнека и коэффициентов трения смеси о поверхность шнека и цилиндра [1]. Для повышения производительности пресс-экструдера необходимо, чтобы коэффициент трения между экструдатом и цилиндром был больше чем между экструдатом и шнеком

Так, в пресс-экструдерах, для переработки зерновой смеси с целью повышения производительности на внутренней поверхности цилиндра устанавливают продольные ребра, позволяющие значительно увеличить коэффициент трения между экструдатом и цилиндром.

Зона плавления, где происходит основное физико-химическое преобразование исходной смеси, является наиболее сложной с точки зрения экспериментального и теоретического изучения процесса.

Теоретически и экспериментально более полно изучен процесс, протекающий в зоне дозирования. В этой зоне шнек рассматривается как винтовой насос. По мнению многих авторов на данном участке приемлема математическая модель, описывающая течение ньютоновской жидкости в винтовом канале шнека.

В большинстве работ формула производительности приводится для изотермического процесса экструзии при условии постоянства размеров винтового канала шнека [2]

$$G = \frac{F_d \cdot p \cdot D \cdot \cos j \cdot \epsilon_p \cdot h_p \cdot n_{ш}}{2} - \frac{F_p \cdot \sin j \cdot \epsilon_p \cdot h_p^3 \cdot \Delta P_{ш}}{12 \cdot m_e \cdot L_p}, \quad (1)$$

где  $G$  – объемная производительность;

$D$  – диаметр шнека, м;

$\epsilon_p$

– ширина канавки в зоне расплава шнека перпендикулярно виткам, м;

$h_p$  – глубина канавки в зоне расплава, м;

$j$  – угол наклона винтовой нарезки шнека, град.;

$n_{ш}$  – частота вращения шнека, с<sup>-1</sup>;

– перепад давления в зоне расплава, Па;

$m_e$  – эффективная вязкость, Па·с;

$F_d, F_p$  – коэффициенты формы вынужденного потока и противотока.

Известно, что процесс экструзии зависит не только от конструктивно-режимных параметров шнека, но и от выходного сопротивления (конструкции головки).

Практический интерес представляет графическая зависимость производительности от перепада давления, являющаяся рабочей характеристикой экструдера [3]. Такой график позволяет выбрать более

оптимальные параметры шнека, повысить производительность процесса в зависимости от перепада давления по длине шнека.

Пропускную способность выходной головки для ньютоновской жидкости можно рассчитать по формуле [4]

$$G = \frac{k \cdot P}{\mu}, \quad (2)$$

где  $k$  – константа головки,  $k = \frac{l}{W}$ ;

$P$  – давление перед головкой Па;

$\mu$  – вязкость материала, Па·с;

$W$  – величина сопротивления выходного отверстия.

Реологические свойства экструдруемой смеси зерна, карбамида и натриевого бентонита впервые рассмотрены Макаровым Е.С. [5].

В работе Потапова Б.А. [4] представлен метод определения эффективной вязкости зерновой смеси, которую измеряли на специальном вязкозиметре при заданных температурах и влажности продукта. Этот метод основан на известной зависимости Пуазейля для случая истечения смеси из капилляра

$$m = \frac{p \cdot r^4 \cdot P}{8 \cdot Q \cdot l}, \quad (3)$$

где  $r, l$  – радиус и длина капилляра, м;

$P$  – давление у входа в капилляр, Па;

$Q$  – объем жидкости, протекающей через него в единицу времени, м<sup>3</sup>/ч.

После ряда преобразований автор получает выражение для определения максимальной напряженности сдвига на стенке капилляра при определенном давлении.

$$t = \frac{P \cdot r}{2 \cdot l}. \quad (4)$$

Средний градиент роста сдвига определяется по формуле

$$\bar{g} = \frac{4 \cdot Q}{p \cdot r^3}. \quad (5)$$

Затем им приводится графическая зависимость величин  $T$  и  $Y$  при определенных значениях температуры и влажности смеси, которая находится по формуле Освальда - де Вила

$$t = m \cdot g^n, \quad (6)$$

где  $n = \text{tg} g$ .

Процесс экструзии, в котором участвуют многие факторы при изменяющихся условиях, является многофакторным и трудно поддается описанию аналитическим методом. Поэтому изучение процесса экструзии с применением методики планирования эксперимента в настоящее время является качественно новым методом.

Существенное влияние на энергетические и качественные показатели процесса прессования оказывает скоростной режим, одним из основных критериев при выборе которого является производительность пресса. Установлено, что фактическая подача нагнетающего шнека зависит от степени заполнения объема винтовой полости, определяемой коэффициентом наполнения  $K_n$ , степени уменьшения объема смеси при ее прессовании, учитываемой коэффициентом прессования  $K_p$ , противотока смеси, определяемого коэффициентом снижения подачи  $K_c$ , составит

$$Q = 60 \cdot p \cdot m \cdot n \cdot r_1 \cdot (R^2 - r^2) \cdot \left( S_H - \frac{b_2 + b_1}{2 \cdot \cos \alpha} \right) \cdot K_v \cdot K_n \cdot K_p \cdot K_c, \quad (7)$$

где  $m$  – число заходов шнека;

$n$  – частота вращения шнека, мин<sup>-1</sup>;

$p_1$  – конечная плотность прессования, кг/м<sup>3</sup>;

$R$  и  $r$  – наружный и внутренний радиусы шнека, м;

$S_H$  – шаг нагнетающих витков шнека, м;

$b_2$  и  $b_1$  – ширина винтовой лопасти в ее нормальном сечении по наружному и внутреннему радиусам шнека, м;

$\alpha$  – угол подъема винтовой линии лопасти по среднему диаметру шнека, град;

$K_v$  – коэффициент соотношения объемов полостей приемного к нагнетающему витку шнека.

Установлено, что коэффициент наполнения может быть увеличен за интенсификации заполнения нагнетающих, витков шнека, для чего последний должен иметь убывающий аксиальный шаг. Коэффициент, учитывающий соотношение объемов приемного и нагнетающего витков определяется по выражению:

$$K_v = \frac{2S_n \cdot \cos a - (b_2 + b_1)}{2S_n \cdot \cos a - (b_2 + b_1)} \quad (8)$$

В результате применения трехмерной модели Генке получены уравнения движения смеси относительно ступицы шнекового питателя [6]

$$\begin{aligned} -\frac{r \cdot u_z^2 \cdot \operatorname{ctg}^2 a}{r} &= -\frac{dP}{dr} + r \cdot g \cdot \cos y + r \cdot w^2 \cdot r - 2r \cdot w \cdot u_z \cdot \operatorname{ctg} a; \\ \frac{r \cdot du_\phi}{dt} &= -r \cdot g \cdot \sin y - \frac{dP}{r \cdot dj} + \frac{dr \cdot h \left( \frac{u_z}{r} - \frac{du_z}{dr} \right) \operatorname{ctg} a}{r \cdot dr}; \\ r \cdot du_z &= -\frac{dP}{dZ} + \frac{dr \cdot h \cdot \frac{du_z}{dr}}{r \cdot dr}, \end{aligned} \quad (9)$$

где  $u_r, u_\phi, u_z$  – соответственно радиальная, азимутальная и осевая проекции относительной скорости точки смеси в цилиндрической системе координат, связанной с вращающимся по часовой стрелке шнеком;

$Z$  – текущая длина питателя, м;

$r$  – расстояние от геометрической оси шнека до некоторой точки внутри смеси, м;

$P$  – давление смеси, Па;

$\rho$  – плотность смеси, кг/м<sup>3</sup>;

$y = (\omega t + j)W$  – угловая скорость вращения ступицы, рад/с;

$t$  – текущий момент времени, с;

$\omega$  – угловая координата точки во вращающейся цилиндрической системе координат;

$\eta$  – локальная вязкость смеси

$$h = h_n + \frac{t_0}{h},$$

где  $h_n$  – пластическая вязкость смеси,

$t_0$  – напряжение сдвига смеси, Па;

$$h = \left( \left( \frac{u_z}{r} - \frac{du_z}{dr} \right)^2 \operatorname{ctg}^2 a + \left( \frac{du_z}{dr} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}}.$$

(10)

Производительность шнекового питателя будет зависеть от зазора между кожухом и шнеком  $d = R_k - R_2$ , вычисляемая по выражению:

$$Q = \frac{1}{2} \rho \cdot \omega \cdot T \left( \frac{R_2^2 - \left( \frac{R_1}{R_2} \right)^{2k} \cdot R_1^2}{k + 1} + (2R_2 + d)d \right). \quad (11)$$

*Заключение.* Современными исследованиями установлены зависимости, описывающие характер движения материала в различных зонах экструдера: прессования, гомогенизации и выдавливания материала через фильеру. Однако в настоящее время отсутствует единая модель работы экструдера, увязывающая между собой взаимодействие его рабочих зон.

#### Библиографический список

1. Ханин, В.П. Ресурсосберегающий процесс экструзионной обработки зернового сырья: дис. ... канд. техн. наук. – Оренбург, 1999. – 142 с.
2. Тадмор, З. Теоретические основы переработки полимеров / З.Тадмор, К. Гогос. – М.: Химия, 1984. – 628 с.
3. Митрошин, В.Н. Математическая модель переработки полимерных материалов в одночервячных экструдерах. Модель зоны питания // Вестник Самарского ГТУ. – 2004. – Вып. 20. – С. 100-104. – (Серия «Технические науки»).

4. Потапов, Б.А. О взаимозависимости некоторых факторов процесса получения наволочных смол непрерывным методом // Пластические массы. – 1960. – №1. – С. 24-29.
5. Макаров, Е.С. Значение вязкости карбамидного концентрата при экструдировании // Мех. и электр. соц. сел. хозяйства. – 1978. – №4. – С. 50-51.
6. Рябинин, Д.Д. Червячные машины для переработки пластических масс и резиновых смесей / Д.Д. Рябинин, Ю.Е. Лукач. – М.: Машиностроение, 1965. – 363 с.

УДК 631.363

## АНАЛИЗ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПЕРЕГОРОДОК БУНКЕРА ДОЗАТОРА-СМЕСИТЕЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА СМЕСИ

**Мальцев Геннадий Сергеевич**, к.т.н., ассистент кафедры «Механизация и технология животноводства» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

443541, Самарская обл., Волжский р-н, с. Рождествено, ул. Советская 16.

Тел.: 8-927-206-85-80.

**Мальцев Виталий Сергеевич**, аспирант кафедры «Механизация и технология животноводства» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

443541, Самарская обл., Волжский район, с. Рождествено, ул. Центральная д. 19, кв. 2.

Тел.: 8-927-297-43-17.

**Ключевые слова:** дозатор-смеситель, состав смеси, центральный угол, корректировка.

*Важным условием получения качественной кормовой смеси в дозаторе-смесителе является соблюдение соотношения компонентов на этапе дозирования, что при различии кормов по физико-механическим свойствам требует специальной методики расчёта центральных углов секций, в которых расположены компоненты.*

В ходе экспериментальных исследований дозатора-смесителя кормов [1] было выявлено нарушение состава смеси при большой частоте вращения скребков, что вызвало необходимость дальнейшего изучения процесса дозирования с целью определения параметров, при которых получаемый корм соответствует предъявляемым требованиям.

*Задачей работы* является расчёт центральных углов секций бункера дозатора-смесителя, с учетом физико-механических свойств компонентов корма.

Как определялось ранее [1], производительность дозатора на отдельном компоненте  $Q_i$  зависит от объёма данного вида корма, находящегося на диске дозатора, плотности и времени сбрасывания этого корма с диска:

$$Q_i = \frac{V_i r_i}{t_i}, \quad (1)$$

где  $V_i$  – объём корма, расположенного в данном секторе,  $m^3$ ;

$r_i$  – плотность корма,  $kg/m^3$ ;

$t_i$  – время сбрасывания объёма  $V_i$  с диска дозатора, с.

Объём  $V_i$  (рис. 1) будет удалён с диска дозатора полностью за время, начиная от момента касания скребка этого объёма ( $t_1$ ) и до момента прохода скребка до положения  $1'-2'$ . Угол, который пройдет скребок за время удаления объёма, составит  $(b_i + b_c)$ :

$$t_i = \frac{b_i + b_c}{w}, \quad (2)$$

где  $\beta_i$  – уточнённый центральный угол секции, рад;

$b_c = \frac{2p}{z}$  – угол, захватываемый скребком,  $z$  – число скребков;

$w = \frac{pn}{30}$  – угловая скорость вращения скребка,  $c^{-1}$ .

$$t_i = \frac{(b_i + b_c)30}{pn}. \quad (3)$$

С увеличением частоты вращения, сбрасываемый с диска объём корма  $V_i$  будет уменьшаться, так как корм не будет успевать изменить свою скорость от 0 до скорости скребка. Будет происходить ударное воздействие скребка на смешиваемые компоненты. При этом часть компонентов, находящаяся перед скребком будет им ускоряться и сбрасываться, а другая часть будет пересыпаться через скребок. При этом, если превышение манжеты над скребком значительно, то этот процесс будет происходить интенсивнее (что подтверждено исследованиями) [1], поэтому для повышения точности дозирования компонентов, необходимо чтобы манжета отстояла от скребков с минимальным зазором.

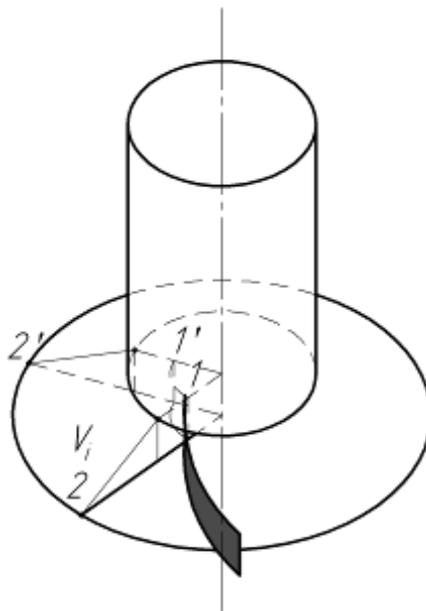


Рис. 1. Схема к анализу процесса перемещения скребком отдельно взятого компонента

Производительность в этом случае будет изменяться при изменении частоты вращения и высоты скребка.

Время прохождения скребка от начала соприкосновения с объёмом  $V_i$  до сбрасывания его с диска определяется по формуле (3), а время заполнения  $V_i$  из условия истечения материала из бункера

$$t_i^2 = \frac{V_i r_i}{Q_i^{ucm}} = \frac{V_i}{n_i^{ucm} F_{ucmi}}, \quad (4)$$

где  $n_i^{ucm}$  – скорость истечения  $i$ -го компонента, м/с;

$F_{ucmi}$  – площадь кольцевого сектора, м<sup>2</sup>.

При  $t_i^1 < t_i^2$  дозирование компонентов будет происходить без «искажений», при  $t_i^1 \geq t_i^2$  будет происходить уменьшение объёма  $V_i$ .

Из условия  $t_i^1 \geq t_i^2$  определим  $n_{кр}$ :

$$n_{кр} = \frac{(b_i + b_c) 30 n_i^{ucm} F_{ucmi} r_i}{p V_i r_i}, \quad (5)$$

где  $V_i \leq \frac{(b_i + b_c) 30 n_i^{ucm} F_{ucmi}}{pn}$ .

При увеличении частоты вращения выше критической будет происходить уменьшение объёма сбрасываемого корма (рис. 2), что необходимо учесть коэффициентом, рассчитанным из условия:

$$k_v \leq \frac{n_{кр}}{n}. \quad (6)$$

Изменение производительности за счёт уменьшения частоты вращения  $n$ , должно производиться только до  $n_{кр} + \Delta n$ , чтобы отклонения в подаче каждого компонента находились в пределах зоотребований.

Соблюдение состава смеси также зависит от точности начальной настройки дозатора на подачу каждого компонента в требуемом количестве. Так как производительность истечения на  $i$ -м компоненте зависит от скорости его истечения и центрального угла секции, причём скорость истечения изменить не

возможно, то остается изменять объёмы  $V_i$ , в которых расположены компоненты, чтобы добиться нужного состава смеси:

$$V_1 r_1 + V_2 r_2 + V_3 r_3 + V_4 r_4 = m_{см}. \quad (7)$$

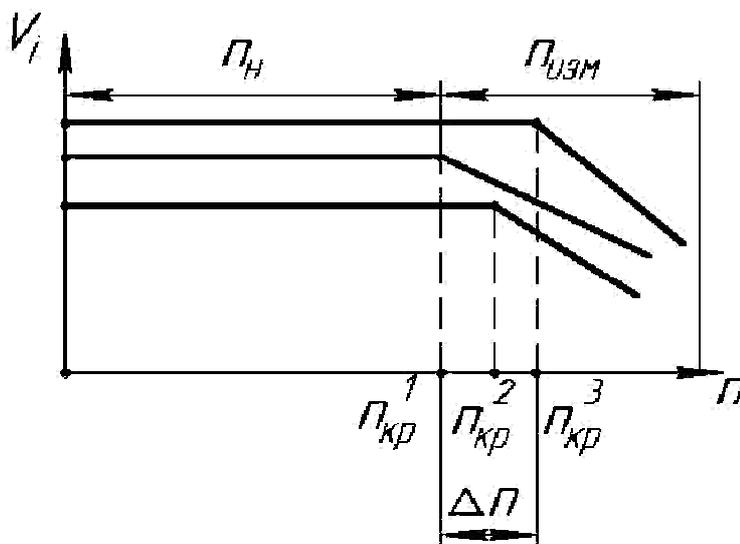


Рис. 2. К определению частоты вращения скребка

Доля каждого компонента в смеси определится по выражению

$$q_i = \frac{V_i r_i}{m_{см}}, \quad (8)$$

объём  $V_i$  каждого компонента в смеси определится по формуле

$$V_i = \left( \frac{1}{3 \operatorname{tg} \alpha_i} \left( \operatorname{tg} \alpha_i h_c + R_\sigma + \frac{h_c}{\operatorname{tg} \alpha_i} \right) - (R_\sigma - l_\sigma)^2 h_c \right) \frac{b_i}{2}, \quad (9)$$

где  $\alpha$  – угол естественного откоса, град;

$h_c$  – высота скребка, м;

$R_\sigma$  – радиус бункера, м;

$l_\sigma$  – глубина внедрения скребка под бункером, м.

Рецепт смеси задаёт следующие доли компонентов смеси:  $q_1^p, q_2^p, q_3^p, q_4^p$ . Предварительный центральный угол  $b_i'$  зависит от доли компонентов

$$b_i' = q_i^p 2p, \quad (10)$$

тогда уточнённый угол определится по зависимости

$$b_i = b_i' + \Delta b_i. \quad (11)$$

Если  $q_i \neq q_i^p$ , то необходимо изменить центральный угол секции  $\beta_i$  на величину  $\Delta b_i$  так, чтобы  $q_i = q_i^p$  и так для всех компонентов.

Тогда отклонение  $\Delta b_i$  определим по формуле

$$\Delta b_i = \frac{2 \Delta q_i m_{см}}{r_i \left( \frac{1}{3 \operatorname{tg} \alpha_i} \left( \operatorname{tg} \alpha_i h_c + R_\sigma + \frac{h_c}{\operatorname{tg} \alpha_i} \right) - (R_\sigma - l_\sigma)^2 h_c \right)}, \quad (12)$$

где величина  $\Delta q_i = (q_i^p - q_i)$ .

*Заключение.* В ходе проведённого анализа были получены зависимости расположения перегородок секций бункера дозатора-смесителя от состава смеси, позволяющие дозировать компоненты в заданных рецептах пропорциях.

#### Библиографический список

1. Мальцев, Г.С. Снижение энергетических затрат с обоснованием конструктивно-режимных параметров дозатора-смесителя кормов: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01: защищена 19.10.07: утв. 27.03.08. – Пенза, 2007. – 150 с.

УДК 631.371:621.311.004.18

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ОБЛУЧАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ АПК**

**Ракутько Сергей Анатольевич**, к.т.н., доцент, проф. кафедры «Применение электроэнергии в АПК» ФГОУ ВПО «Дальневосточный государственный аграрный университет».  
675016, Амурская обл., г. Благовещенск, ул. Конная, 92.  
Тел.: 8-4162-523078.

**Ключевые слова:** эффективность, надежность, энергосбережение, облучательные установки.

*Отмечены особенности оценки эффективности, надежности и энергосбережения для облучательных установок в АПК. Предложен общий подход к обеспечению эксплуатационного энергосбережения в оптических электротехнологиях, основанный на учете изменения базового ресурса источников излучения.*

На протяжении всей истории развития аграрного производства происходило постоянное совершенствование технологий, направленных на обрабатываемый объект. Характерной чертой аграрного производства является то, что объект приложения технологий и технических средств является биологическим объектом (животным, растением, почвой и т.п.). Технические средства в совокупности с биологическим объектом образуют здесь биотехническую систему, в которой основным продуктообразующим звеном является живой организм.

Традиционные приемы и технологии воздействия на биотехническую систему связаны с механическим воздействием. Дальнейшим развитием повышения эффективности воздействия на материалы, живые организмы, растения и продукты, с целью получения в них целесообразно направленных изменений является применение различных видов электротехнологий, которые предусматривают производственное использование электрических и магнитных полей, электрического тока, электрических зарядов, импульсов и других электрофизических факторов.

*Цель работы* – повышение эксплуатационной надежности и энергосбережения в облучательных установках АПК.

*Задачи работы:*

- оценка эффективности, надежности и энергосбережения для используемых в АПК облучательных установок;
- разработка теоретических и методических подходов и технических средств повышения эксплуатационной надежности и обеспечения энергосбережения в облучательных установках.

Использование энергии оптического излучения (ОИ) как технологического фактора не связано непосредственно с механическим и электрическим воздействием на обрабатываемые объекты. Необходимое положительное действие достигается благодаря значительной проникающей способности излучения и его специфическому действию на клеточном и молекулярном уровнях в биологических объектах. Под оптическими электротехнологиями (ОЭТ) понимают технологии, включающие генерацию и перераспределение ОИ в пространстве и по поверхности, задание необходимого закона изменения потока во времени и его спектрального состава, с целью обеспечения полезной реакции незрительного приемника излучения. Техническими средствами, обеспечивающими проведение ОЭТ, являются облучательные установки (ОбУ).

Таким образом, ОбУ следует считать специфическим видом технических средств, применяемых в АПК, поэтому для них, как и для других технических средств, актуальными являются вопросы надежности.

Надежность ОбУ определяется ее способностью сохранять в процессе реальных условий эксплуатации регламентируемые нормами значения количественных и качественных показателей с учетом комплексного воздействия всех факторов, связанных с особенностями окружающей среды и способом обслуживания установок. Для оценки эксплуатационной надежности большое значение имеет определение понятия «отказа» ОбУ, установление критериев отказа.

Принято считать, что отказ ОБУ заключается в нарушении ее работоспособности, при котором установка частично или полностью утрачивает возможность выполнять заданные в конкретной ОЭТ функции, вследствие выхода из установленных допусков значений одного или нескольких определяющих параметров. Обычно определяющим параметром является величина создаваемой облученности. Однако следует отметить, что в зависимости от вида рассматриваемой ОЭТ в качестве определяющих могут выступать и такие неочевидные параметры, как спектральный состав излучения, равномерность создаваемого поля ОИ и т.п.

По характеру возникновения отказы ОБУ могут быть классифицированы как внезапные и постепенные. Вероятность возникновения внезапных отказов (трещины стеклянных колб ИС, обрыв нити накала, пробой или замыкание в электрической части ОБУ и т.п.), подчиняющихся экспоненциальному закону распределения, не зависит от наработки элементов. Интенсивность таких отказов для равных промежутков времени в течение всего периода эксплуатации постоянна, поэтому замена элементов до наступления их внезапных отказов, кроме ИС, не может способствовать повышению надежности ОБУ.

Вероятность возникновения постепенных отказов (причиной которых являются процессы старения ИС, отражающих поверхностей, изоляции, загрязнения отражателей и т.п.) непосредственно зависит от наработки их элементов. Интенсивность таких отказов непостоянна во времени и возрастает по мере увеличения срока эксплуатации и приближения его к среднему сроку службы данного элемента, поэтому реальным способом повышения надежности ОБУ является проведение своевременной профилактической замены близких к износу элементов. Такие замены рекомендуется проводить при наступлении времени начала массовых отказов [1].

Важным направлением повышения надежности ОБУ является рациональная организация их эксплуатации на основе внедрения системы эксплуатационного энергосбережения (ЭЭ) как комплекса методических приемов, организационных и технологических мероприятий, направленных на повышение технико-экономической эффективности использования ОБУ.

Основой таких мероприятий, обеспечивающих, помимо повышения надежности, энерго- и ресурсосбережение, может стать аттестация применяемых в ОБУ источников света (ИС). Предпосылками разработки системы аттестации ИС как основы обеспечения ЭЭ могут служить следующие положения.

В процессе всех фаз существования (транспортирования, хранения, подготовки и использования по назначению, технического обслуживания) ИС испытывают эксплуатационные воздействия различной природы. Обобщенной характеристикой ИС является величина ресурса  $R$ , характеризующая их способность обеспечивать заданные параметры радиационного режима. Базовый ресурс  $R_0$  источников определяется при условии номинальных значений эксплуатационных воздействий. Для каждой из фаз существования ИС такие значения задаются соответствующими нормативными документами – правилами транспортирования, хранения, эксплуатации и т. п. Отклонения величин эксплуатационных воздействий от номинальных значений могут быть охарактеризованы вектором эксплуатационных воздействий  $F$  и зависимым от него снижением базового ресурса источников  $R'$ . При этом изменяются и значения отдельных параметров ИС, характеризуемые вектором  $X$ . При совокупном воздействии нескольких факторов расход базового ресурса есть функция от интенсивности и продолжительности эксплуатационных воздействий, т.е.

$$R' = G(F(g_1, \dots, g_n)), \quad (1)$$

где  $g_i$  – эффект, производимый  $i$ -м фактором на снижение базового ресурса ИС.

Иллюстрация модели показана на рисунке 1.

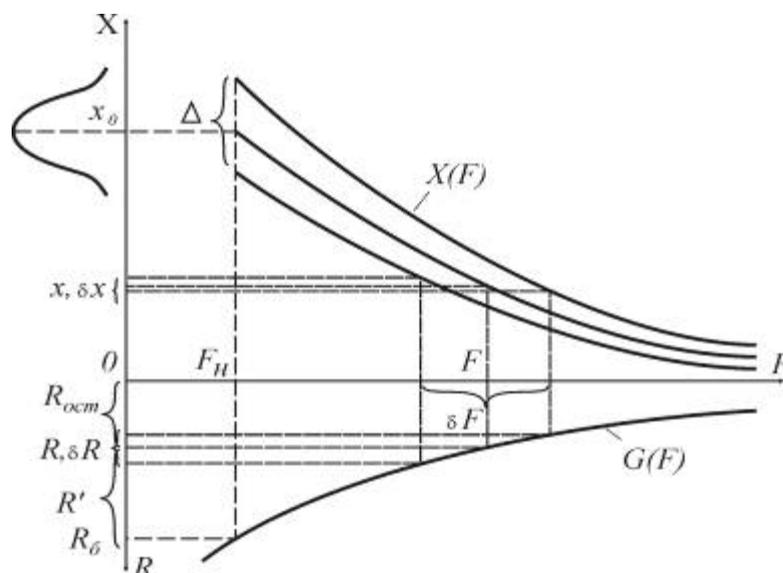


Рис. 1. Модель оценки воздействий и остаточного ресурса

На основании предложенной модели как основы системы аттестации могут быть поставлены следующие задачи. Требования к техническим средствам аттестации должны учитывать адекватный выбор параметров, подлежащих регистрации для формирования вектора измерения  $X$  при условии обеспечения минимальных погрешностей.

Задачей тестирования ИС является нахождение вектора измерений  $X$  с допустимой погрешностью  $dX$ , значение которого зависит как от технологического разброса параметров  $\Delta$ , так и вида функции  $f(X, F)$ .

Методика принятия решения о состоянии ИС может быть разработана после нахождения однозначного соответствия между векторами  $X$  и  $F$ .

Задачей прогноза является определение остаточного ресурса

$$R_{ocm} = R_0 - R' \quad (2)$$

с условием нахождения параметров ИС в границах предельно допустимых значений.

Задачей методического обеспечения системы аттестации является определение указанных выше зависимостей и детализации предложенной модели до уровня программной реализации.

Применение описанного подхода к обоснованию системы ЭЭ в целом позволяет оценить эффективность мероприятий по снижению отклонений величин эксплуатационных воздействий от номинальных значений и их влияние на расход базового ресурса источников.

Таким образом, на протяжении всего цикла эксплуатации ОБУ возникает необходимость измерения параметров ИС. Особенный интерес представляют собой спектральные и энергетические параметры ИС, применяемых в технологических процессах АПК при облучении растений, животных, различных веществ и материалов. Специально для входного контроля и прогнозирования спектральных и энергетических параметров ИС при участии автора был разработан измерительный комплекс технических и программных средств (КТПС) [2]. Результаты экспериментов, проведенных на измерительном комплексе, позволили разработать энергосберегающие технические решения, относящиеся к вопросам эксплуатации ИС, применяемых в тепличных ОБУ [3, 4].

Рассмотрим традиционный способ эксплуатации ИС в ОЭТ на примере тепличных ОБУ. Анализ работы службы эксплуатации современных растениеводческих предприятий свидетельствует, что "жизненный путь" ИС может быть описан последовательностью следующих этапов – приемка, эксплуатация, утилизация. Об окончании полезного срока службы отдельной лампы судят в лучшем случае по результатам измерения создаваемой ею освещенности в зоне выращивания растений, но зачастую ИС эксплуатируются до полного их выхода из строя. Поскольку срок службы современных ИС значителен и существенно превышает период вегетации выращиваемых культур, то при комплектовании ОБУ (после групповой замены, чистки) в одной установке могут оказаться ИС с различным временем наработки, а значит и с различными характеристиками. С другой стороны, даже совершенно новые лампы имеют некоторый технологический разброс параметров. Расчеты показывают, что совместная эксплуатация таких ламп приводит к нарушению

номинальных параметров радиационного режима теплиц, и, как следствие, к снижению технологического эффекта облучения, дополнительным энергетическим и материальным потерям.

Для обеспечения минимального отклонения параметров радиационного режима в теплице от номинальных значений в течение всего периода эксплуатации ОБУ, а также повышение полезного срока службы ИС и эксплуатационной надежности ОБУ предложена следующая схема процесса эксплуатации ИС (рис. 2).

На этапе приемки производится проверка поступающих через снабжающие организации ИС на предмет выявления экземпляров с дефектами сборки, транспортировки и т.п. Осуществляется отбраковка выявленных дефектных ламп. При входном контроле производится аттестация принимаемых в эксплуатацию ИС, разбиение их в соответствии с определенными методиками на группы, комплектование ОБУ лампами из одной группы для их совместной эксплуатации. После окончания периода вегетации, во время групповых замен ИС осуществляется текущий контроль их параметров. Из ламп, прошедших текущий контроль, производится перекомпоновка групп и их дальнейшая эксплуатация в следующих циклах вегетации. Лампы, не прошедшие текущий контроль, вместе с лампами, отбракованными при приемке и входном контроле, подвергаются утилизации. Дальнейшим развитием рассматриваемых технических решений стала разработка способа энергосбережения, обеспечивающего минимизацию энергоемкости в энергоустановках [6].



Рис. 2. Схема процесса эксплуатации ИС

Представленные теоретические подходы, методические разработки и технические средства повышения эксплуатационной надежности и обеспечения энергосбережения внедрены в микроклиматическом комплексе Всероссийского НИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова (г. Павловск).

#### Библиографический список

1. Зарецкий, В.И. О количественных показателях надежности светильников / В.И.Зарецкий, Л.К.Котляров, И.И. Несторович // Светотехника. – 1975. – №3. – С.5-6.
2. Ракутько, С.А. Система контроля параметров источников света для облучения растений // Актуальные проблемы электронного приборостроения» (АПЭП-2008). – 2008, 24-25 сент. – Саратов, 2008. – С.327-330.
3. Пат. 2053644 РФ, МПК<sup>6</sup> А01G9/24, А01G31/02. Способ искусственного облучения растений в процессе выращивания / Ракутько С.А.; заявитель и патентообладатель Ракутько С.А. – №93008935/15; заявл.17.02.93; опубл. 10.02.96.
4. Пат. 2073317 РФ, МПК<sup>6</sup> Н05В41/36. Способ питания газоразрядных ламп при облучении растений / Ракутько С.А. – №93028234/07; заявл. 01.06.93; опубл. 10.02.97.
5. Пат. 2115293 РФ, МПК<sup>6</sup> А01G9/24. Способ эксплуатации газоразрядных ламп в теплице / Карпов В.Н., Ракутько С.А., Шарупич В.П., Немцев Г.Г. – №92015195/13; заявл. 28.12.92; опубл. 20.07.98.

УДК 631.621.3

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЛЬТРА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

**Карпов Павел Михайлович**, к.т.н., доцент кафедры «Механизация и технология животноводства» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия». 446442, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. Садовая 3, кв.2. Тел.: 8-263-46-1-19.

**Бухвалов Геннадий Сергеевич**, к.т.н., проф. кафедры «Механизация и технология животноводства» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия». 446442 Самарская обл., г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Речная 10, кв.1. Тел.: 8-263-46-1-87.

**Ключевые слова:** вода, очистка, качество.

*В статье показано влияние обратноосмотического фильтра на повышение качества питьевой воды.*

В настоящее время все большее внимание уделяется улучшению качества питьевой воды, чаще всего, путем установки в квартирах бытовых фильтров. Однако проведенные ранее исследования показали, что они не в полной мере обеспечивают получение качественной воды.

*Цель* – снижение жесткости воды фильтрами нового поколения, имеющими осмотические мембраны.

В задачу исследований входило определение основных показателей качества водопроводной и очищенной фильтром воды, а также соответствие их нормам и требованиям к питьевой воде.

По статистическим данным последних лет загрязнение питьевых водоисточников Самарской области выше, чем в целом по стране. В особенно тяжелом положении находятся жители сельских районов губернии. К примеру, по данным ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии Самарской области» 96% жителей Ставропольского района потребляют воду, не соответствующую нормам по химическим и микробиологическим показателям [1].

Понимая важность вопроса, областные власти несколько лет назад приняли целевую программу «Обеспечение населения Самарской области питьевой водой на 2005...2010 годы», выделив на ее реализацию сумму в два миллиарда рублей. Столько же обязаны были вкладывать и местные муниципалитеты. Некоторым главам администраций удалось даже привлечь к этой работе иностранных инвесторов, в частности в решение питьевой проблемы Нефтегорска обещали вложиться голландцы.

Однако через три года действия указанной программы обнаружилось, что ремонт и строительство некоторых запланированных объектов даже не начинались. По признанию Министерства строительства и ЖКХ Самарской области за три года действия программы расходы на ее реализацию составили чуть более 1,1 млрд. руб., результатом чего явилось обеспечение действительно качественной питьевой водой 3600 человек [1].

С учетом изложенных фактов следует признать, что в ближайшие годы самым реальным способом получения качественной воды остается использование бытовых водяных фильтров, установленных в собственной квартире или доме.

Проведенные ранее исследования водяных фильтров кувшинного типа «Аквафор», «Гейзер» и «Барьер», а также проточных фильтров «Аквафор-модерн», «Гейзер-1УЖ2 и «Аквафор-дуэт» показали, что указанные фильтры весьма эффективны в очистке воды от соединений азота, хлоридов, хлора, железа, сульфатов. Камнем преткновения при работе всех перечисленных фильтров оказалась невозможность снижения исходной жесткости воды до установленной санитарной нормы. И это, несмотря на то, что проточные фильтры заправлялись специальными сменными картриджами, предназначенными для очистки жесткой воды [2, 3].

Объектом настоящего исследования явился обратноосмотический фильтр atoll модели A-460E, схема работы которого представлена на рисунке 1. Отличительной особенностью данного фильтра от всех изученных ранее является использование в нем системы обратного осмоса, т.е. очистки воды путем пропускания её с напором через мембрану из полупроницаемого материала, через который проходят только молекулы воды и кислород.

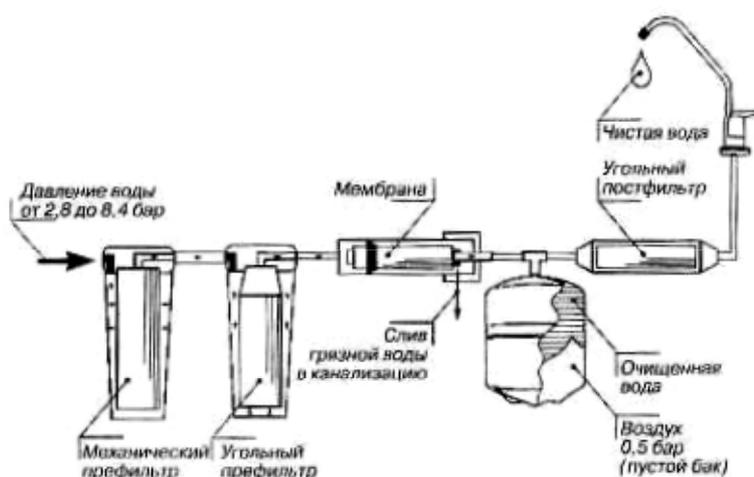


Рис. 1. Схема очистки воды обратносматическим фильтром atoll

В процессе работы фильтра водопроводная вода проходит четыре стадии очистки.

На первой стадии вода проходит через механический префильтр, заполненный волокнистым сорбционным материалом, позволяющим удалять из воды песок, грязь, ржавчину и другие механические примеси.

Вторая стадия очистки воды происходит в угольном префильтре. Здесь фильтрующим материалом является уголь из скорлупы кокосовых орехов, который позволяет удалять из воды хлор и хлорорганические соединения.

Важнейшей стадией очистки является третья, которая осуществляется с помощью специальной мембраны, удаляющей практически все загрязнители, оставшиеся после двух предыдущих стадий. На выходе из корпуса мембраны вода делится на два потока. Очищенная мембраной вода направляется в накопительный бак для временного хранения. Не прошедшая через мембрану вода смывает с её поверхности отфильтрованные примеси и через дренажный клапан и трубку сливается в канализацию.

По пути от накопительного бака к питьевому крану вода проходит четвертую стадию очистки в постфильтре, картридж которого заполнен кокосовым углем с минеральными добавками, что придает чистой воде приятный запах и вкус.

На выходе очищенной воды из корпуса мембраны установлен отсечной клапан, который автоматически прекращает поступление воды из сети в фильтр при заполненном накопительном баке и отсутствии её забора потребителями. Объем накопительного бака составляет 6 л. Время его полного заполнения при необходимом давлении воды на выходе в фильтр 0,28...0,69 МПа составляет 0,5...1,5 ч в зависимости от давления на входе и срока эксплуатации фильтрующих элементов. Рекомендуемые изготовителем сроки замены картриджей префильтров и постфильтра составляют 6 месяцев, срок замены мембраны – 24 месяца.

Качество работы обратносмотического фильтра А-460Е оценивалось в процессе весьма активной его эксплуатации, в течение нескольких месяцев с помощью периодического отбора проб исходной и отфильтрованной воды. Анализ указанных проб проводился специалистами лаборатории центра гигиены и эпидемиологии г. Кинеля, имеющего аттестат Государственной аккредитации на проведение указанных работ. Полученные результаты анализов сведены в таблице 1.

Для большей наглядности полученных результатов сюда же включены нормативные параметры качества питьевой воды по санитарным правилам и нормам.

Представленные в таблице данные лишней раз подтверждают несоответствие качества потребляемой воды установленным санитарным нормам. В любое время года превышено допустимое содержание в воде сульфатов, железа, неоднократно наблюдается повышенное содержание хлора. Жесткость исходной воды постоянно превышает допустимую величину.

Таблица 1

Показатели лабораторных испытаний проб воды

Место взятия пробы	Показатели								Заключение эксперта
	азот аммиака, мг/л	азот нитритов, мг/л	азот нитратов, мг/л	общая жесткость, мол/м <sup>3</sup>	хлориды, мг/л	сульфаты, мг/л	железо, мг/л	хлор, мг/л	

СанПиН 2.1.4.1074-01	2,0	0,3	45,0	7,0	350	500	0,3	0,5	-
Вода из крана 15.01.08	0,1	0,004	9,6	9,1	73	492	0,6	0,84	Не соответствует
После нового фильтра	0,1	0,002	8,8	0,9	28	18	0,25	Не обнаружено	Соответствует
Вода из крана 18.02.08	0,15	0,004	17,6	10,9	71	564	2,8	Не обнаружено	Не соответствует
После фильтра через 1000 л	Не обна- ружено	0,002	2,2	1,7	18	14	0,05	Не обнаружено	Соответствует
Вода из крана 3.03.08	0,15	0,004	17,8	10,4	72	502	2,3	Не обнаружено	Не соответствует
После фильтра через 2000 л	0,1	0,002	2,2	1,3	17	12	0,05	Не обнаружено	Соответствует
Вода из крана 6.04.08	0,1	0,04	8,8	9,4	77	652	0,7	0,61	Не соответствует
После фильтра через 3000 л	0,1	0,002	2,4	1,1	19	16	0,05	Не обнаружено	Соответствует
Вода из крана 12.05.08	0,12	0,004	9,8	9,8	76	626	0,7	Не обнаружено	Не соответствует
После фильтра через 4000 л	0,1	0,002	2,2	2,1	21	18	0,07	Не обнаружено	Соответствует
Вода из крана 3.06.08	0,2	0,04	17,6	7,8	64	526	1,2	Не обнаружено	Не соответствует
После фильтра через 5000 л со сменной картриджей	Не обна- ружено	Не обнаружено	8,4	0,9	21	12	0,1	Не обнаружено	Соответствует

Использование обратноосмотического фильтра А-460Е позволило все *исследуемые показатели* качества воды довести до значений, намного ниже предельно допустимых. Более того, некоторые примеси удаляются настолько эффективно, что их не удастся обнаружить в очищенной воде. Наконец удалось добиться снижения общей жесткости воды, чего не было достигнуто ни одним из ранее исследованных фильтров. Обращает на себя внимание довольно большой ресурс использования картриджей фильтра без замены. Полученные результаты позволяют рекомендовать замену их даже не через 6 месяцев, а через год при использовании данного фильтра на нужды одной семьи.

Таким образом, можно утверждать, что применение в бытовых условиях обратноосмотического фильтра atoll позволит получать питьевую воду по качеству не уступающую бутилированной, но с меньшими финансовыми затратами.

Результаты исследований представляют интерес для специалистов, работающих по обеспечению питьевой водой населения, а также разрабатывающих способы улучшения качества воды.

#### Библиографический список

1. Еременко, С. Чем поят Самарский народ // Аргументы и факты. – Самара, 2008. – №28. – С.5.
2. Карпов, П.М. Исследование эффективности некоторых бытовых фильтров для воды / П.М. Карпов, Г.С. Бухвалов // Актуальные проблемы сельскохозяйственной науки и образования: сб. науч. тр. II Международной научно-практической конференции. – Самара, 2005. – Вып. III. – С.268-270.
3. Бухвалов, Г.С. Влияние прямоточных фильтров на улучшение качества питьевой воды / Г.С. Бухвалов, П.М. Карпов // Известия ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия». – Самара, 2007. – Вып. №3. – С.181-184.

УДК 631.862.2.:631.333.92

## РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ НАВОЗА НА ФРАКЦИИ ПРИ ЕГО УБОРКЕ ИЗ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

**Киров Юрий Александрович**, к.т.н., доцент кафедры «Механизация и технология животноводства» ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446442, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. Транспортная, д.5, кв. 4.

Тел.: 8-902-320-20-35.

**Забиров Финсур Губаевич**, преподаватель «Белебеевский техникум механизации и электрификации сельского хозяйства».

452002, г. Белебей, ул. Матросова, д. 92.

**Ключевые слова:** уборка навоза, разделение на фракции, фильтрование, обезвоживание, влажность навоза, приготовление органических удобрений, биотермическое обеззараживание.

*Предложена усовершенствованная конструкция транспортера для уборки навоза с одновременным его разделением на фракции и снижением влажности твердой фракции до зоотехнических требований. Получены новые эмпирические зависимости влияния конструктивно-режимных параметров предлагаемого устройства на качество получаемого навоза с целью приготовления ценного органического удобрения.*

По современной концепции развития с.-х. производства важнейшим источником поддержания плодородия почвы являются органические удобрения. Основным сырьем для производства высококачественных органических удобрений служит навоз [1].

За последние годы использование органических удобрений резко снизилось. В результате дисбаланса объемов выхода навоза из животноводческих предприятий и объемов его внесения на поля привело к накоплению навоза на территориях предприятий, их засорению семенами сорняков, потере питательных веществ и его органической массы и как следствие, ухудшению экологической обстановки на фермах и комплексах [2].

Так как навоз, убираемый из животноводческих помещений в непереработанном виде не может использоваться для утилизации в качестве органического удобрения и представляет серьезную угрозу для загрязнения окружающей среды, то задача качественной переработки навоза с минимальными затратами является одной из актуальных для эффективного производства животноводческой продукции.

Вследствие чего, до сих пор остается острой проблемой удаление навоза, транспортировка, хранение и использование в полеводстве при строгом соблюдении санитарно-гигиенических требований, исключающих загрязнение окружающей среды.

*Цель исследования* – совершенствование процесса разделения навоза на фракции при его уборке из животноводческих помещений.

*Задачи исследования:*

- 1) обосновать и выбрать перспективную конструктивно-технологическую схему устройства для уборки навоза;
- 2) разработать усовершенствованную конструкцию устройства для уборки навоза из помещения фермы с одновременным его обезвоживанием;
- 3) провести экспериментальные исследования и определить зависимости влияния основных конструктивно-режимных параметров предлагаемого устройства на качество получаемых продуктов разделения.

Для достижения поставленной цели и решения задач исследований была разработана и изготовлена опытная установка для разделения навоза на фракции в процессе его удаления из животноводческого помещения (рис. 1).

Устройство (рис. 2) представляет собой усовершенствованный наклонный транспортер ТСН-3Б. Для проведения эксперимента установлены скребки 4 шагом на 25; 50; 62,5 см. Скребок имеет ось качения 3 для крепления лотка 5. Лотки удерживаются в наклонном положении пружиной 9. На лотке прикреплен роликовый механизм, позволяющий уменьшить силу сопротивления трению и увеличить угол открытия лотка, ограничиваемый направляющей наклонной плитой 2. Наклонная плита 2 укреплена на кронштейне 1 и шарнирно соединена посредством ролика 6 с горизонтальной прессующей плитой 10. Пружинный механизм обеспечивает регулируемое усилие прессования и является предохранителем, в случае попадания инородных твердых тел в зону прессования. Продолжение горизонтальной плиты, отогнутое на 30°, представляет собой откатник 12 для лотка. Днище 11 наклонного транспортера выполнено перфорированным отверстиями диаметром 3,2 мм для стока жидкости.



Рис. 1. Общий вид опытной установки

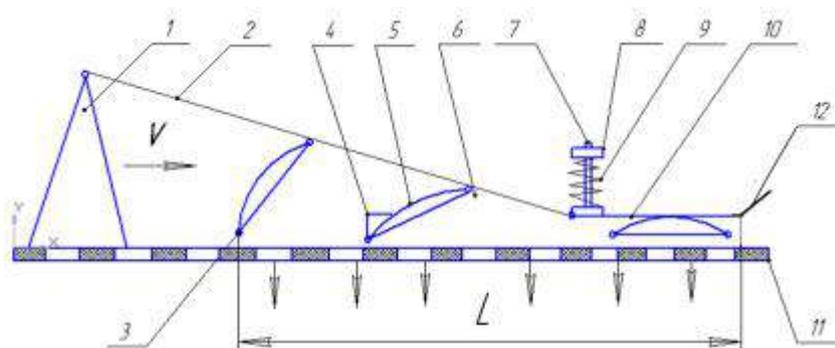


Рис. 2. Схема работы экспериментальной установки:

- 1 – кронштейн; 2 – наклонная плита; 3 – ось качения лотка; 4 – скребок; 5 – лоток; 6 – ролик; 7 – винт; 8 – гайка; 9 – пружина; 10 – горизонтальная плита; 11 – днище транспортера; 12 – откатник

Устройство работает следующим образом. При включении системы навозоудаления ТСН-ЗБ, горизонтальный транспортер подает навоз на усовершенствованный наклонный транспортер. Установленный на скребок 4 лоток 5 захватывает порцию навоза. При движении лотка 5 по наклонному транспортеру, часть свободной влаги фильтруется через отверстия в днище лотка под действием силы веса навоза до момента касания ролика 6 направляющей горизонтальной плиты 10. При дальнейшем перемещении лотка 5 усилие через ролик 6 передается на навозную массу и начинается процесс прессования. К моменту перехода ролика под горизонтальную прессующую плиту 10 будет максимальное значение давления на прессуемую массу навоза. Проходя горизонтальный участок, ролик переходит на откатник и под действием усилия пружины лоток принимает исходное положение. В конце наклонного транспортера обезвоженная фракция сбрасывается в кузов транспортного средства. Жидкая фракция навоза, пройдя через отверстия в днище транспортера, попадает в сборник фильтрата.

Эксперименты проводились на базе учебно-производственного хозяйства на ферме крупного рогатого скота Белебеевского ТМЭСХ.

В результате проведенных экспериментов были получены графические зависимости влияния конструктивно-режимных параметров устройства на влажность получаемого навоза (рис. 3).

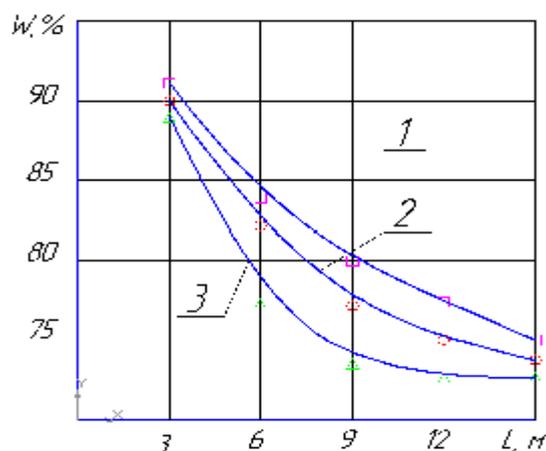


Рис. 3. Зависимости влияния длины фильтровальной поверхности  $L$  (м) на влажность обезвоженного навоза  $W$  (%), при различных скоростях движения транспортера  $u$  (м/с): 1 -  $u = 0,55$  м/с; 2 -  $u = 0,30$  м/с; 3 -  $u = 0,25$  м/с

Анализируя полученные графические зависимости можно сделать вывод, что оптимальными для эффективного удаления навоза и одновременного его обезвоживания являются следующие параметры: длина пути движения транспортера, на которой происходит обезвоживания навоза до влажности, соответствующей зоотехническим требованиям должна соответствовать  $L = 6 \dots 8$  м, скорость движения —  $u = 0,25$  м/с.

В результате проведенных исследований можно сделать следующее *заключение*, что для повышения эффективности работы навозоуборочного транспортера типа ТСН-3Б и снижения влажности исходной массы до зоотехнических требований необходимо снабдить рабочие лотки наклонного транспортера сегментами для выделения из навоза избыточной влаги; экспериментальные исследования опытного образца позволили построить графические зависимости и определить его оптимальные конструктивно-режимные параметры.

#### Библиографический список

1. Ковалев, Н.Г. Проектирование систем утилизации навоза на комплексах / Н.Г. Ковалев, И.К. Глазков. – М.: Агропромиздат, 1989. – 160 с.
2. Письменов, В.Н. Уборка, транспортировка и использование навоза. – М.: Россельхозиздат, 1975. – 200 с.

## Содержание

### СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

<i>Гниломёдов В.Г.</i> Анализ тягового сопротивления комбинированной культиваторной лапы при обработке почвы.....	3
<i>Сныткин А.С.</i> (Министерство сельского хозяйства и продовольствия Самарской области), <i>Чугунов Г.П.</i> (Управление технической политики министерства сельского хозяйства и продовольствия Самарской области), <i>Галенко И.Ю.</i> (ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия») Анализ потребности сельхозтоваропроизводителей Самарской области в тракторах, зерно- и кормоуборочных комбайнах.....	9
<i>Петров А.М., Сысоева Р.Ю.</i> Теоретические исследования процесса изменения плотности почвы по глубине.....	11
<i>Парфенов О.М., Иванайский С.А., Переверзов В.В.</i> Использование механических колебательных систем в почвообрабатывающих машинах.....	14
<i>Сазонов Д.С., Ерзамаев М.П.</i> Пути повышения производительности машинно-тракторных агрегатов	16
<i>Крючин Н.П., Сафонов С.В., Крючин П.В.</i> Совершенствование высевающего аппарата сеялки для трудносыпучих посевных материалов.....	19
<i>Парфенов О.М., Переверзов В.В.</i> Классификация вибрационных рабочих органов культиватора .....	21
<i>Краснов С.В.</i> Перспективное направление развития высевающих аппаратов.....	24
<i>Крючин Н.П., Котов Д.Н., Морев Е.А.</i> Анализ подачи семенного материала лопастью роторно-лопастного высевающего аппарата .....	26
<i>Петров А.М., Зелёва Н.В.</i> Разработка дисково-ленточного высевающего аппарата селекционной сеялки.....	29
<i>Крючин Н.П., Киров В.А., Кирова О.В.</i> Анализ устройств для разбросного посева.....	32
<i>Васильев С.А.</i> Экономическая эффективность использования сеялки с ленточно-дисковым высевающим аппаратом.....	35

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

<i>Ленивцев Г.А., Володько О.С., Ленивцев А.Г.</i> Нанотрибологические перспективы повышения ресурса машин.....	39
<i>Сныткин А.С.</i> (Министерство сельского хозяйства и продовольствия Самарской области), <i>Галенко И.Ю., Мясников Б.Н.</i> Актуальные задачи оптимизации уровня технической эксплуатации тракторов в условиях АПК Самарской области.....	43
<i>Бухвалов А.С., Ленивцев Г.А.</i> Обоснование структурно-логической взаимосвязи параметров трибосистемы тракторной ходовой части.....	45
<i>Бажутов Д.Н., Ленивцев Г.А.</i> Повышение качества очистки и улучшение трибологических характеристик рабочей жидкости тракторных гидросистем.....	49
<i>Мясников Б.Н., Пеньковский С.А., Кузнецов Д.С.</i> Результаты испытаний на задиростойкость образцов, прирабатываемых на смазочном масле с геомодификаторами трения (ГМТ).....	51
<i>Шарымов О.В., Галенко И.Ю.</i> Устройство для проведения финишной антифрикционной безабразивной обработки (ФАБО) гильз двигателей на отделочно-расточном станке.....	54
<i>Болдашев Г.И., Быченин А.П.</i> Перспективы использования рапсового масла в качестве компонента смесового минерально-растительного топлива.....	55
<i>Уханов А.П.</i> (ФГОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия»), <i>Стрельцов С.В.</i> (ФГОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия»), <i>Мустякимов Р.Н.</i> (ФГОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия») Устройство контроля загрузки дизеля.....	59
<i>Гашенко А.А.</i> Результаты экспериментальных исследований диска-двигателя.....	61

## МАШИНОИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ АПК

<i>Новиков В.В., Янзина Е.В., Успенская И.В.</i> Технология экструдирования кормов.....	64
<i>Денисов С.В.</i> Влияние параметров смеси на основе соломы на количество сахаров в экструдате.....	66
<i>Фролов Н.В., Мальцев Г.С., Мальцев В.С.</i> Результаты оптимизации параметров дозатора-смесителя кормов.....	68
<i>Чупшев А.В. (ФГОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия»), Коновалов В.В. (ФГОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия»), Петрова С.С. (ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия»)</i> Оптимизация параметров смесителя по минимуму энергоемкости перемешивания.....	72
<i>Терюшков В.П. (ФГОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия»), Чупшев А.В. (ФГОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия»), Широкова О.Н. (ФГОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия»), Коновалова М.В. (ФГОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия»)</i> Определение энергоемкости смесеобразования быстроходных смесителей.....	76
<i>Новиков В.В., Янзина Е.В., Успенская И.В.</i> Анализ теоретических исследований процесса экструзии..	81
<i>Мальцев Г.С., Мальцев В.С.</i> Анализ расположения перегородок бункера дозатора-смесителя в зависимости от состава смеси.....	84
<i>Ракутько С.А. (ФГОУ ВПО «Дальневосточный государственный аграрный университет»)</i> Эффективность, эксплуатационная надежность и энергосбережение в облучательных установках АПК.....	87
<i>Карпов П.М., Бухвалов Г.С.</i> Результаты исследования фильтра для улучшения качества питьевой воды.....	91
<i>Киров Ю.А. (ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия»), Забиров Ф.Г. (Белебеевский техникум механизации и электрификации сельского хозяйства)</i> Разработка устройства для разделения навоза на фракции при его уборке из животноводческих помещений.....	94

## Contents

### MODERN TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF PLANT GROWING

<i>Gnilomedov V.G.</i> Tractive Resistance Multifunction Loosening Paws Analysis for the Soil Cultivating.....	3
<i>Snyhtkin A.S. (SAFM), Chugunov G.P. (TPDofAM), Galenko I.Y. (SSAA)</i> Samara Region Grain Producers Needs Assesment in Tractors, Grain Harvesting Combines and Forage Harvesters Investigation.....	9
<i>Petrov A. M., Sysoeva R. Yu.</i> Soil Depth Compression Decrease Way Theoretical Research.....	11
<i>Parfenov O.M., Ivanayskiy S.A., Pereverzov V.V.</i> Soil Cultivating Machinery Oscillating System Mechanical Utilization.....	14
<i>Sazonov D.S., Erzamaev M.P.</i> Machine-tractor Unit Capacity Increasing Ways.....	16
<i>Krjuchin N.P., Safonov S.V., Krjuchin P.V.</i> Seeder Sowing Device Perfection for Difficultly Loose Sowing Materials.....	19
<i>Parfenov O.M., Pereverzov V.V.</i> Colter Operating Units Vibration Classification.....	21
<i>Krasnov S.V.</i> Perspective Development Tend of Sowing Apparatuses.....	24
<i>Krjuchin N.P., Kotov D.N., Morev E.A.</i> Rotor- Blade Sowing Device Seed Material Passing Analysis.....	26
<i>Petrov A.M., Zeleva N.V.</i> Selected Seeder Tape-Disc Sowing Device Design.....	29
<i>Krjuchin N.P., Kirov V.A., Kirova O.V.</i> Broadcast Sowing Devices Analysis.....	32
<i>Vasilev S.A.</i> Tape-disk Sowing Device Economic Efficiency.....	35

### EFFICIENCY AND OPERATIONAL RELIABILITY OF FARM MACHINERY

<i>Lenivtsev G.A., Volodko O.S., Lenivtsev A.G.</i> Nanotribological Perspectives of Machine Resource Increasing.....	39
<i>Snyhtkin A.S. (SAFM), Galenko I.Y., Myasnikov B.N.</i> Updated Objectives of Tractors Technical Operation State Optimization in the Conditions of Samara Region Agro Industrial Complex.....	43
<i>Bukhvalov A.S., Lenivtsev G.A.</i> Basing Structural-Logical Interconnection of Tribosystem Parameters of Tractor's Chassis.....	45
<i>Bazhutov D.N., Lenivtsev G.A.</i> The Purification Quality Increasing and Tribology Features Improvement of Hydraulic System Fluid.....	49
<i>Myasnikov B.N. Penkovsky S.A. Kuznecov D.S.</i> Samples Draw Resistance Tests Results, Oddtesting on Lubricant Oil with Friction Geomodifiers.....	51
<i>Sharyhmov O.V., Galenko I.Y.</i> Final Engine Sleeves Antifriction Non-Abrasive Treatment Device on the Finishing-Setting Lathe.....	54
<i>Boldashev G.I., Bychenin A.P.</i> Prospects of Rapeseed Oil as a Mixed Fuel Component.....	55
<i>Uhanov A.P. (PSAA), Strelcov S.V. (USAA), Mustyakimov R.N. (USAA)</i> The Devise of Engine Loading Control.....	59
<i>Gashenko A.A.</i> Results of the Disk Active Drive Experimental Researches.....	61

### MACHINES IN SPECIALIZED TECHNOLOGIES OF AGRARIAN AND INDUSTRIAL COMPLEX

<i>Novikov V. V., Janzina E.V., Uspensky I.V.</i> Technology Extrusion Forages.....	64
<i>Denisov S.V.</i> Mix Influence on the Straw Parameters Basis on Sugar Quantity in Extrudate.....	66
<i>Frolov N.V., Maltsev G.S., Maltsev V.S.</i> Forages Batch-mixer Parameters Optimization Results.....	68
<i>Chupshev A.V. (PSAA), Kononov V.V. (PSAA), Petrova S.S. (SSAA)</i> Mixer Parameters Optimization on Hashing Power Consumption Minimum.....	72
<i>Terushkov V.P. (PSAA), Chupshev A.V. (PSAA), Shirokova O.N. (PSAA) Kononova M.V. (PSAA)</i> High-speed Mixer Power Consumption Definition.....	76
<i>Novikov V.V., Janzina E.V., Uspensky I.V.</i> Extrusion Theoretical Researches Analysis.....	81
<i>Maltsev G.S., Maltsev V.S.</i> Batch-mixer Partitions Arrangement Analysis Depending on Mix Structure.....	84
<i>Rakutko S.A. (FESAU)</i> Efficiency, Reliability and Energy saving for Radiation Setting in Agriculture.....	87
<i>Karpov P.M., Bukhvalov G.S.</i> Drinking Water Quality Improvement Scientific Researches.....	91
<i>Kirov J.A. (SSAA), Zabiroy F.H. (Belebey agriculture technical school teacher)</i> Device for Manure Division into Fraction Design on Farm Houses Cleaning.....	94

## Key words, abstracts

Gnilomedov V.G. Tractive Resistance Multifunction Loosenning Paws Analysis for the Soil Cultivating.

Dry soil, surface processing, loosenning paw, tractive resistance.

*It is considered theoretical analysis of the tractive resistance multifunction loosenning paw, executing three-dementional cutup, deformation and cutting when processing dry and firm soil.*

Snyhtkin A.S., Chugunov G.P., Galenko I.Y. Samara Region Grain Producers Needs Assesment in Tractors, Grain Harvesting Combines and Forage Harvesters Investigation

Machinery-technological modernization, depreciation period, Agro Industrial Complex development program, newly purchased machinery set structure, tractors, grain harvesting combines, forage harvesters.

*In this article Samara Region grain producers needs assessment in tractors, grain harvesting combines and forage harvesters analysis is performed. The needs structure got permits to set up the priority directions of existing machinery set modernization.*

Petrov A.M., Sysoeva R.Yu. Soil Depth Compression Decrease Way Theoretical Research

Soil, stress, tractor's propulsive agent, soil compression depth, soil deformation, soil loosening.

*Theoretical substantiation of soil depth compression decrease is done in the article.*

Parfenov O.M., Ivanayskiy S.A., Pereverzov V.V. Soil Cultivating Machinery Oscillating System Mechanical Utilization.

Soil processing, moisture accumulation, crumble up, resistance power, restore force, positional force, loose oscillation, constrained vibrations, oscillating system, resilient element.

*Soil Cultivating Organ and Soil Interaction Process and Forces Arise in Deviation System from Equilibrium Position Influencing upon Symmetric Soil Cultivating Organ is Described in this Article.*

Sazonov D.S., Erzamaev M.P. Machine-tractor Unit Capacity Increasing Ways.

Capacity, machine-tractor unit, energy expenseses, velocity, work quality, motion way.

*In this article the main trends of to machine-tractor unit capacity increasing are considered. The categorization of machine-tractor unit capacity increasing ways is shown and analyzed.*

Krjuchin N.P., Safonov S.V., Krjuchin P.V. Seeder Sowing Device Perfection for Difficultly Loose Sowing Materials.

Culture, seeds, restoration, soil reducer, norm of seeding, sowing material, sowing device, difficultly loose materials, electromechanical installation.

The electromechanical device which allows to change sowing device seeding norm in a short time interval without a unit stop is offered.

Parfenov O.M., Pereverzov V.V. Colter Operating Units Vibration Classification.

Classification sign, factor space, resisting force, destruction process, breaking stress, chipping zone, destruction cycle, relaxation.

*Vibration operating units classification for signs, reflecting the principle of its action on the soil and these actions realization methods are proposed. The existing devices in the selected factor space of the purposeful parameters, possible for the effective vibration operating units creating way selecting analysis is given.*

Krasnov S.V. Perspective Development Tend of Sowing Apparatuses.

Sowing apparatus, dosage, seed grain, ozonization, germinating ability, emergence rate, pathogen, synthesis.

*In the article the perspective development trend of sowing apparatuses with seed grain quality improvement dosage is indicated.*

Krjuchin N.P., Kotov D.N., Morev E.A. Rotor-Blade Sowing Device Seed Material Passing Analysis.

Giving, volume, operating mode, speed, force.

*Rotor-blade sowing device activity scheme and also the sowing device blade passing mathematical description depending on seed material physic-mechanical properties and constructive-technological parameters are presented and described.*

Petrov A.M., Zeleva N.V. Selected Seeder Tape-Disc Sowing Device Design.

Sowing device, seeder, crops, distribution of seeds, initial stream.

*In this work the sowing devices and selected seeder sowing device constructive-technological scheme short analysis is resulted.*

Krjuchin N.P., Kirov V.A., Kirova O.V. Broadcast Sowing Devices Analysis.

Flax production, soil preparation, seeding rate, planting depth, broadcast sowing, flax crop seeders, feeding area, share, seeds allocation, dispenser.

*Flax seeds broadcast sowing application necessity and also seeds allocation process analysis in share space is presented.*

Vasilev S.A. Tape-disk Sowing Device Economic Efficiency.

Sowing device, initial stream, small seeds crops, annual economic benefit, experimental seeder.

*In clause the tape-disk sowing device economic efficiency estimation is presented for the variety-testing plot seeding and preliminary reproduction is considered.*

Lenivtsev G.A., Volodko O.S., Lenivtsev A.G. Nanotribological Perspectives of Machine Resource Increasing.

Nanotechnology, nanotribology, machine life cycle, resource, criterion, selective carrying, friction, oiling, wearing.

*The frictional surfaces forming features by nanotechnology methods are considered. The machine design technological resource ensure structured scheme is offered, specified and programmed resource criteria is based. Their realization methods are based.*

Snyhtkin A.S., Galenko I.Y., Myasnikov B.N. Updated Objectives of Tractors Technical Operation State Optimization in the Conditions of Samara Region Agro Industrial Complex.

Fleet reduction, tractors trade names, MTZ-80/82 and their modifications, drawlers class, tractor technical operation, investigation objectives.

*The investigation of existing and forecasted structure of Samara Region Agro Industrial Complex tractor fleet is performed. It is found out the drawler trade name 1,4 to be the most demanded. Up to date objectives how to optimize the f technical operation state has been also investigated and performed in the article.*

Bukhvalov A.S., Lenivtsev G.A. Basing Structural-Logical Interconnection of Tribosystem Parameters of Tractor's Chassis.

Chassis, lubrication composition, resource, friction, tribological system, rape oil.

*Ways increasing tractor's chassis resource by using vegetables oils are shown in this article. Tribological system parameters influencing lubrication composition are examined.*

Bazhutov D.N., Lenivtsev G.A. The Purification Quality Increasing and Tribology Features Improvement of Hydraulic System Fluid.

Hydraulic system, hydraulic system reliability, alloy addition, additive distributor, centrifugal purification, lubricity additive.

*In this article the factors, influencing upon reliability tractor hydraulic systems are considered. The broughted scheme of the tractor modernized hydraulic system and its work principle .is explained*

Myasnikov B.N., Penkovsky S.A., Kuznecov D.S. Samples Draw Resistance Tests Results, Oddtesting on Lubricant Oil with Friction Geomodifiers.

Resource, repair quality, nanotechnology, repair formulations, efficiency, protective layer, odd work.

*This article discusses the geomodifikator group efficiency and allow to improve friction contact details properties through the frictional surface protective layer. The results of investigation are explained.*

Sharyhmov O.V., Galenko I.Y. Final engine sleeves antifriction non-abrasive treatment device on the finishing-setting lathe.

Final antifriction, non-abrasive treatment, device, finishing-setting lathe.

*Uncommon device for combustion engine sleeves final antifriction non-abrasive treatment on finishing-setting lathe design has been investigated. The work-out makes it possible to perform technological process in the conditions of small fixing shops.*

Boldashev G.I., Bychenin A.P. Prospects of Rapeseed Oil as a Mixed Fuel Component.

Renewable sources of energy, biofuel, bio-diesel, mixed fuel, wear out, pair of precision.

*The analysis of renewable energy sources is given. The process of obtaining fuel for diesel engines from biomass, the impact of these fuels to power, economic and environmental performance of diesel engines are considered. An effect of rapeseed oil as a friction modifier is considered.*

Uhanov A.P., Strelcov S.V., Mustyakimov R.N. The Devise of Engine Loading Control.

Engine loading control, centrifugal regulator rotation frequency, inductive sensor, initial transformer, indicative indicator, signal transformer, speedy loading régime.

*The devise of diesel engine loading control is offered, providing the interrupted control of engine loading (on the moving moment) at the rotation frequency centrifugal regulator all activity rang.*

Gashenko A.A. Results of the Disk Active Drive Experimental Researches.

Disk, specific power, factor, experiment.

*Results of the disk active drive experimental researches are submitted, in particular to give specific power on constructive and technological parameters of the device dependence.*

Novikov V.V., Janzina E.V., Uspensky I.V. Technology Extrusion Forages.

Forage, forage nutritiousness, extrusion, process extrusion, press-extruder.

*Ways and technologies of extrusion forages preparation for farm animals with their advantages and lacks instructions are considered.*

Denisov S.V. Mix Influence on the Straw Parameters Basis on Sugar Quantity in Extrudate.

Humidity, mix, straw, particles length, instructions, sugar extrudate.

*Results of mix on the basis of straw humidity influence research, its maintenance in mixes shares and straw particles lengths on sugar quantity in extrudate are resulted.*

Frolov N.V., Maltsev G.S., Maltsev V.S. Forages Batch-mixer Parameters Optimization Results

Batch-mixer, productivity, metering lapse, uniformity of mixing, power consumption, optimization.

*On the basis of the forages batch-mixer experimental researches results analysis the rational values of constructive-regime parameters have been defined at which the received forage matches to zooperformance specification.*

Chupshev A.V., Konovalov V.V., Petrova S.S. Mixer Parameters Optimization on Hashing Power Consumption Minimum.

Mixer, power consumption, mix quantity, rotation frequency.

*The description and scheme of the high-speed mixer on periodic action principle, frequency rotation influence of working element and blades length on hashing power consumption investigations results. Mixer optimal parameters meanings are quoted.*

Terushkov V.P., Chupshev A.V., Shirokova O.N., Konovalova M.V. High-speed Mixer Power Consumption Definition.

Mixer, mass, power consumption, power, duration.

*The periodic action principle high-speed mixer description, mixing power consumption defining factors influence analytical substantiation and also process temperature components influence revealing of experimental researches results and forages crashing parameters are given. The substantiation of mixer rational regime-technological parameters, providing power inputs on undesirable heating decrease is resulted.*

Novikov V.V., Janzina E.V., Uspensky I.V. Extrusion Theoretical Researches Analysis.

Extrusion, extrusion process, viscosity of a grain mix, screw feeder productivity, press-extruder productivity.

*Theoretical researches of extrusion process are considered and analyzed. The dependences are resulted, allowing to define various factors influence degree on press-extruder productivity.*

Maltsev G.S., Maltsev V.S. Batch-mixer Partitions Arrangement Analysis Depending on Mix Structure.

Batch-mixer, mix composition, central angle, correction.

*The important condition of the qualitative fodder mix gaining in the batch-mixer is observance of components ratio at metering stage, that at forages physical-mechanical properties difference demands special calculate procedure of the sections central angles to which components are had.*

Rakutko S.A. Efficiency, Reliability and Energy Saving for Radiation Setting in Agriculture.

Efficiency, reliability, energy saving, radiation setting.

*Particularities of efficiency, reliability and energy saving estimation for radiation setting in agriculture are noted. The general approach of energy saving exploitation provision in optical electrotechnology based on radiation sources base resource change account is offered.*

Karpov P.M., Bukhvalov G.S. Drinking Water Quality

Improvement Scientific Researches.

Water, clarification, quality.

*Osmatic filter influence on drinking water quality improvement is examined in the article.*

Kirov J.A., Zabiroy F.H. Device for Manure Division into Fraction Design on Farm Houses Cleaning.

Manure cleaning, division into fractions, filtering, dewatering, manure humidity, organic fertilizers preparation, biothermal disinfecting.

*The manure cleaning conveyor advanced design is offered with its simultaneous division into fractions and firm fraction humidity decrease up to zootechnical requirements. The offered device design data-regime influence new empirical dependences are received for the manure quality and the valuable organic fertilizer preparation purpose.*