

**НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АПК:  
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 60-летию работы кафедры эксплуатации и ремонта машин агроинженерного факультета, 90-летию доктора химических наук, профессора, заслуженного деятеля науки Удмуртской Республики Григория Андреевича Кораблева и 85-летию кандидата технических наук, профессора, заслуженного работника сельского хозяйства Удмуртской Республики, почетного работника высшего профессионального образования Российской Федерации Бориса Дмитриевича Зонова

*11–13 декабря 2019 г.*

Ижевск  
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА  
2020

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ИЖЕВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

**НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АПК:  
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

Материалы Национальной научно-практической конференции,  
посвященной 60-летию работы кафедры эксплуатации и ремонта машин  
агроинженерного факультета, 90-летию доктора химических наук,  
профессора, заслуженного деятеля науки Удмуртской Республики  
Григория Андреевича Кораблева  
и 85-летию кандидата технических наук, профессора,  
заслуженного работника сельского хозяйства Удмуртской Республики,  
почетного работника высшего профессионального образования  
Российской Федерации Бориса Дмитриевича Зонova

*11–13 декабря 2019 года  
г. Ижевск*

Ижевск  
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА  
2020

УДК 631.171/.173(06)  
ББК 40.7я43  
Н 34

Н 34        **Научное** обеспечение инженерно-технической системы АПК: материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 60-летию работы кафедры эксплуатации и ремонта машин агроинженерного факультета, 90-летию доктора химических наук, профессора, заслуженного деятеля науки УР Г. А. Кораблева и 85-летию кандидата технических наук, профессора, заслуженного работника сельского хозяйства УР, почетного работника высшего профессионального образования РФ Б. Д. Зонова. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2020. – 408 с.

ISBN 978-5-9620-0353-5

В сборнике представлены статьи российских ученых, отражающие результаты научных исследований в агроинженерии.

Предназначен для студентов, аспирантов, преподавателей сельскохозяйственных вузов, работников научно-исследовательских учреждений и специалистов агропромышленного комплекса.

ISBN 978-5-9620-0353-5

УДК 631.171/.173(06)  
ББК 40.7я43

© ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2020  
© Авторы статей, 2020

## ТЕХНОЛОГИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА МАШИН. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В АПК

УДК 631.3.02–044.382:621.791.92

**В. И. Большаков, С. Н. Шмыков**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ НАПЛАВКИ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ

Высокоскоростная электродуговая наплавка (ВЭДН) обеспечивает получение тонких слоев наплавленного металла (0,9...1,1 мм) при высоких скоростях наплавки (0,82–0,92 м/с) и высокой производительности процесса (270 см<sup>2</sup>/мин.), что в 2,7 раза превышает производительность электроимпульсной приварки ленты. Рассматриваются вопросы расширения технологических возможностей применения ВЭДН с использованием различных материалов электродной проволоки и присадочного стержня с оценкой характеристик твердости и прочности сцепления слоя с основой детали при высоком качестве (пористости 0...3 %).

Сущность процесса высокоскоростной электродуговой наплавки (ВЭДН) заключается в том, что одновременно в зону горения дуги по касательной к поверхности детали подается электродная проволока и присадочный стержень. При этом присадочному стержню придается дополнительно вращательное движение вокруг своей оси (рис. 1) [1, 2].

Положение стержня относительно дуги, горящей между электродной проволокой и деталью, определяется углами расположения в пространстве  $\alpha$  и  $\beta$ , а также точками контакта «а» и «в» с поверхностью детали.

В процессе горения дуги капли расплавленного металла электродной проволоки под воздействием давления дуги и центробежных сил разлетаются в стороны торцевой части стержня. При этом угол распыла составляет  $60^\circ$ . Капли расплавленного металла и электрическая дуга подплавляют торцевую часть стержня, и расплавленный металл в процессе вращения стержня стекает на поверхность изношенной детали. Деталь, в свою очередь, под воздействием электрической дуги подплавлена и благодаря переходу расплавленных капель электродной проволоки и стержня сливается, образуя общий сплав.

Для получения тонких слоев наплавленного металла (0,9...1,1 мм) наплавка выполняется на высоких линейных скоростях 0,82...1,1 м/с, при продольной подаче 0,48...0,51 мм/об. Высокая ско-

рость наплавки и ограниченный участок поверхности в результате отвода тепла в тело детали и окружающую среду быстро подвергается охлаждению, что приводит к формированию и закалке слоя. Таким образом, применение различных материалов электродной проволоки и стержня, выполняющего роль экрана, позволяет управлять твердостью, износостойкостью полученных покрытий при высоком качестве наплавленного слоя (пористость 0...3 %) с прочностью сцепления наравне с основным металлом по сравнению с другими способами восстановления изношенных деталей [3, 6, 7, 8, 9, 10, 11].

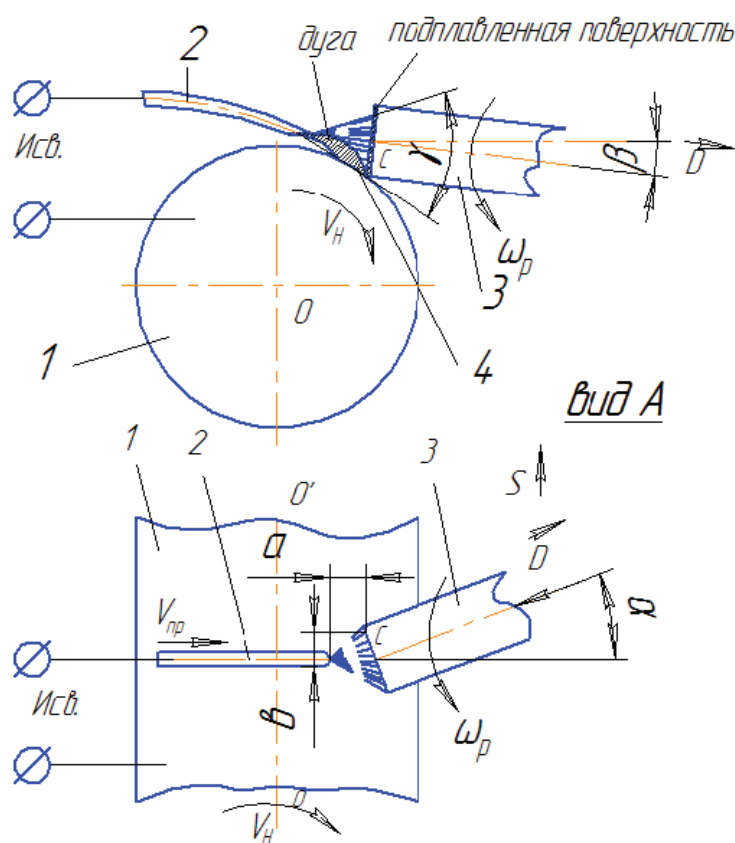


Рисунок 1 – **Схема высокоскоростной электродуговой наплавки:**  
 1 – деталь; 2 – электродная проволока; 3 – экран-стержень; 4 – расплавленная поверхность детали; а и б – параметры точки касания стержня-экрана; α и β – углы расположения стержня-экрана в пространстве;  $V_H$  – скорость наплавки; S – шаг наплавки; D – усилие поджатия стержня-экрана

Наплавка на поверхность изделия (образцов  $d = 40\text{мм}$ ) проводилась с использованием самофлюсующейся, самозащитной проволоки Св-15ГСТЮЦА (ГОСТ 2246-80) и стержня из стали ХВГ. Впоследствии для изучения возможностей использования ВЭДН в ремонтном производстве, а также для получения различных покрытий в машиностроении, проводились исследования по применению электродных проволок Св-08А, Нп-65Г, Нп-30ХГСА и стержневого материала из сталей: ХВГ, 3,20,45,У8.

В ходе экспериментальных исследований некоторые параметры процесса подвергались корректировке, но в целом в пределах режимов для Св-15ГСТЮЦА и ХВГ.

Измерение твердости наплавленного металла (после предварительного шлифования образцов) проводились на твердомере ТК-2М при нагрузке на индентер 150 кгс и приборе ПМТ-3 на микрошлифах, результаты которых представлены в таблице 1, а графически на рисунке 2. Наплавленные образцы с использованием электродной проволоки Св-15ГСТЮЦА и стержней из различных материалов на рисунке 3.

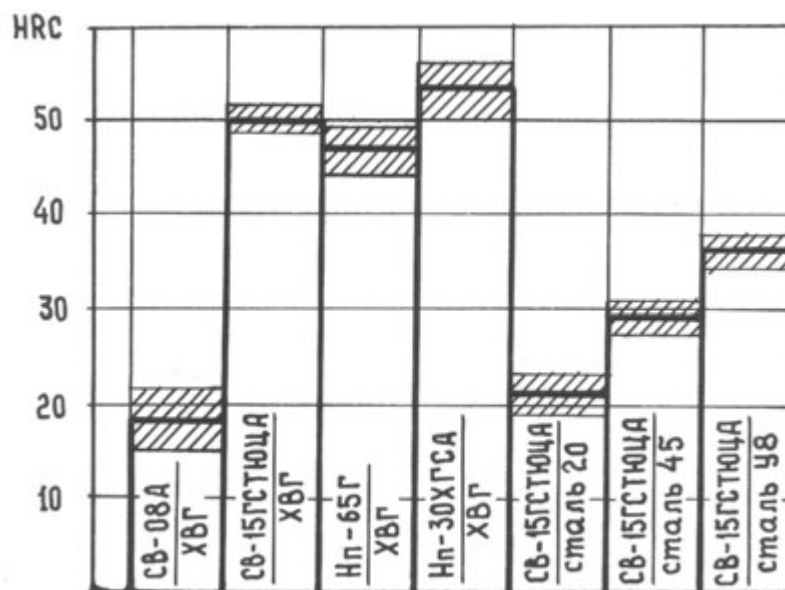


Рисунок 2 – Результаты измерения твердости слоёв, наплавленных с применением материалов электродной проволоки и стержня (на гистограммах величина разброса твердости заштрихована).

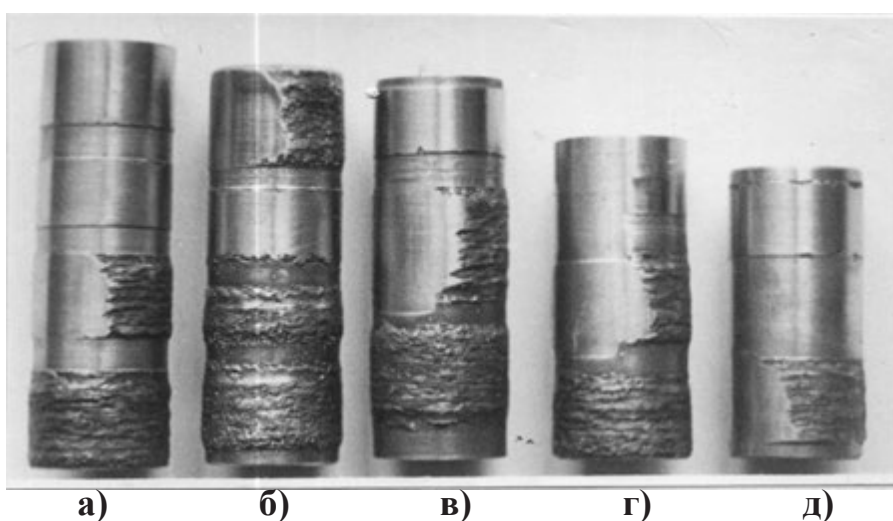


Рисунок 3 – Наплавленные образцы с применением электродной проволоки Св-15ГСТЮЦА и стержня их различных материалов: а) сталь 45; б) сталь ХВГ; в) сталь 20; г) сталь У8; д) сталь 3

Прочность сцепления слоя с основой определялась методом тангенциального сдвига. Поверхности наплавленных образцов способом ВЭДН разрезались на квадратики 2×2 мм до основного металла по всей ширине детали. Подготовленный образец закреплялся в патроне установки и последовательно под каждую площадку подводится консоль балки равного сопротивления изгибу с пластиной из стали Р18. Образец приводится во вращательное движение через червячный редуктор и осуществляется сдвиг площадки. Усилия сдвига через тензометрические полумосты и усилитель регенерируются осциллографом на фотоленте. Через усилия сдвига и величину площадки определяется прочность сцепления, результаты которой представлены в таблице 1 и графически в работе [5].

Таблица 1 – Свойства наплавленных слоев металла высокоскоростной электродуговой наплавки [4]

Материал электрода	Марка присадочного материала	Твердость слоя, HRC	Прочность сплавления, МПа	Микроструктура
		микротвердость, кгс/мм <sup>2</sup>		
1. Св-15ГСТЮЦА	Сталь 3	$\frac{15}{266...286}$	Наравне с образцом деформация, срез слоя	Сорбит, ферритная сетка
2. Св-15ГСТЮЦА	Сталь 20	$\frac{21}{314...366}$	367,4 срез слоя сдвиг	Троостосорбит, тонкая ферритная сетка
3. Св-15ГСТЮЦА	Сталь 45	$\frac{29}{707...762}$	414 срез слоя сдвиг	Мартенсит, троостомартенсит
4. Св-15ГСТЮЦА	Сталь ХВГ	$\frac{50}{681...824}$	478,8 сдвиг, отрыв основы	Мартенсит, троостомартенсит, тонкая ферритная сетка
5. Св-08А	Сталь ХВГ	18	Наравне с основой, срез слоя	Не изучалась
6. Нп-65Г	Сталь ХВГ	47	Сдвиг, отрыв основы, некоторая пористость	Не изучалась
7. Нп-30ХГСА	Сталь ХВГ	53	Сдвиг отрыв основы	Не изучалась

*Примечание:* Прочность сцепления – сталь 45 нормализованная  $\tau_{cp} = 349$  МПа; сталь 45 закаленная от воздействия электрической дуги 413...414 МПа.

Из анализа экспериментальных данных следует, даже использование стержня ХВГ (хромовольфрамомарганцовистая сталь) в сочетании с низколегированной проволокой не обеспечивает высокую твердость ( $18 \pm 3,2$  HRC, табл. 1 поз. 5). Это объясняется интенсив-



ным выгоранием легирующих элементов при наплавке на открытом воздухе, так же, как и при использовании Св-15ГСТЮЦА+сталь3 (15 HRC). В процессе испытания таких слоёв происходит пластическая деформация и срез наплавленного слоя по поверхности уже закаленной от дуги основы. Такая картина характерна для всех наплавленных слоев с содержанием углерода до 0,2 %.

Применение сварочных легированных и наплавочных проволок в сочетании со стержнем из стали ХВГ обеспечивает качественные слои наплавленного металла высокой твердости (47... HRC, табл. 1, рис. 2) с прочностью сцепления 367...478 МПа, что находится в интервале прочности закаленного и незакаленного материала (413, 414 и 349 МПа соответственно) и даже выше этих значений. В этом случае наблюдается сдвиг площадки с отрывом основы образца (детали), так как микроструктура металла представляет собой мартенсит, троостомартенсит с тонкой ферритной сеткой (рис. 4).

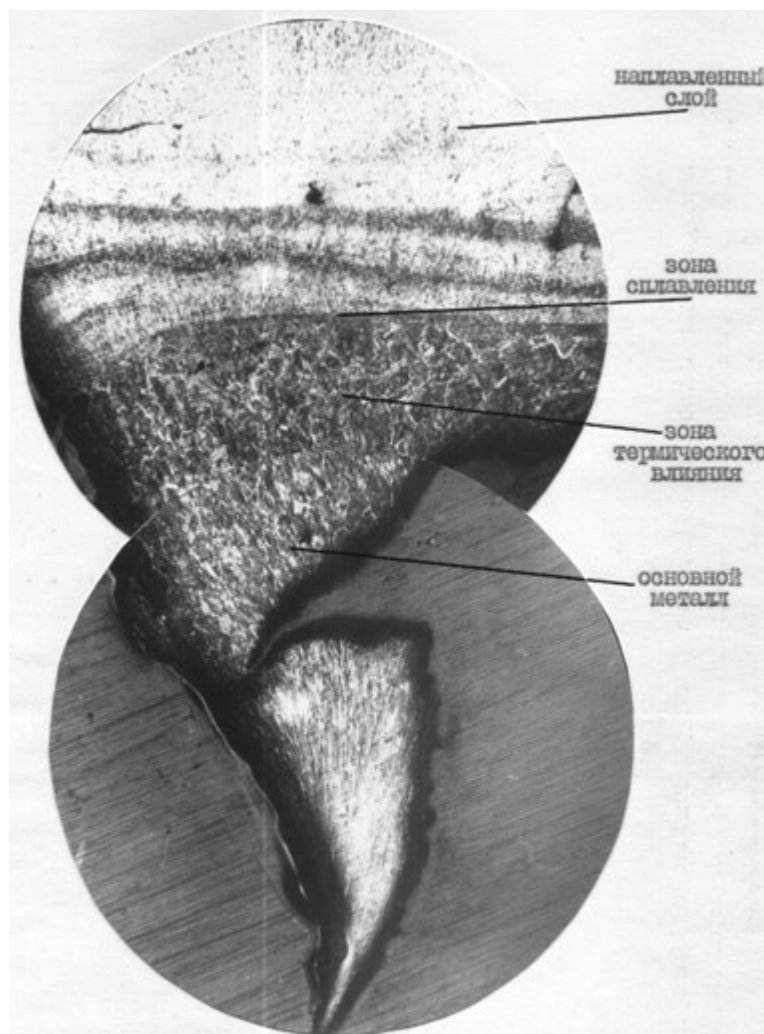


Рисунок 4 – Микроструктура наплавленного слоя и основы детали после тангенциального сдвига вырезанной площадки (материал Св-15ГСТЮЦА+сталь ХВГ, увеличение 300).



**Выводы.** Прочность сцепления наплавленных слоёв в сочетании с различными материалами (электродная проволока-стержень) находятся в интервале прочности сцепления материала самой детали (сталь 45 незакаленная  $\tau_{cp} = 349$  МПа, закаленная от воздействия электрической дуги  $\tau_{cp} = 413$  МПа), а в некоторых случаях превышают эти значения (Св-15ГСТЮЦА+сталь ХВГ,  $\tau_{cp} = 478,8$  МПа).

Сочетание в процессе наплавки различных материалов электродной проволоки и стержня позволяет управлять твердостью наплавленного слоя в широком диапазоне и требует проведения дальнейших экспериментальных исследований как на стальных, так и на деталях, изготовленных из чугуна и его сплавов.

### Список литературы

1. А.С. 1085115 СССР, в 23К 9/04. Способ электродуговой наплавки цилиндрических деталей: № 3476347/125–27; заявл. 30.07.82. Зарег. В Гос. Реестре изобретений СССР 8 декабря 1983 г. / Дудник Ж. А., Большаков В. И. – Челябинский Институт механизации и электрификации сельского хозяйства. – 9 с.
2. Большаков, В. И. Восстановление шеек валов стальных и чугунных деталей высокоскоростной электродуговой наплавкой / В. И. Большаков // Вестник Ижевской ГСХА. – 2014. – № 1 (38). – С. 38–40.
3. Большаков, В. И. Сравнительная технико-экономическая оценка наплавленных слоев металла высокоскоростной электродуговой наплавкой по сравнению с другими способами / В. И. Большаков, И. Л. Иванов // Научный потенциал – современному АПК: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. 17–20.02.2009 г. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2009. -Т.3. – С. 129–133.
4. Большаков, В. И. Свойства наплавленных слоёв металла высокоскоростной электродуговой наплавкой / В. И. Большаков // Аграрная наука на рубеже тысячелетий: м-лы науч.-практ. конф. – Ижевск: ШЕП, 2001. – С. 240–241.
5. Большаков, В. И. Экспериментальная проверка качества сплавленного слоя металла с основой детали при высокоскоростной электродуговой наплавке / В. И. Большаков // Материалы науч.-производ. Конф. профессорско-преподавательского коллектива. – Ижевск: ИжГСХА, 1995. – С. 35–36.
6. Ипатов, А. Г. Восстановление рабочих поясков золотников гидравлических распределителей лазерным напеканием порошковых материалов / А. Г. Ипатов, Е. В. Харанжевский, С. Н. Шмыков // Вестник Ижевской ГСХА. – 2019. – № 2(58). – С. 45–51.
7. Ипатов, А. Г. Перспективы реализации тонкопленочных покрытий в ремонтном производстве / А. Г. Ипатов, С. Н. Шмыков // Вестник Ижевской ГСХА. – 2019. – № 3(59). – С. 54–58.
8. Шмыков, С. Н. Экономическая оценка способов восстановления вала турбокомпрессора / С. Н. Шмыков, А. Г. Ипатов, С. М. Стрелков // Вестник Ижевской ГСХА. – 2014. – № 2(39). – С. 44–46.

9. Шмыков, С. Н. Экономическая целесообразность различных способов восстановления вала турбокомпрессора / С. Н. Шмыков, А. Г. Ипатов // Теория и практика – устойчивому развитию агропромышленного комплекса: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевская ГСХА. – Ижевск, 2015. – С. 217–222.

10. AN ANALYSIS OF THE FUNCTIONAL PROPERTIES OF SUPER HARD COATINGS ON BORON CARBIDE SYNTHESIZED BY SHORT-PULSE LASER PROCESSING / Ipatov A.G., Ostaev G.Ya., Shmykov S.N., Novikova L.Ya., Deryushev I.A.// International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development. – 2019. – Т. 9. – № 2. – С. 921–928.

11. ANALYSIS AND SYNTHESIS OF FUNCTIONAL COATINGS BY HIGH-SPEED LASER PROCESSING OF ULTRAFINE POWDER COMPOSITIONS/ Ipatov A.G., Shmykov S.N., Deryushev I.A., Novikova L.Ya., Sokolov V.A.// International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development. – 2019. – Т. 9. – № 3. – С. 421–430.

УДК 631. 356.46

**О. П. Васильева, Л. Л. Максимов,**

**Я. Л. Максимова, А. К. Струнов**

*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАЛОГАБАРИТНОГО КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА**

Расчет показателей экономической эффективности от внедрения в производство малогабаритного картофелеуборочного комбайна, отделяющего клубни от почвы и ботвы в восходящем потоке вороха, проведены на основании материалов, полученных в ходе производственных испытаний и на основе справочных данных. Полученный годовой экономический эффект позволяет сделать вывод о целесообразности использования данной машины.

В последние годы на отечественном рынке малогабаритной картофелеуборочной техники преобладают в основном однорядные комбайны, производимые зарубежными фирмами, сепарирующие рабочие органы которых имеют большой технологический путь, что ведет к увеличению габаритов машин, массы и стоимости [4]. Многочисленные попытки создания альтернативных вариантов сепарирующих устройств картофелеуборочных машин завершаются безуспешно, так как, несмотря на иные технические решения, большинство устройств основаны на отделении почвенной массы от клубней на малоэффективных прутковых решетках (элевато-

рах). Чаще всего используется принцип, чем длиннее путь сепарации, больше перепадов и дополнительных устройств (интенсификаторов), тем качественнее проходит процесс.

Конструкции картофелеуборочных машин, разработанные и созданные творческой группой СКИБ (студенческое конструкторско-исследовательское бюро) на базе Ижевской ГСХА принципиально отличаются от известных конструкций сепарирующих устройств картофелеуборочных машин [1, 5, 6, 7, 13].

В результате многолетних поисков удалось найти и реализовать совершенно иной принцип сепарации клубненосной массы. В новом устройстве не почва отделяется от клубней, а наоборот, клубни отсекаются от движущегося потока почвенной массы. Отпадает необходимость просеивания всей почвенной массы через решета. Это позволяет сократить технологический путь движения клубней и ботвы в процессе сепарации [11, 12, 15, 16, 17].

В предлагаемой конструкции (рис. 1) ворохоподъемный элеватор 3 расположен под углом к горизонту. Элеваторное полотно 2 является клубнеприемным. Ремни ботвоотделителя 1 в районе дисков 4 огибают ту же зону, что и клубнеприемное полотно 2, а в верхней зоне оттянуты назад. По ворохоподъемному элеватору 3 пласт с клубнями поднимается вверх, удерживаемый ремнями ботвоотделителя 1 и прутками клубнеприемного элеватора 2. Расстояние между элеваторами 2 и 3 по мере подъема уменьшается, образуя восходящее – сходящую активную зону сепарации. При этом пласт разрушается, клубни теряют связь с ботвой. По направляющей клубни собираются в тару [8, 9, 10].

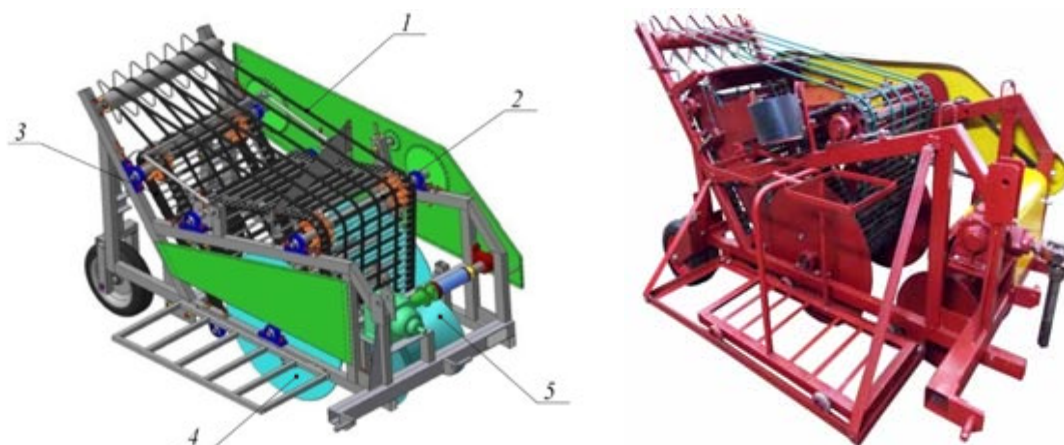


Рисунок 1 – 3D модель и опытный образец малогабаритного картофелеуборочного комбайна:

- 1 – ботвоудаляющие ремни; 2 – клубнеприемный элеватор;
- 3 – ворохоподъемный элеватор; 4 – диск; 5 – каток

Производственные испытания малогабаритного картофелеуборочного комбайна, изготовленного ООО «Агроинженерные тех-

нологии», проводились в хозяйствах Удмуртской Республики с целью подтверждения работоспособности опытного образца и выявления показателей надежности и качества работы сепарирующего рабочего органа восходяще-сходящего действия (рис. 2).



Рисунок 2 – Производственные испытания малогабаритного картофелеуборочного комбайна

В результате проведения полевых испытаний выявлено устойчивое выполнение технологического процесса всеми его рабочими органами, соответствие качественных показателей работы агротехническим требованиям (табл. 1).

Таблица 1 – Агротехнические показатели испытаний малогабаритного картофелеуборочного комбайна в хозяйствах Удмуртской Республики

Показатель	Хозяйство		
	АО «Путь Ильича» Завьяловский район	ЗАО «РосЕвроплант» Завьяловский район	КФХ Чайников А. И. Вавожский р-н
Урожайность, ц/га.	200	440	170
Вид получаемой продукции	товарный	семенной	товарный
Рабочая скорость агрегата, км/ч.	2,5–3,0	2,0–3,0	2,0–3,0
Глубина хода лемеха, см	18–20	18–20	18–20
Полнота выкапывания клубней, %	100	100	100
Полнота отделения клубней от примесей, %.	97,5	98,0	96,0
Повреждения клубней, всего по массе, %	3,0	2,5	2,8
Число повреждений на 100 шт.:			
– содрана кожица от ¼ до ½ поверхности	4	2	2
– содрана кожица от ½ и более поверхности	0	3	4
– вырыв мякоти глубиной более 5 мм	2	0	0
– трещины длиной более 20 мм	0	1	0
– резанные клубни	0	0	0
– раздавленные клубни	0	0	0

Расчет показателей экономической эффективности от внедрения в производство малогабаритного картофелеуборочного комбайна проводили по материалам, полученным в результате производственных испытаний и на основе справочных данных [14].

Новый комбайн сравнивали с однорядным картофелеуборочным комбайном ККУ-1 производства Республики Беларусь (табл. 2).

Таблица 2 – Технические показатели для экономических расчетов

Показатели	Варианты	
	Базовый ККУ-1	Новый
Количество обслуживающего персонала:		
– трактористов	1	1
– вспомогательных рабочих	4	1
Масса, кг	3100	450
Производительность комбайна, га/ч	0,25	0,20
Годовая загрузка, ч		
– трактора МТЗ-82	1095	–
– трактора ТК-30	–	565
Расход топлива, кг/ч	12	7,5
Годовая загрузка картофелеуборочного комбайна, ч	170	170
Балансовая стоимость, т.р.:		
– трактора МТЗ-82;	1 220	–
– трактора ТК -30;	–	1095
– картофелеуборочного комбайна.	1150	300

Таблица 3 – Исходные данные для расчетов экономической эффективности

Наименование показателей	Значение показателя
Средняя урожайность картофеля, т/га	180
Комплексная цена 1т топлива, руб.	45000
Часовая ставка, руб.:	
– тракториста	86,7
– вспомогательного рабочего	62,8
Коэффициент, учитывающий начисление на заработную плату	1,3
Норма отчислений на текущий ремонт и техобслуживание, % :	
– трактор	9,9
– картофелеуборочный комбайн	9,0
Норма амортизационных отчислений, %	
– по тракторам	9,1
– по картофелеуборочным комбайнам	12,5
Нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений для инвестора	0,3

Используя данные таблиц 2 и 3, проводили расчеты эксплуатационных затрат, удельных капитальных вложений, ожидаемый го-



довой экономической эффект по известным методикам [2, 3]. Исчисления составляющих эксплуатационных затрат и удельного капитального вложения проводили по известной методике [10, 14].

Результаты расчетов эксплуатационных затрат и удельного капитального вложения приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Эксплуатационные затраты и удельные капитальные вложения

Показатели	Обозначения	Единица измерения	Вариант	
			Базовый	Новый
Затраты труда	$Z_T$	чел.-ч/га	20	10
Затраты на заработную плату с начислениями	$C_3$	руб./га	1757,1	971,7
Затраты на горюче-смазочные материалы	$C_T$	руб./га	2205	1687
Амортизационные отчисления	$A$	руб./га	3790,8	1984,7
Отчисления на текущий ремонт и техническое обслуживание	$P$	руб./га	2876,2	1753,3
Прочие расходы	$P_p$	руб./га	473,2	288,7
Прямые производственные затраты на эксплуатацию агрегатов	$C$	руб./га	11160,5	6716,5
Удельные капитальные вложения	$K$	руб./га	31519	18514

Годовой экономический эффект определяем по формуле:

$$\mathcal{E}_2 = [(C_{\bar{o}} + E_n K_{\bar{o}}) - (C_n + E_n K_n)] A_n$$

где  $C_{\bar{o}}$ ,  $C_n$  – эксплуатационные затраты на 1 га убранной площади, руб./га;

$E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

$K_{\bar{o}}$ ,  $K_n$  – удельные капитальные вложения при базовом и новом вариантах, руб./га;

$A_n$  – годовая загрузка картофелеуборочной машины, га.

$$A_n = T_k \cdot W_q = 170 \cdot 0,2 = 34 \text{ га}$$

После подстановки числовых значений параметров получаем:

$$\mathcal{E}_2 = [(11\,160,48 + 0,3 \cdot 31\,519) - (6716,5 + 0,3 \cdot 18\,514)] \cdot 34 = 283\,747 \text{ руб.}$$

Таким образом, внедрение в производство комбайна, отделяющего клубни от почвы и ботвы в восходящем потоке вороха, по-

зволяет получить годовой экономический эффект на площади 34 га в расчете на один комбайн 283 747 руб. Срок окупаемости составляет:  $T_{ок} = B_k / \mathcal{E}_z = 1,05$  года.

### Список литературы

1. Васильева, О. П. Комбайн с отделителем клубней в восходящем потоке вороха / О. П. Васильева, Л. Л. Максимов // Материалы I Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти профессора А. К. Юлдашева – Казань: ФГБОУ ВО Казанский ГАУ. – 2018. – С. 282–286.
2. ГОСТ 20915-2011 Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний. – Введ. 2013–01–01.-М.: Стандартинформ, 2013. – 24 с.
3. ГОСТ Р53056-2008 Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – М.: Изд-во стандартов, 2008.
4. Иванов, А. Г. Основные задачи агропромышленного комплекса в условиях рыночной экономики / А. Г. Иванов, Р. Р. Закирова // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 55–60.
5. Каматдинов, В. И. Копатель-собираетель моркови / В. И. Каматдинов, Н. В. Ходырев // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2018. – С. 563–565.
6. Патент на изобретение RUS № 2341950.Картофелеуборочный комбайн Максимов Л.М., Максимов П.Л., Максимов Л.Л., Малков М.Н., Шкляев К.Л., Романов А. П. Заявка № 2007104163/12 от 02.02.2007. опубл. 27.12.2008. заявитель и патентообладатель Максимов Л.М.
7. Максимов, Л. М. Малогабаритный картофелеуборочный комбайн с оригинальным способом отделения клубней / Л. М. Максимов, П. Л. Максимов, Л. Л. Максимов // Картофель и овощи. – 2008. – № 5. – С. 15–16.
8. Максимов, Л. М. Новый способ отделения клубней картофеля от почвы и ботвы / Л. М. Максимов, П. Л. Максимов, Л. Л. Максимов // Сельский механизатор. – 2009. – № 3. – С. 2.
9. Максимов, Л. М. Полезные реализованные изобретения по устройствам для уборки корнеклубнеплодов: моногр. / Л. М. Максимов, П. Л. Максимов, Л. Л. Максимов. – Ижевск: Киноград, 2009. – 134 с.
10. Максимов, Л. Л. Обоснование параметров сепарирующего устройства малогабаритного картофелеуборочного комбайна: дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01. / Максимов Лев Леонидович. – Саранск, 2019. – 155 с.
11. Максимов, Л. Л. Определение углов наклона рабочих поверхностей элеваторов / Л. Л. Максимов, О. П. Васильева // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2018. – С. 146–150.
12. Максимов, Л. Л. Оптимизация параметров сепарирующего устройства восходяще-сходящего действия малогабаритного картофелеуборочного



комбайна / Л. Л. Максимов, О. П. Васильева, Я. Л. Максимова // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 101–105.

13. Максимов, Л. М. Картофель убирает мини-комбайн / Л. М. Максимов, Ю. Г. Корепанов, К. Л. Шкляев // Сельский механизатор. – 2007. – № 4. – С. 12–13.

14. Пименова, Н. Б. Новые методики в изучении экономических дисциплин // Наука Удмуртии. – 2008. – № 5. – С. 143–145.

15. Торопов, Л. А. Сепарирующее устройства копателя-сборщика картофеля / Л. А. Торопов, П. Л. Максимов, И. А. Дерюшев // Инновационный технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2018. – С. 181–184.

16. Торопов, Л. А. Сепарирующие устройства картофелеуборочных машин / Л. А. Торопов, П. Л. Максимов, И. А. Дерюшев // Инновационный потенциал сельскохозяйственной науки XXI в.: вклад молодых ученых-исследователей. – Ижевск, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2017. – С. 254–258.

17. Худяков, И. А. Сепаратор картофелеуборочной машины восходящего-сходящего действия / И. А. Худяков, Н. А. Санников, В. А. Скругин // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2018. – С. 603–606.

УДК 621.436.041.6–974

**Д. А. Вахрамеев, А. А. Мартюшев,  
Е. А. Потапов, Н. Д. Давыдов**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **ОБОСНОВАНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В КОНЦЕ ТАКТА СЖАТИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ В МОМЕНТ ЕГО ПУСКА ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ**

Пуск теплового двигателя требует обязательной операции – прогрева. Наиболее тяжело протекает непосредственно сам процесс пуска, когда необходимо обеспечить требуемый тепловой режим для самовоспламенения топлива.

Одним из неотъемлемых этапов работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС) является процесс прогрева. ДВС относится к типу тепловых двигателей, и поэтому только при достижении оптимального температурного режима достигаются все номинальные установленные параметры его работы [1, 2, 7, 8].

Дизельный двигатель наиболее требователен к температурным условиям окружающей среды, поэтому его пуск в условиях низких температур вызывает наибольшие трудности. Большинство современных автотракторных дизелей трудно запустить уже при температуре окружающей среды ниже  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . А в условиях средней полосы России, когда средняя температура января составляет  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , без устройств предпускового подогрева уже не обойтись.

Существуют различные устройства для подогрева моторного масла в картере, охлаждающей жидкости в системе охлаждения, воздуха, подаваемого в цилиндры двигателя, а также дизельного топлива [3–5, 8]. Именно оптимальная температура является основополагающим условием нормального процесса пуска дизельного двигателя. С помощью известных зависимостей рассмотрим, какие же факторы в большей степени определяют оптимальную температуру рабочих процессов дизеля, на основании чего можно будет определить наиболее эффективный способ предпусковой тепловой подготовки.

Наибольший интерес представляет температура в камере сгорания в момент подачи топлива, так как от ее значения зависит возможность процесса воспламенения и последующего нормального горения.

Температура воздуха в цилиндре двигателя в конце такта сжатия:

$$T_{\text{в}} = T \cdot \varepsilon^{k-1} \quad (1)$$

где  $T$  – температура воздуха в цилиндре двигателя в конце такта впуска,  $^{\circ}\text{K}$ ;

$\varepsilon$  – степень сжатия;

$k$  – показатель адиабаты сжатия.

Здесь следует отметить, что вышеприведенная зависимость справедлива лишь для нормального рабочего процесса прогретого двигателя и для расчета процесса пуска ей пользоваться некорректно ввиду того, что данная зависимость не учитывает передачу тепловой энергии воздушного заряда в процессе сжатия холодным деталям цилиндрико-поршневой группы, а также пониженное значение давления процесса сжатия ввиду наличия тепловых зазоров на холодных деталях и низкой частоте вращения коленчатого вала при пуске. Поэтому в формулу (1) введем поправочные коэффициенты.

Тогда температура воздуха в цилиндре двигателя в конце такта сжатия при пуске:

$$T_{\text{в}} = K1 \times K2 \times T \times \varepsilon^{k-1}, \quad (2)$$

где  $K1$  – коэффициент теплопередачи, учитывающий снижение температуры воздушного заряда при сжатии в связи с передачей тепловой энергии холодным деталям двигателя в процессе пуска;

$K2$  – коэффициент, учитывающий пониженное значение давления воздуха в цилиндре при сжатии в процессе пуска.

Значение коэффициента  $K1$  зависит от модели дизельного двигателя и от его исходной температуры (среднее значение  $K1 = 0,8...0,9$ ).

Значение коэффициента  $K2$ , главным образом, зависит от частоты вращения коленчатого вала и технического состояния двигателя, поэтому применение предпускового подогрева мало влияет на изменение величины коэффициента (среднее значение  $K2 = 0,7...0,8$ ).

Анализируя зависимость (2), можно заметить, что температуру в конце такта сжатия можно повысить двумя способами: увеличить температуру воздуха, подаваемого в цилиндры двигателя, либо увеличить коэффициент  $K1$  путем применения предварительного подогрева охлаждающей жидкости в системе охлаждения дизеля, что приведет к подогреву деталей цилиндро-поршневой группы и снижению количества потерь тепловой энергии воздушного заряда в процессе такта сжатия. Здесь сразу стоит отметить, что наибольшую эффективность принесет комплексный подход к вопросу предпусковой тепловой подготовки [6–8].

### Список литературы

1. Потапов, Е. А. Снижение токсичности двигателя машинно-тракторного агрегата в момент его пуска / Е. А. Потапов, Д. А. Вахрамеев, Ф. Р. Арсланов // Современные проблемы экологии: м-лы XX Междунар. науч.-техн. конф.; под общ. ред. В. Н. Панарина. – Тула: Инновационные технологии, 2018.
2. Шакиров, Р. Р. Совершенствование технико-экономических показателей двс при работе на неустановившихся режимах / Р. Р. Шакиров, А. П. Иншаков, Д. А. Вахрамеев // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 4. – С. 28–31.
3. Денисов, Р. В. Перспективы использования автономных предпусковых подогревателей в условиях ужесточающихся экологических требований к двигателям автомобилей / Р. В. Денисов, М. Ю. Петухов // Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика: м-лы науч.-практ. конф. в 2т. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014. – Т.2. – С.120–126.
4. Ловцов, И. А. Применение современных инженерных решений в методах предпускового подогрева автомобильных двигателей / И. А. Ловцов, В. И. Козликин. – Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2016): м-лы VIII Междунар. науч.-технич. конф. Отв. ред. Е. В. Агеев. – 2016. – С. 236–239.

5. Неговора, А. В. Обоснование конструктивно-режимных параметров предпускового подогревателя / А. В. Неговора, Д. А. Гусев. – Труды ГОСНИТИ: 2016. – Т. 125. – С. 90–96.

6. Потапов, Е. А. Экологическая безопасность двигателей машинно-тракторных агрегатов на неустановившихся режимах работы / Е. А. Потапов, Д. А. Вахрамеев // Вестник Ижевской ГСХА. – 2011. – № 4(29). – С. 49–50.

7. Потапов, Е. А. Снижение содержания токсичных веществ в отработавших газах двигателя машинно-тракторного агрегата путем применения комплексных систем / Е. А. Потапов, Д. А. Вахрамеев, Р. Р. Шакиров, Н. Д. Давыдов, Ф. Р. Арсланов // Улучшение эксплуатационных показателей двигателей внутреннего сгорания: м-лы X Междунар. науч.-практ. конф. Наука – Технология – Ресурсосбережение. – Киров, 2017. – С. 14–17.

8. Потапов, Е. А. Анализ методов предпусковой подготовки двигателя машинно-тракторного агрегата / Е. А. Потапов, Д. А. Вахрамеев, Ф. Р. Арсланов, Н. Д. Давыдов, Ю. Г. Корепанов // Динамика механических систем: м-лы I Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти профессора А. К. Юлдашева. – Казань, 2018. – С. 79–84.

УДК 330.341.1:004.3:005:63

**Ю. Е. Глазков, Д. В. Доровских**  
*ФГБОУ ВО Тамбовский ГТУ*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ РАБОТЫ МАШИНОТРАКТОРНОГО ПАРКА**

Рассмотрены проблемы формирования информационной среды управления отрасли АПК на основе новейших информационных технологий, решение которых представлено на основе системных, координированных действий государственных учреждений, исполнительных органов, органов местного самоуправления и предпринимательских структур.

Обоснована необходимость интенсификации цифровизации и развития креативной составляющей профессиональной деятельности, приведен пример использования цифровых технологий при проектировании бизнес-процесса работы машинно-тракторного парка.

Аграрная отрасль требует усовершенствования систем сбора сельскохозяйственной информации, упорядочивания информационных потоков с целью получения достоверных данных для разработки натуральных и стоимостных продуктовых балансов и прогнозов на государственном и региональном уровнях. Это необходимо

для решения задач оптимального управления, координации и контроля, долгосрочного планирования, выработки рыночной стратегии, выбора перспективных направлений производственной и коммерческой деятельности.

Информационно-аналитическая деятельность специалиста инженерного профиля есть, по сути, творчество, основанное на системно-целостном видении особенностей взаимодействия элементов технических систем, процессов управления ими, а также роли и месте специалиста в данных системах. Использование информационных технологий предоставляет человеку полное раскрыть свой творческий потенциал, в профессиональной деятельности выйти вначале на эвристический уровень интеллектуальной активности, а затем и на креативный.

Внедрение информационных технологий позволит организовать работу предприятий отрасли на более высоком профессиональном, творческом уровне, эффективнее использовать ограниченные материальные, трудовые и финансовые ресурсы в условиях неопределенности внешнего воздействия [1].

Одной из проблем управления сельским хозяйством является задача проектирования бизнес-процесса работы машинно-тракторного парка (МТП), которая включает определение объемов и сроков механизированных работ, обоснование марочного состава МТП, расчет потребности в механизаторах, вспомогательных рабочих, сельскохозяйственных машинах, определение потребности в топливе.

Работу МТП планируют на основе разработанных для данного хозяйства технологических карт или при их отсутствии – на основе типовых технологических карт и системы машин, рекомендованных для данной природно-климатической зоны.

Процесс комплектования машинно-тракторных агрегатов очень трудоемкий и длительный. Особенно много времени и сил затрачивается на последующую оптимизацию состава машинно-тракторного парка. Для сокращения времени и сил на проведение этих мероприятий в ТГТУ разработана программа проектирования работы МТП.

Для проведения систематического планирования деятельности сельскохозяйственного предприятия целесообразно использовать модельное описание. Четкая формализация, создание математических моделей работы МТП, несомненно, представляет новые возможности, связанные, главным образом, с генерацией новых творческих идей и интуитивных представлений и их критическим анализом на основе математического аппарата, позволяющего продвигаться от гипотез к выводам.

Данная программа представляет собой базу данных, построенную на основе нормативно-технологических карт по растениеводству Тамбовской области. Она позволяет собрать все данные о сельскохозяйственных работах воедино и автоматизировать обработку этих данных. База данных предоставляет стандартные возможности по удалению, вставке, редактированию записей, позволяет делать сортировку по маркам тракторов, а также вести статистическую обработку данных и их визуальное отображение. Программа может быть применена для использования на сельскохозяйственных предприятиях.

Можно редактировать таблицу, не пользуясь управляющей панелью, а вводить значения непосредственно в самом поле таблицы. Для удобства ввода данных некоторые поля таблицы имеют списки выбора часто используемых значений. Главная и подчиненная таблицы управляются четырьмя кнопками: удалить, добавить, отменить, запомнить. Поля базы данных также имеют списки выбора часто вводимых данных. Если нужного значения в списке не оказалось, программа позволит ввести его с клавиатуры. При попытке удаления записи программа спросит подтверждение.

Не допускается изменение или удаление поля культура в главной таблице, если эта запись имеет подчиненные записи в подчиненной таблице. Если такая попытка произошла то появится сообщение об ошибке: *Master has detail records. Cannot delete or modify*. Сортировка возможна по полям **N**, **Начало**, **Трактор**, **Вид работ** и осуществляется выбором зависимых переключателей в панели Сортировка.

При нажатии на кнопку <График> появится окно подпрограммы вывода графика расхода топлива по времени (на каждый день). Здесь можно узнать расход топлива в любой день года, передвинув ползунок к соответствующему месту на графике. Также программа определяет расход топлива за весь год и выводит в нижней части окна.

При нажатии на кнопку <Таблица> появится окно подпрограммы, в которой можно узнать, сколько тракторов и какой марки используется на работах в конкретный день. Для этого нужно нажать на кнопку с нужным месяцем и найти на пересечении столбца-марки трактора и строки нужного числа количество занятых тракторов. Две кнопки внизу таблицы позволят листать месяцы: перейти на месяц вперед или на месяц назад.

В программе отсутствует поиск по конкретным параметрам. В этом нет особой необходимости, так как размер всей таблицы ограничен 400–600 записями, а количество записей в подчиненной таблице соответствующих выбранной записи из главной таблицы не превышает 40. Поэтому поиск вполне можно осуществить при помощи сортировки.



Для расчета с новыми данными (например, с новым значением площади) необходимо запомнить изменения.

Для своей работы программа требует операционную систему Windows 9x и компьютер с минимальной конфигурацией: процессор 486, 8 Мб оперативной памяти, 2 Мб свободного места на диске; для комфортной работы рекомендуется мышь. Также необходимо, чтобы в системе была установлена программа BDE Administrator из пакета Delphi. Программа имеет удобный для пользователя интерфейс (рис. 1), наглядно представлены результаты расчета (рис. 2).

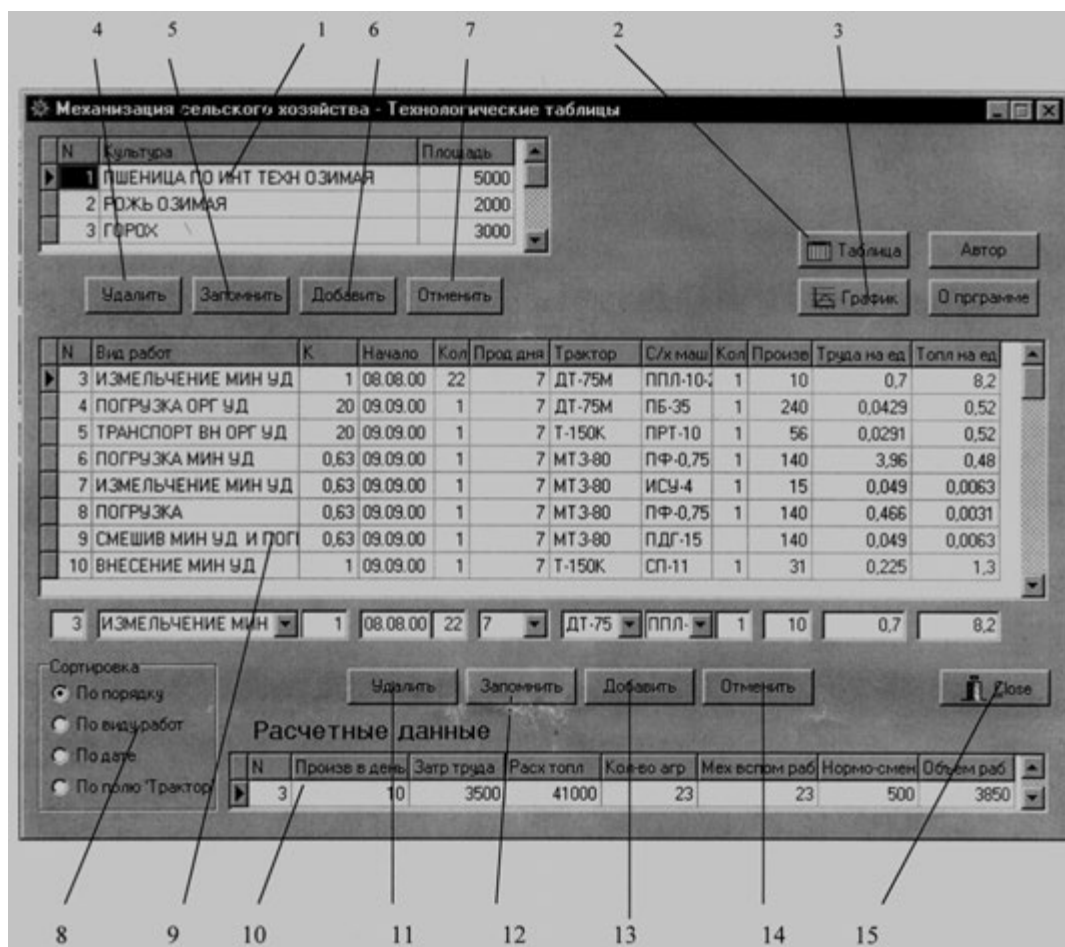


Рисунок 1 – Основное окно программы

- Поле главной таблицы (С/х культуры); 2. Кнопка, вызывающая окно статистической таблицы занятости тракторов; 3. Кнопка, вызывающая окно графика расхода топлива; 4. Удалить запись в главной таблице; 5. Запомнить запись в главной таблице; 6. Добавить запись в главную таблицу; 7. Отменить изменения в главной таблице; 8. Выбор поля сортировки; 9. Поле подчиненной таблицы (Работы); 10. Поле подчиненной таблицы для вычисляемых полей; 11. Удалить запись в подчиненной таблице; 12. Запомнить запись в подчиненной таблице; 13. Добавить запись в подчиненную таблицу; 14. Отменить ввод в подчиненную таблицу; 15. Выйти из программы



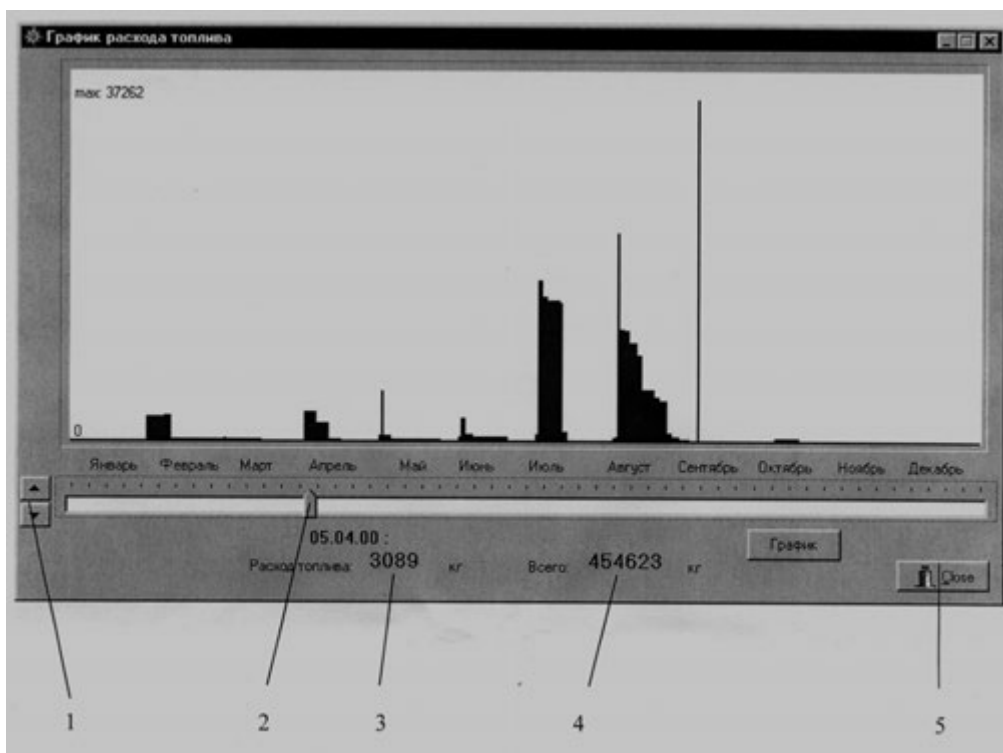


Рисунок 2 – Результаты работы программы

1. Листать на день вперед/назад;
2. Подвижный указатель выбора дня;
3. Расход топлива за один день (05.04.00);
4. Расход топлива за весь год;
5. Закрывать окно

Становление агроинженера в значительной мере предопределяется использованием активных форм и методов организации учебно-познавательной деятельности обучающихся в условиях вуза, в частности, передовых цифровых технологий [2]. С целью подготовки молодых специалистов к будущей творческой профессиональной деятельности в ТГТУ, разработанные программные продукты используются в учебном процессе при подготовке студентов направления 35.03.06. «Агроинженерия».

Для развития информационного обеспечения управления АПК необходимы системные, координированные действия государственных учреждений, исполнительных органов, органов местного самоуправления, предпринимательских структур и общественных организации, предприятий и объединений сельского хозяйства, важной является государственная поддержка процессов информатизации, принятия программ развития, информатизация на государственном и региональном уровне, разработка соответствующих концептуальных, методологических принципов и методического обеспечения.

#### Список литературы

1. Ведищев, С. М. Компьютерная программа для расчета теоретических значений показателей работы шнеколопастного смесителя кормов / С. М. Ве-

дищев, Н. В. Хольшев // Цифровизация агропромышленного комплекса: м-лы I Междунар. науч.-практ. конф. в 2 т.; том 2. Тамбов, 10–12 октября 2018 г. – Тамбов: ФГБОУ ВО ТГТУ. – С. 69–71.

2. Костин, А. В. Применение компьютерных и автоматизированных систем в образовательном процессе / А. В. Костин, Р. Р. Шакиров, А. Г. Иванов, А. Л. Шкляев, В. И. Константинов // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 214–218.

УДК 631.363–189.2

**А. Н. Голубков, О. С. Федоров, А. А. Антонов**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **К ВОПРОСАМ ДОЗИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ КОМПОНЕНТОВ КОМБИНИРОВАННЫХ КОРМОВ**

Рассмотрены некоторые виды дозирующих устройств, проведен анализ их работы, а также выявлены их преимущества и недостатки.

В течение многих лет специалисты животноводческой отрасли используют в своей практике комбинированные корма. Высокая эффективность применения таких кормов достигается только при использовании научно обоснованных рецептов. Высокая ценность комбикорма обусловлена тем, что в её сложном составе недостаток питательных веществ одного компонента компенсируется их наличием в другом.

Доказано, что использование комбинированных кормов в рационе сельскохозяйственных животных, например коров, повышает их удои на 10–20 % и снижает затраты корма на образование молока на 7–15 %, что позволяет значительно снизить себестоимость продукции [6].

Основным компонентом комбинированных кормов являются концентрированные корма (ячмень, пшеница, овес, кукуруза). Их объем составляет порядка 70...80 %, далее идут жиры, травяная мука, кормовые дрожжи и т. д. 18...20 %, премиксы и минеральные вещества 0,5...1 %.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что экономически целесообразно изготавливать комбинированные корма на самих сельскохозяйственных предприятиях, где занимаются выращиванием этих культур. Также несомненным плюсом изготовления таких кормов

предприятием является возможность быстрого реагирования на изменение требований к составу корма.

Чтобы добиться высокого качества корма, необходимо строго соблюдать рецептуру, разработанную на основе научных исследований о кормлении животных с учетом их возраста, физиологического состояния, типа кормления, содержания питательных веществ в основных кормах рациона с таким расчетом, чтобы восполнять комбикормами недостаток питательных веществ в рационе. Отклонение количественного содержания отдельных компонентов в составе комбикорма может сказаться на экономических показателях производства и нанести вред здоровью сельскохозяйственных животных. Например, для ингредиентов с содержанием в составе комбикорма более 30 % допускается отклонение от нормы до  $\pm 1,5$  %; от 11 до 30 % – до  $\pm 1$  %; от 3 до 10 % – до  $\pm 0,1$  % [4, 5].

Отсюда можно сделать вывод, что дозирование является одной из важнейших операций при приготовлении комбинированных кормов.

Для отмеривания заданного количества вещества с требуемой точностью используются дозаторы. Применяется два способа дозирования веществ – массовое и объемное.

Основным преимуществом массовых дозаторов является их точность дозирования, возможность работы с разными видами продуктов. Их погрешность составляет 0,5...1 %. Рекомендовано применять при дозировании компонентов, доля которых в составе смеси не превышает 3 %. Но их применение в условиях сельскохозяйственных предприятий не предпочтительно ввиду отсутствия подготовленных помещений. Высокая влажность и отсутствие вентиляции может сказаться на массе взвешиваемого вещества. Кроме этого, массовые дозаторы более сложны в эксплуатации и требуют обслуживания обученным, высококвалифицированным персоналом.

При использовании барабанных, объемных дозаторов (рис. 1) погрешность может достигать 1...3 %. К их достоинствам можно отнести простоту конструкции и возможность обслуживания менее квалифицированным персоналом. Недостатком их применения является невысокая точность дозирования.

В тарельчатых дозаторах (рис. 2) материал из бункера поступает на вращающийся диск 1, с которого сталкивается скребком 2. Толщина слоя на диске регулируется подвижной манжетой 3 [3]. Количество дозируемого материала регулируется частотой вращения тарелки и перемещением манжеты. Применяется для подачи и дозирования мелкозернистых и сухих порошковых материалов. Как и барабанные, тарельчатые дозаторы склонны к сводообразованию и заиванию материала.

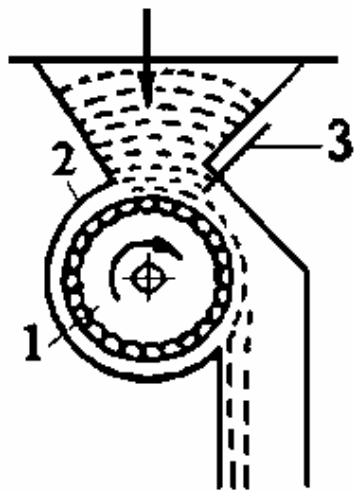


Рисунок 1 – Барабанный дозатор:  
1 – барабан, 2 – корпус, 3 – заслонка

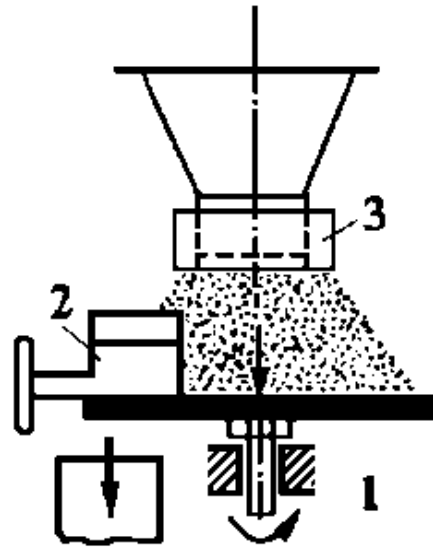


Рисунок 2 – Тарельчатый дозатор  
1 – тарелка, 2 – скребок, 3 – манжета

Шнековый дозатор (рис. 3) состоит из вращающегося в кожухе 2 шнека 1, который забирает материал из бункера. Могут работать в горизонтальном и наклонном положении. Применяются только для хорошо сыпучих, не уплотняющихся материалов. Количество подаваемого материала регулируется частотой вращения шнека. К недостаткам данного вида дозаторов можно отнести сводообразование в бункере и некоторое доизмельчение материала, которое возникает вследствие взаимодействия со шнеком.

Ленточный дозатор состоит (рис. 4) из конвейера 1, расположенного над ним бункера 2 с заслонкой 3. Применяется для дозирования плохо сыпучих и влажных материалов. Объем подаваемого материала регулируется путем изменения скорости ленточного конвейера от 0,1 м/с до 0,5 м/с и изменением положения заслонки. Основным недостатком данного дозатора является налипание материала на ленту конвейера.

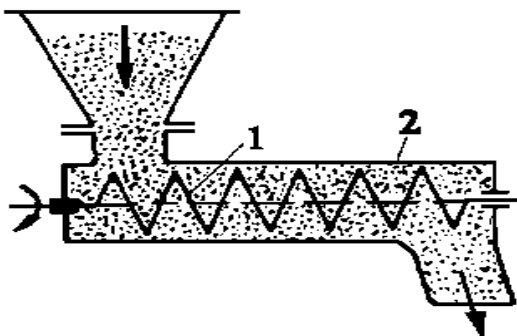


Рисунок 3 – Шнековый дозатор  
1 – шнек, 2 – кожух

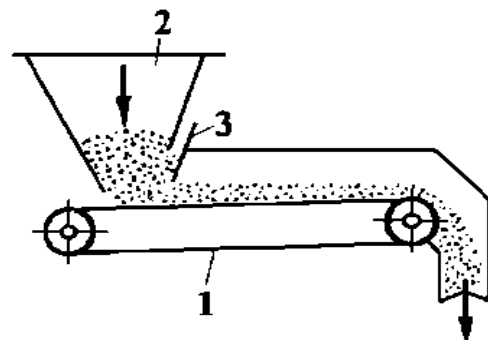


Рисунок 4 – Ленточный дозатор

Несмотря на недостатки, объемные дозаторы нашли широкое применение. Барабанные дозаторы от вида рабочего органа 1 делятся на гладкие, рифленые, ячеистые и лопастные. В гладких и рифленых дозаторах дозирование материала происходит за счет сил трения и сцепления с поверхностью барабана. Перемещением заслонки изменяется объем проходимого материала, частота вращения барабана при этом не изменяется. В ячеистое и лопастное количество материала определяется числом и объемом секторов, а регулирование происходит за счет изменения частоты вращения барабана [1, 2]. Данный вид дозаторов применяется только при дозировании сыпучих мелкозернистых и мучных материалов, а также материалов, имеющих кусковую фракцию. Недостатком барабанных дозаторов является сводообразование в бункере и зависание подаваемого материала.

Проведенный анализ объемных дозаторов показал, что выбор дозатора зависит от вида дозируемых компонентов. Правильно выбранный дозатор и его регулировка обеспечат точное дозирование материала при приготовлении комбинированного корма. Объемные дозаторы более просты в обслуживании и могут применяться в сельскохозяйственных предприятиях.

#### **Список литературы**

1. Сысуев, В. А. Энергосберегающие машины и оборудование для кормоприготовления / В. А. Сысуев. – Киров: НИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого, 1999. – 290 с.
2. Сысуев, В. А. Кормоприготовительные машины. В 2 т. Теория, разработка, эксперимент / В. А. Сысуев, А. В. Алешкин, П. А. Савиных. – Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2008. – Т. 1. – 640 с.
3. Мельников, С. В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм: учебн. для вузов / С. В. Мельников. – Л.: Колос, 1978. – 560 с.
4. ГОСТ 9267-68. Комбикорма-концентраты для свиней. Технические условия. Переиздание с изменениями. – М.: Изд-во стандартов, 1993. – 6 с.
5. ГОСТ 9268-90. Комбикорма-концентраты для крупного рогатого скота. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 10 с.
6. Сыроватка, В. И. Производство комбикормов в хозяйствах / В. И. Сыроватка, С. Г. Карташов. – М.: Росагропромиздат, 1991. – 39 с.

**Н. Д. Давыдов, А. А. Мартюшев, Р. Р. Шакиров**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **ОБОСНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ДВИГАТЕЛЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА**

Работа двигателей, приводящих в движение сельскохозяйственную технику, характеризуется постоянно изменяющейся нагрузкой, поэтому в процессе работы техники появляются динамические потери. Анализируются и оцениваются показатели качества появляющихся переходных процессов.

Увеличение производительности, экономичности и надежности сельскохозяйственной техники является актуальной и насущной задачей. В теории автотракторных двигателей отсутствует понятие динамических характеристик двигателя, поэтому отечественная промышленность разрабатывает и совершенствует двигатели на основании стационарных характеристик, получаемых при статическом нагружении, соответственно, двигатели, выпускаемые отечественной промышленностью, предназначаются для работы со статическими нагрузками. При этом сельскохозяйственное производство эксплуатирует их в динамических режимах. Следовательно, во время работы двигателя МТА в динамических режимах нарушается слаженная работа его систем и появляются динамические потери: снижаются индикаторные и эффективные показатели работы.

Улучшение характера работы двигателя МТА в динамических режимах, которое позволит обеспечить согласованную работу всех систем, во время работы; снизить запас мощности, необходимый при выполнении полевых работ; увеличить надежность и ресурс двигателя, трактора, сельскохозяйственных машин, является актуальной и насущной задачей. Динамические потери оцениваются качеством переходного процесса двигателя машинно-тракторного агрегата [1–3, 5–7, 9, 11, 13].

Оценка переходного процесса выполняется с помощью специальных показателей. Для оценки колебаний частоты вращения на равновесном режиме введен специальный параметр – степень неустойчивости вращения коленчатого вала:

$$\psi = \Delta\omega_{\varepsilon} / \omega_n, \quad (1)$$



где  $\Delta\omega_\varepsilon$  – фактическое изменение угловой скорости на равновесном режиме;

$\omega_H$  – значение угловой скорости на равновесном режиме.

Первым показателем качества переходного процесса является время регулирования  $t_p$  (рис. 1) [1]. В качестве времени принимается интервал времени от момента наброса (сброса) нагрузки до установления стационарного режима. Переходный процесс считается закончившимся, как только отклонение угловой скорости от заданного равновесного значения становится равным или меньшим, чем  $\Delta\omega_\varepsilon / 2$ , и в последующем не выходит за пределы этой границы ( $\pm\Delta\omega_\varepsilon / 2$ ).

Следующий показатель качества переходного процесса – заброс угловой скорости вала двигателя  $\Delta\omega_{заб}$  (рис. 1) [1]. Под забросом обычно понимают разность мгновенного наибольшего отклонения угловой скорости в переходном процессе от значения угловой скорости предыдущего равновесного режима работы [10].

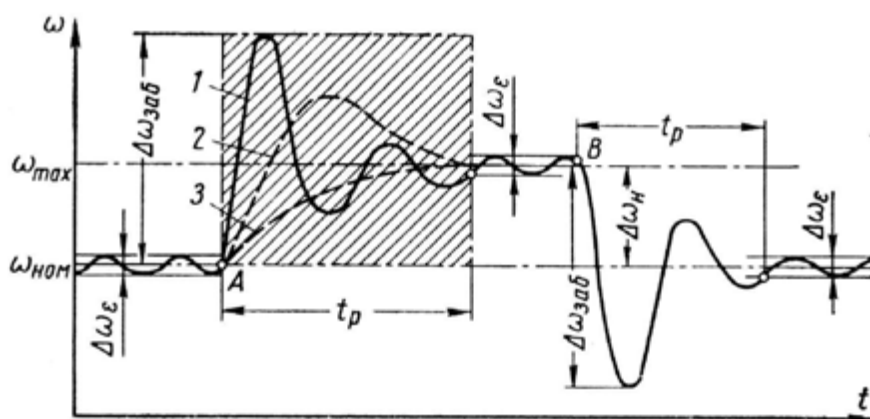


Рисунок 1 – Показатели качества переходного процесса

Обычно принимается, что система автоматического регулирования двигателя обладает определенным качеством, если значения  $\Delta\omega_{заб}$ ,  $\Delta\omega_\varepsilon$  и  $t_p$  не превышают заданных предельных значений. И, как результат, обоснована основная причина ухудшения работы двигателя на динамических режимах – изменение скоростных параметров.

В эту систему показателей качества переходного процесса предлагается ввести еще один показатель – величина ускорения коленчатого вала в момент действия переходного процесса. Нарушения в работе систем двигателя во время переходного процесса в первую очередь необходимо связать с инерционными силами, появляющимися в механизмах, движущихся жидкостях и газах. И эти силы, согласно второму закону Ньютона, напрямую связаны с ускорением.

Главную роль в обеспечении оптимального качества работы двигателя МТА играет регулятор. Регулятор – это именно та часть



двигателя, которая должна обеспечивать устойчивость его работы во время изменения нагрузки, именно регулятор должен обеспечить приспособление рабочих процессов двигателя к действию реальной нагрузки [3, 5, 7, 8, 12].

На основании проведенных исследований, рассматривая уравнения зависимости ускорения коленчатого вала двигателя от параметров системы регулирования, можно отметить большую их значимость относительно остальных уравнений (зависимость скоростных показателей, зависимость времени регулирования). В данном случае представленные зависимости включают в себя большее количество связанных между собой факторов [3, 4, 11, 12].

Резкие колебания нагрузки приводят к значительным изменениям скорости вращения вала двигателя, появлению больших по значению ускорений. Более тяжело протекают процессы при увеличении нагрузки двигателя МТА. В этом случае двигатель, за счет увеличения цикловой подачи, должен набрать необходимую энергию не только для преодоления возникшей нагрузки, но и для восстановления своего скоростного режима, чему будут препятствовать инерционные силы как самого двигателя, так и других составляющих МТА.

Одним из наиболее эффективных предложенных способов совершенствования динамических режимов работы двигателя является использование двухимпульсного регулирования, что может привести к существенному снижению величины ускорений коленчатого вала и, как результат, к улучшению технико-экономических показателей двигателя.

### Список литературы

1. Крутов, В. И. Автоматическое регулирование двигателей внутреннего сгорания / В. И. Крутов – М.: Машиностроение, 1968.
2. Вахрамеев, Д. А. Характер нагружения двигателей тракторов и комбайнов / Д. А. Вахрамеев, Е. Н. Струна, И. В. Лукиных // Наука, инновации и образование в современном АПК: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. –2014. – С. 190–192.
3. Вахрамеев, Д. А. Повышение производительности и экономичности машинно-тракторного агрегата улучшением динамических характеристик двигателя: спец. 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства», 05.04.02 «Тепловые двигатели»: дис. ... канд. техн. наук / Вахрамеев Дмитрий Александрович. – Казань. – 2000.
4. Вахрамеев, Д. А. Изменение инертности МТА как способ снижения динамических потерь / Д. А. Вахрамеев, Р. Р. Шакиров // Повышение эффективности функционирования механических и энергетических систем: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Саранск, 2004. – С. 257–259.

5. Шакиров, Р. Р. Особенности работы машинно-тракторного агрегата на неустановившихся режимах / Р. Р. Шакиров, Д. А. Вахрамеев // Проблемы и перспективы развития авиации, наземного транспорта и энергетики АНТЭ-2009: м-лы V Всеросс. науч.-техн. конф. – Казань, 2009. – Т. 2. – С. 16–18.
6. Вахрамеев, Д. А. Совершенствование уравнения движения двигателя / Д. А. Вахрамеев, Н. В. Ворончихин, Р. Р. Шакиров // Улучшение технико-эксплуатационных показателей мобильной техники: м-лы XIV Регион. науч.-практ. конф. вузов Поволжья и Предуралья, посвящ. 60-летию Ижевской ГСХА. – Ижевск, 2003. – С. 53–57.
7. Халиуллин, Ф. Х. Математическая модель определения эксплуатационных показателей энергетических установок мобильных машин в неустановившихся режимах работы / Ф. Х. Халиуллин, В. М. Медведев, Р. Р. Шириязданов // Вестник Казанского ГАУ. – 2015. – Т. 10. – № 1 (35). – С. 71–74.
8. Селифанов, С. Е. Двухимпульсное регулирование двигателей сельскохозяйственных тракторов / С. Е. Селифанов, Д. А. Вахрамеев, Н. К. Максимов // Материалы XIX научно-практической конференции. – Ижевск: Ижевская ГСХА. – 1999. – С. 115–116.
9. Иншаков, А. П. Повышение эффективности работы двигателя машинно-тракторного агрегата / А. П. Иншаков, Р. Р. Шакиров, Д. А. Вахрамеев // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: м-лы Межвуз. науч. конф. – Саранск. – 2010. – С. 132–136.
10. Вахрамеев, Д. А. Определение заброса частоты вращения тракторного двигателя при различных способах регулирования / Д. А. Вахрамеев, М. В. Городилов, А. А. Уразов // Наука, инновации и образование в современном АПК: м-лы Международ. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. – 2014. – С. 192–194.
11. Вахрамеев, Д. А. Улучшение технико-экономических показателей двигателя машинно-тракторного агрегата путем совершенствования динамических характеристик двигателя / Д. А. Вахрамеев, Е. А. Потапов, Ф. Р. Арсланов // Динамика механических систем: м-лы I Международ. науч.-практ. конф., посвящ. памяти профессора А. К. Юлдашева. – Казань, 2018. – С. 53–59.
12. Шакиров, Р. Р. Совершенствование системы регулирования дизеля введением дополнительного импульса по нагрузке / Р. Р. Шакиров, А. П. Иншаков, Д. А. Вахрамеев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ. – 2010. – № 63. – С. 35–44.
13. Шакиров, Р. Р. Совершенствование технико-экономических показателей ДВС при работе на неустановившихся режимах / Р. Р. Шакиров, А. П. Иншаков, Д. А. Вахрамеев // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 4. – С. 28–31.

УДК 629.064.3

**Н. Д. Давыдов, Д. А. Вахрамеев,  
А. А. Мартюшев, Ю. Г. Корепанов**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **СИСТЕМА ПОДОГРЕВА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА КАК СПОСОБ КАЧЕСТВЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР**

В работе представлен способ подогрева дизельного топлива путем перераспределения избыточной тепловой энергии системы охлаждения дизельного двигателя. Данный конструктивный метод позволяет улучшить работу дизельного двигателя в условиях низких температур путем более эффективного использования топлива.

При эксплуатации двигателей внутреннего сгорания в условиях низких температур возникает ряд трудностей, связанных прежде всего с процессом его пуска и эксплуатации.

Процесс пуска и последующего прогрева является одним из неотъемлемых этапов работы любого двигателя и сопровождается высокой степенью износа практически всех его составных элементов и систем в целом, высоким уровнем шумов и вибраций [1], а также повышенным расходом горюче-смазочных материалов с интенсивным выделением токсичных компонентов и сажи в составе отработавших газов [3, 4].

И если взглянуть на данный процесс детально, то здесь возникает большой интерес, в силу того, что наблюдается постоянно изменяющийся динамический процесс, который берет свое начало от статического состояния двигателя перед запуском и до установившейся равномерной его работы на холостом ходу после завершения процесса прогрева.

Дизельный двигатель наиболее требователен к температурным условиям окружающей среды. Поэтому его пуск в условиях низких температур вызывает наибольшие трудности.

Большинство современных автотракторных дизелей трудно запустить уже при температуре окружающей среды ниже  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . А в условиях средней полосы России, когда средняя температура января составляет  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , без устройств предпускового подогрева уже не обойтись.

Существуют различные устройства для подогрева моторного масла в картере, охлаждающей жидкости в системе охлаждения,

воздуха, подаваемого в цилиндры двигателя, а также дизельного топлива [2, 4, 5]. Именно оптимальная температура является основополагающим условием нормального процесса пуска и работы дизельного двигателя.

Наибольший интерес представляет температура в камере сгорания в момент подачи топлива, так как от ее значения зависит возможность процесса воспламенения и последующего нормального горения.

Температура воздуха в цилиндре двигателя в конце такта сжатия:

$$T_{\text{в}} = T \cdot \xi^{k_l-1} \quad (1)$$

где  $T$  – температура воздуха в цилиндре двигателя в конце такта впуска, °К;

$\xi$  – степень сжатия;

$k_l$  – показатель адиабаты сжатия.

Здесь следует отметить, что вышеприведенная зависимость справедлива лишь для нормального рабочего процесса прогретого двигателя.

При работе двигателя в условиях низких температур возможно появление процессов, снижающих эффективность использования топлива.

Температуру в конце такта сжатия можно повысить увеличением температуры воздуха, подаваемого в цилиндры двигателя. Но также есть возможность воздействовать непосредственно на впрыскиваемое топливо, т. е. предварительно подогреть его для снижения вязкости и улучшения качества распыла.

Подогреть топливо можно всевозможными способами при применении разнообразных конструктивных приспособлений, закрепленных множеством патентов.

На сегодняшний день наибольшее распространение получили топливные фильтры, оснащенные нагревательным элементом. Данный способ предотвращает замерзание топлива в фильтре и забивание фильтра частицами льда, содержащимися в топливе. В то же время он требует затрат определенного количества электрической энергии с бортовой сети, что с точки зрения энергоэффективности не актуально [5].

Если же использовать избыточную тепловую энергию системы охлаждения дизельного двигателя и направить ее для подогрева топлива в баке, то можно полностью исключить потери тепловой энергии двигателя через радиатор системы охлаждения. На рисунке 1 представлена упрощенная схема системы.

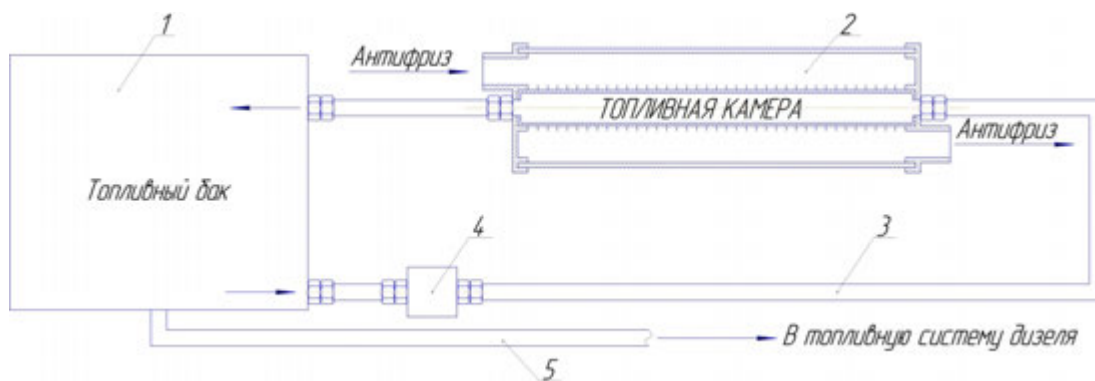


Рисунок 1 – Теплообменник для подогрева топлива в баке

Система подогрева топлива работает следующим образом. Дизельное топливо из бака поз.1 подается в теплообменник поз.2 посредством электрической помпы поз. 4. В теплообменнике происходит передача холодному топливу тепловой энергии, охлаждающей жидкости (антифриза), системы охлаждения дизеля.

Таким образом, в процессе длительной работы автотракторной техники в условиях низких температур, оснащенной дизельными двигателями, происходит подогрев топлива в баке, что способствует улучшению качества распыливания и улучшению качества смесеобразования. Все это способствует снижению расхода топлива и уменьшению концентрации токсичных компонентов в составе отработавших газов [6–8].

#### Список литературы

1. Егоров, Н. М. Снижение вибрации и шума механических транспортных средств / Н. М. Егоров, Ф. Х. Халиуллин // Сельский механизатор, 2017. – № 6. – С. 105–107.
2. Лопарев, А. А. Инновации в тракторостроении / А. А. Лопарев, А. С. Комкин // Улучшение эксплуатационных показателей сельскохозяйственной энергетики: м-лы VII Междунар. науч.-практ. конф. Наука-Технологии-Ресурсосбережение. – Киров, 2014. – С. 150–154.
3. Потапов, Е. А. Снижение токсичности двигателя машинно-тракторного агрегата в момент его пуска / Е. А. Потапов, Д. А. Вахрамеев, Ф. Р. Арсланов // Современные проблемы экологии: м-лы XX Междунар. науч.-техн. конф. под общ. ред. В. Н. Панарина. – Тула: Инновационные технологии, 2018.
4. Потапов, Е. А. Тепловой аккумулятор для предпусковой подготовки двигателя машинно-тракторного агрегата / Е. А. Потапов, Д. А. Вахрамеев, Ф. Р. Корепанов, А. С. Богданов, А. В. Попов // Динамика механических систем: м-лы I Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти профессора А. К. Юлдашева. – Казань, 2018. – С. 84–90.

5. Рязанов, М. М. Снижение рисков отказа мобильной сельскохозяйственной техники и транспортных средств в условиях низких температур / М. М. Рязанов, Д. А. Гусев // Реновация машин и оборудования: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – 2017. – С. 160–166.

6. Шакиров, Р. Р. Совершенствование технико-экономических показателей двс при работе на неустановившихся режимах / Р. Р. Шакиров, А. П. Иншаков, Д. А. Вахрамеев // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 4. – С. 28–31.

7. Шакиров, Р. Р. Особенности работы машинно-тракторного агрегата на неустановившихся режимах / Р. Р. Шакиров, Д. А. Вахрамеев // Проблемы и перспективы развития авиации, наземного транспорта и энергетики АНТЭ-2009: м-лы V Всеросс. науч.-техн. конф. – Казань, 2009. – Т. 2 – С. 16–18.

8. Иншаков, А. П. Повышение эффективности работы двигателя машинно-тракторного агрегата / А. П. Иншаков, Р. Р. Шакиров, Д. А. Вахрамеев // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: межвуз. сб. науч. тр. – Саранск, 2010. – С. 132–136.

УДК 631.331.86

**И. А. Дерюшев**

*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **МАЛОГАБАРИТНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПОСЕВА СЕМЯН ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Рассматривается вопрос о равномерном распределении семян при полосовом посеве сельскохозяйственных культур путем применения в конструкции сошника активного дискового рассеивателя. Представлена разработка конструкции сошника для разбросного посева овощных культур.

Прошло то время, когда большая часть урожая корнеплодов, в частности моркови, в стране выращивалась в крупных специализированных овощеводческих хозяйствах. В Удмуртской Республике отдельные пригородные хозяйства возделывали морковь на площади 200–250 га.

В настоящее время большая часть овощей выращивается на полях небольших фермерских хозяйств. В этой ситуации специализированные высокопроизводительные технические средства для промышленного производства овощных культур оказались никому не нужными. Их за короткое время превратили в металлолом и отправили на базы вторчермета. Естественно, прекратилось серийное изготовление новых машин для производства овощей на заводах страны.



Необходимо искать новые пути для механизации производственных процессов возделывания овощей. Для небольших полей необходимы малогабаритные, лёгкие, удобные в использовании технические средства.

В общем комплексе технологических операций по возделыванию овощных культур важное место занимает посев, так как своевременность и качество его проведения во многом определяет урожайность культуры и величину последующих затрат труда на её выращивание.

Как известно, на огородах частных хозяйств посев овощных культур выполняется вручную. При этом используются различные способы и примитивные устройства, облегчающие процесс и повышающие качество посева.

Основной задачей посева, как известно, является обеспечение оптимальной густоты стояния растений и равномерное распределение их по площади засеваемого участка. Основным недостатком обычного рядового посева является неравномерное распределение семян вдоль рядка. При таком посеве из-за низкой полевой всхожести семян и несовершенства высевающих аппаратов их высевают в значительно большем количестве, чем необходимо. В связи с этим для нормального роста и развития растений необходимо прореживание всходов. При прорывке всходов повреждается корневая система оставшихся растений, в результате чего снижается их продуктивность.

Кроме того, при рядовом способе посева корнеплоды вырастают неоднородными, увеличивается количество недогонов и уродливых корней, что снижает выход стандартной продукции. Попытки устранения этого существенного недостатка рядового посева привели к использованию ленточных и полосовых способов посева [2].

Основным преимуществом полосового посева по сравнению с рядовым является то, что благодаря рассредоточенному размещению семян в полосе можно выращивать большее количество растений на единицу площадей и исключается необходимость в ручной прорывке всходов.

На основе анализа известных конструктивных и технологических схем устройств, для распределения и заделки семян нами разработан сошник для широкополосного высева семян [1, 3, 4, 5].

На рисунке 1 изображена схема малогабаритного посевного агрегата. Сошник для широкополосного посева овощных культур состоит из высевающего аппарата, трубчатого семяпровода, рассеивателя в виде дискового рассеивателя, несущего бруса, установленного на два катка, и механизмов привода в движение рабочей катушки высевающего аппарата и диска рассеивателя.

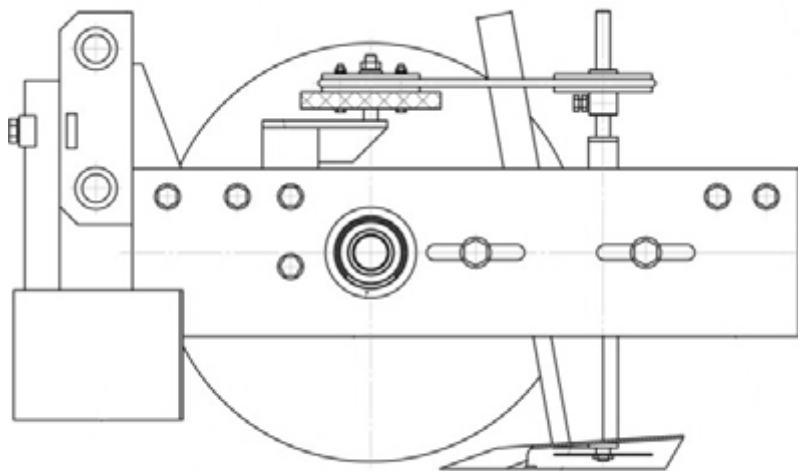


Рисунок 1 – Схема сошника для широкополосного высева семян

Рабочая катушка высевающего аппарата образована трапециевидными лопастями, прикрепленными к ступице и поставленными под углом  $30...35^\circ$  к плоскости вращения.

Смежные лопасти имеют наклон в разные стороны (рис. 1). Рабочая катушка размещена в коробке с полуцилиндрическим дном. Коробка вставлена в полуцилиндрическое основание, жестко закрепленное на верхнем конце трубчатой стойки – семяпровода. На дне коробки и основания имеются ромбовидные отверстия.

При повороте коробки относительно основания ромбовидные отверстия смещаются, и тем самым изменяется величина проходного отверстия для семян, следовательно, изменяется норма высева.

Под семяпроводом размещен рассеивающий диск круглой формы. Центральная часть диска соединяется с вертикальным валом, имеющим на верхнем конце приводной механизм, и установленный на подшипниках скольжения в оси. Трубчатая стойка – семяпровод и трубка оси соединены между собой перемычками и с помощью регулировочных пластин закреплены на несущем продольном брусе. Продолговатые отверстия в регулировочных пластинах обеспечивают перемещение стойки с трубкой оси по вертикали, следовательно, регулирование глубины заделки семян. Рабочая катушка высевающего аппарата приводится в движение от звездочки, закрепленной на валике (рис. 1), на концах которого установлен каток. В средней части валик опирается на два шарикоподшипника, вставленные в корпус, закрепленный на конце несущего бруса.

К упругой боковой поверхности примыкает каток. Дополнительное давление катка обеспечивается пружиной. На верхней поверхности катка со смещением от оси вращения закреплен палец.

Дополнительные приспособления: камнеотвод, маркеры, загортачи, подвески и кронштейны для соединения сошника с рамой сеялки на рисунке не показаны.

Работа посевного аппарата осуществляется следующим образом. При поступательном движении аппарата посредством цепи движение от звездочки передается на валик рабочей катушки. При вращении катушки в семенной массе создается круговое движение слоя семян, располагающегося вблизи лопастей. Размеры кольцевого активного слоя выходят за габариты самой катушки как в радиальном, так и в осевом направлениях. Объем семян, высеваемых катушкой за один ее оборот, определяется толщиной активного слоя у выходного отверстия и площадью последнего.

Норма высева семян регулируется поворотом коробки относительно основания, т. е. величиной перекрытия ромбовидных отверстий. Поток семян под действием силы тяжести направляется по трубчатой стойке – семяпроводу на активный рассеиватель, представляющий собой круглый диск необходимой формы, совершающий в горизонтальной плоскости вращения в пределах заданного сектора. Семена под действием силы тяжести и инерционных сил сходят с диска и разбрасываются широкой полосой на поверхность почвы. Загортачами семена заделываются слоем почвы.

Устройство имеет все сборочные единицы сеялки: бункер, высевающий аппарат, сошник, ходовые колеса, следовательно, его можно использовать в составе посевного агрегата, состоящего из мотоблока и полунавесной сцепки, с установленными на ней широкополосными сошниками для посева овощных культур.

Основные узлы посевного агрегата (рис. 2): мотоблок, сцепка сеялки, сошник.

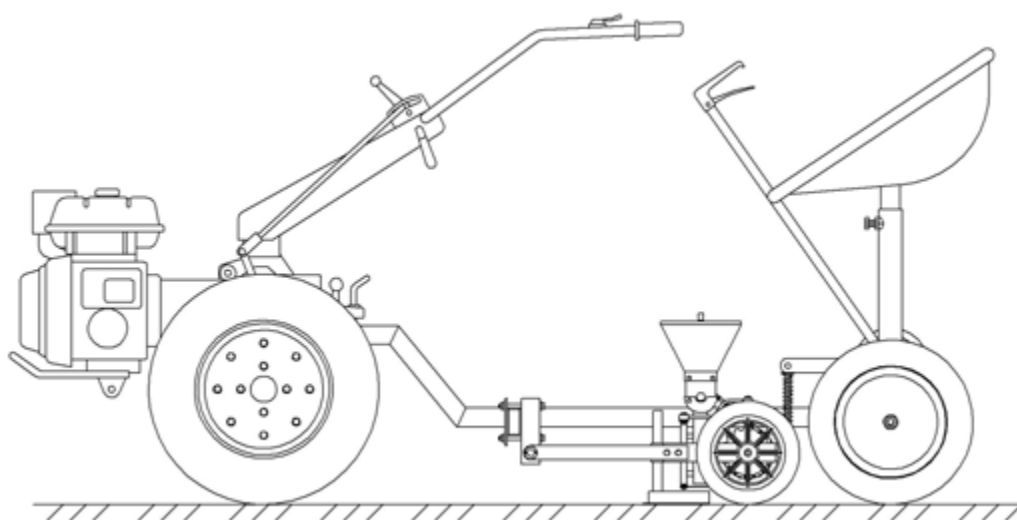


Рисунок 2 – Малогабаритный посевной агрегат

Достоинства посевного агрегата:

- высокий коэффициент равномерности посева по сравнению с известными сеялками,
- отпадает необходимость в ручном прореживании посевных полос,
- незначительное отклонение массы и размеров корнеплодов моркови от их средней величины, то есть высокий процент товарности собранного урожая,
- возможность предпосевного визуального наблюдения картины распределения семян и правильности установки нормы высева на бумажной ленте,
- надежность выполнения техпроцесса.

В результате поисков и исследований получен сошник для широкополосного высева семян, содержащий мотылькообразное высевающее устройство и активный рассеиватель дискового типа.

Конструкция сошника отработана и надежно обеспечивает технологический процесс посева малосыпучих семян овощных культур на широкой полосе.

Просто регулируется норма высева, ширина полосы рассеивания и глубина заделки семян.

Используя сошник для широкополосного высева семян с законченным технологическим циклом, нетрудно составить сеялку для мотоблока или мини-трактора.

#### Список литературы

1. Максимов, Л. М. Новая овощная сеялка для равномерного посева / Л. М. Максимов, П. Л. Максимов, И. А. Дерюшев, А. А. Кунавин // Картофель и овощи. – 2013. – № 3. – С. 18–19.
2. Максимов, Л. М. Новый способ подпочвенно-разбросного посева мелких семян овощных культур / Л. М. Максимов, И. А. Дерюшев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2008. – № 11. – С. 20–21.
3. Максимов, Л. М. Новый аппарат для широкополосного высева семян овощных культур / Л. М. Максимов, П. Л. Максимов, И. А. Дерюшев // Картофель и овощи. – 2009. – № 3. – С. 20–21.
4. Максимов, Л. М. Широкополосный посевной аппарат с активным рассеивателем семян / Л. М. Максимов, П. Л. Максимов, И. А. Дерюшев // Картофель и овощи. – 2006. – № 2. – С. 26–27.
5. Патент РФ № 2316931, МПК<sup>3</sup> А01С 7/20 Сошник для внутрипочвенного разбросного посева / Максимов Л.М., Максимов П.Л., Лужбин А.А., Дерюшев И.А. (РФ). – 2005112168/12; Заявлено 22.04.2005 Бюл. № 30; Опубликовано 20.02.2008, Бюл. № 5. – 7 с.

**Н. Д. Давыдов, Д. А. Вахрамеев**

*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДИКИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МОТОРНЫХ МАСЕЛ**

Представлены методики изготовления масел в современных условиях. Представлен состав современных смазочных материалов.

Современные нефтяные (минеральные), синтетические и полусинтетические моторные масла получают путем смешения базовых масел с присадками различного функционального назначения. В качестве базовых масел чаще используют нефтяные дистиллятные масла различной вязкости. Также используются масла процесса гидроизомеризации, так называемые гидрокрекинговые масла и синтетические базовые компоненты. Смешением нефтяных с гидрокрекинговыми или синтетическими маслами получают полусинтетические масла.

Процесс производства смазочных масел для современной техники состоит из трех этапов:

1) подготовки сырья – получения исходных масляных фракций.

Базовые масла (компоненты масел) производятся на технологических установках переработки нефти по существующим поточным схемам. На установках производится перегонка нефти с получением дистиллятных масляных фракций 350–420 °С, 420–500 °С и фракции выше 500 °С. В настоящий момент развитие нефтеперерабатывающей промышленности позволяет производить перегонку с более узким фракционным составом, получая большее количество базовых масел.

2) получения компонентов масел из исходных масляных фракций путем реализации различных способов очистки фракций на установках маслблока.

В большинстве случаев это селективная очистка масляных фракций 350–420 °С и 420–500 °С фурфуролом с получением рафинатов фракций 350–420 и 420–500 °С. Деасфальтизация гудрона пропаном и селективная очистка смесью фенола и трикрезола (растворитель «селекто») деасфальтизата в растворе пропана с получением остаточного рафината фракции выше 500 °С. Гидроочистка остаточного рафината фракции выше 500 °С в стационарном слое катализатора с выработкой остаточного гидроочищенного рафината фракции выше 500 °С. Депарафинизация рафинатов фракций 350–420 °С и 420–500 °С и остаточного гидроочищенного рафината в растворе

метилэтилкетон-толуол с получением депарафинированных масляных фракций 350–420 °С и 420–500 °С, а также остаточного компонента гидроочищенного (базовое масло ОБ-500).

3) непосредственного получения товарных масел смешением (компаундированием) масляных компонентов и присадок [4, 6, 8, 12].

Все процессы производства смазочных масел включают стадии регулирования вязкости базового масла путем компаундирования и введения присадок с получением продуктов с заданными свойствами. Масла обычно компаундируют при 50–60 °С. При этой температуре вязкость масел и присадок достаточно низки для гарантированного удовлетворительного и быстрого перемешивания. В то же время базовые масла и присадки не подвергаются значительным термическим воздействиям. Но при высоких температурах, например 100 °С, скорости разложения некоторых присадок (в частности, противозадирных) уже значительны. Температуры выше 100–120 °С требуются лишь в случае присадок, трудно поддающихся растворению, например, сера в смазочно-охлаждающих жидкостях [1, 9, 14, 16].

Масла можно компаундировать периодически в резервуарах, реакторах и смесителях или непрерывно на соответствующих установках.

При периодическом компаундировании резервуары для компаундирования или смесители емкостью от 1 до 20 м<sup>3</sup> обычно обогреваются и снабжены мешалками. Количество компонентов определяют по массе, объему или дозируют с помощью дозировочного насоса. Оптимальное перемешивание достигается с помощью пропеллерных мешалок, так как медленно вращающиеся лопастные мешалки не обеспечивают необходимой интенсивности перемешивания. При использовании циркуляционного насоса его мощность должна быть достаточной для многократной циркуляции всего объема масла со скоростью несколько оборотов в час. Старый способ перемешивания воздухом, подаваемым в резервуар для компаундирования, экономически оправдан в тех случаях, когда при температурах смешения отсутствует опасность окисления компонентов масла. В этом случае целесообразно воздух подавать в резервуар не из центральной системы, а снабдить резервуар собственной воздуходувкой. В противном случае возможны осложнения из-за конденсированной воды или масляного тумана, увлеченного сжатым воздухом.

Поточное смешение – непрерывное компаундирование является единственным экономически оправданным способом компаундирования больших объемов товарных масел. В этом процессе все компоненты, базовые масла и присадки, дозируют в основной поток, в так называемую линию смешения. В системе Корнелла применяют два или более синхронно работающих дозировочных насо-



са, объемную производительность которых можно с высокой точностью регулировать автономно. Для бесперебойной работы требуется свободный доступ компонентов смешения к дозирующим насосам. В пропорциональных системах применяют отдельные дозаторы для каждого компонента. Вращение дозаторов сопряжено с коническими шестернями, соединенными с планетарными шестернями. Требуемая скорость дозирования достигается, когда планетарные шестерни дозаторов эталонного и контролируемого компонентов вращаются с одинаковой скоростью. Любое отклонение от заданного соотношения приводит к неравномерности движения ведомых шестерен, в результате чего изменяется положение планетарной шестерни и, следовательно, изменяется скорость подачи компонентов. Преимущество этой системы заключается в том, что в случае отклонения от заданной композиции автоматически отключается вся аппаратура [3, 10, 11, 15].

Установка компаундирования фирмы «Siemens and Halske» основана на этом же принципе. Планетарная шестерня заменена резьбовой гайкой, которая изменяет импульс подачи воздуха, регулируя подачу компонентов.

В настоящее время количество индивидуальных компонентов измеряют и регулируют с помощью электронных устройств. Многие эксплуатируемые установки для компаундирования масел полностью автоматизированы. Впервые такая установка («Блендомат») была применена в 1962 г. для компаундирования моторных бензинов с использованием двух базовых компонентов и трех присадок. Число компонентов может изменяться.

Высокие требования, предъявляемые к эксплуатационным свойствам смазочных масел, частично достигаются подбором сырья и соответствующей масел очисткой исходных масляных фракций. Введением в масла в процессе компаундирования присадок достигаются необходимые эксплуатационные свойства масел.

Эффективность присадок в маслах различного происхождения значительно масел зависит от оптимальной концентрации, а в случае композиции (пакета) присадок – также от оптимального сочетания компонентов [2, 13].

Для получения сбалансированных композиций моторных масел, отвечающих комплексу требований, смеси масел смешивают с антиокислительными, моюще-диспергирующими, противоизносно-противозадирными, депрессорными, вязкостными и антипенными присадками. Также при производстве возможно использование многофункциональных пакетов присадок, включающих в себя все вышеперечисленные свойства.

## Список литературы

1. Вахрамеев, Д. А. Система измерения расхода топлива двигателем в динамических режимах / Д. А. Вахрамеев, О. Б. Крылов, Р. Р. Шакиров // Улучшение технико-эксплуатационных показателей мобильной техники: м-лы XIV Регион. науч.-практ. конф. вузов Поволжья и Предуралья, посвящ. 60-летию Ижевской ГСХА. – Ижевск, 2003. – С. 57–59.
2. Вахрамеев, Д. А. Математическое обоснование работы двухимпульсного регулятора по частоте вращения и нагрузке тракторного двигателя / Д. А. Вахрамеев, Н. Д. Давыдов, Р. Р. Шакиров, Ф. Р. Арсланов // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. – 2016. – № 18. – С. 229–230.
3. Вахрамеев, Д. А. Зависимость мощности двигателя от сопротивления почвы пахотному агрегату / Д. А. Вахрамеев, Р. Р. Шакиров, Н. Д. Давыдов // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2016. – С. 16–18.
4. Влияние предпускового подогрева двигателя машинно-тракторного агрегата на снижение токсичных компонентов отработавших газов / Е. А. Потапов, Д. А. Вахрамеев, Н. Д. Давыдов [и др.] // Современные также проблемы экологии XX Междунар. науч.-техн. конф. Под общ. ред. В. М. Панарина, 2018. – С. 16–19.
5. Иншаков, А. П. Повышение эффективности работы двигателя машинно-тракторного агрегата / А. П. Иншаков, Р. Р. Шакиров, Д. А. Вахрамеев // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: межвуз. сб. науч. тр.; Мордовский госуниверситет им. Н. П. Огарева. – Саранск, 2010. – С. 132–136.
6. Комплекс систем для снижения токсичности отработавших газов дизельного двигателя / Е. А. Потапов, Д. А. Вахрамеев, Р. Р. Шакиров [и др.] // Научно обоснованные технологии интенсификации сельскохозяйственного производства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевская ГСХА. – 2017. – С. 95–100.
7. Предпусковой подогрев двигателя трактора как эффективных способ снижения токсичных компонентов в отработавших газах / Е. А. Потапов, Д. А. Вахрамеев, Ф. Р. Арсланов [и др.] // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2018. – С. 172–175.
8. Селифанов, С. Е. Совершенствование работы машинно-тракторного агрегата при резких колебаниях нагрузки / С. Е. Селифанов, Д. А. Вахрамеев, Р. Р. Шакиров // Актуальные проблемы механизации сельского хозяйства: м-лы Науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию факультета механизации сельского хозяйства. – Ижевск. Ижевская ГСХА, 2005. – С. 222–224.
9. Снижение расхода топлива двигателей автотракторной техники и машинно-тракторных агрегатов путем применения трансмиссионных тепловых аккумуляторов / Е. А. Потапов, А. А. Мартюшев, Д. А. Вахрамеев [и др.] // Современные проблемы экологии: м-лы XXI Междунар. науч.-практ. конф., 2018. – С. 35–37.

10. Снижение содержания токсичных веществ в отработавших газах двигателя машинно-тракторного агрегата путем применения комплексных систем // Е. А. Потапов, Д. А. Вахрамеев, Р. Р. Шакиров [и др.] // Улучшение эксплуатационных показателей двигателей внутреннего сгорания: м-лы X Международ. науч.-практ. конф. Наука – Технология – Ресурсосбережение. – 2017. – С. 14–17.

11. Снижение токсичности отработавших газов двигателя машинно-тракторного агрегата в реальных эксплуатационных условиях / Д. А. Вахрамеев, Р. Р. Шакиров, Н. Д. Давыдов, Ф. Р. Арсланов // Современные проблемы экологии: м-лы XIV Международ. науч.-техн. конф. – Тула, 2016. – С. 52–55.

12. Снижение токсичности отработавших газов дизельного двигателя в период пуска / Е. А. Потапов, Д. А. Вахрамеев, Н. Д. Давыдов [и др.] // Современные проблемы экологии: м-лы XIX Международ. науч.-техн. конф. Под общ. ред. В. М. Панарина. – Тула, 2017. – С. 3–6.

13. Шакиров, Р. Р. К вопросу о применении дополнительного регулятора по нагрузке двигателя МТА / Р. Р. Шакиров, Д. А. Вахрамеев, Н. Д. Давыдов // Научное обеспечение инновационного развития АПК: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию государственности Удмуртии. – Ижевская ГСХА. – 2010. – С. 94–99.

14. Шакиров, Р. Р. Совершенствование системы регулирования дизеля введением дополнительного импульса по нагрузке / Р. Р. Шакиров, А. П. Иншаков, Д. А. Вахрамеев // Политематич. сетевой электр. науч. журнал Кубанского ГАУ. – 2010. – № 63. – С. 35–44.

15. Шакиров, Р. Р. Совершенствование технико-экономических показателей ДВС при работе на неустановившихся режимах / Р. Р. Шакиров, А. П. Иншаков, Д. А. Вахрамеев // Тракторы и сельхозмашины, 2011. – № 4. – С. 28–31.

16. Шакиров, Р. Р. Совершенствование топливоподачи двигателя машино-тракторного агрегата / Р. Р. Шакиров, А. П. Иншаков, В. А. Загребин // Образование и наука в XXI в. – 2012: м-лы VII Международ. науч.-практ. конф., 2012. – С. 42–44.

УДК 621.791.92

**И. И. Загиров, Р. Г. Ахмаров, М. З. Нафиков**  
*ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ*

## **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ПРИВАРКИ СТАЛЬНЫХ ПРОВОЛОК**

Показано, что контактная приварка стальных проволок является эффективным способом восстановления изношенных деталей. Даются рекомендации по выбору присадочных проволок и разработке технологических процессов восстановления.

**Введение.** Важнейшей проблемой, стоящей перед аграрным производством, является повышение сроков эксплуатации имеющейся сельскохозяйственной техники с минимальными затратами на эти цели. Одно из ключевых направлений – организация восстановления изношенных деталей.

Наиболее эффективными для восстановления наружных цилиндрических поверхностей изношенных валов считаются электроконтактные способы. Этими способами, основанными на методе шовной сварки, можно формировать тонкие, ровные, термомеханически упрочненные слои металлопокрытия, не требующие последующей термической обработки. В качестве присадочных материалов здесь могут применяться стальные ленты [1], сетки [2], металлические порошки [3], но наиболее доступным и дешевым видом присадочного материала являются выпускаемые промышленностью в самой широкой номенклатуре диаметров и химических составов стальные проволоки [4].

**Область применения.** Способ электроконтактной приварки стальных проволок (ЭКПП) эффективно применяется для восстановления большинства валов сельскохозяйственной техники, работающих как на износ, так и при динамических и повторно-переменных нагрузках. Исключение составляют тяжело нагруженные коленчатые валы, особо крупные (диаметром более 120...150 мм) детали, а также детали с износами рабочих поверхностей более 0,8...1,0 мм на сторону. Себестоимость восстановления деталей ЭКПП не превышает 20...40 % цены новых при равном ресурсе [5–7].

На рисунке 1 показаны восстановленные электроконтактной приваркой проволок (ЭКПП) детали сельскохозяйственной техники.



Рисунок 1 – Фотография деталей, восстановленных ЭКПП

### Схема формирования металлопокрытия, оборудование.

Присадочная проволока 2 затягивается между укрепленной в патроне 4 наплавочной установкой деталью 1 и роликом-электродом 3, разогревается до пластического состояния и осаживается (рис. 2а). При приварке проволоки по винтовой линии формируется сплошное металлопокрытие 5. Импульсы тока длительностью 0,04...006 с вырабатываются сварочным трансформатором 6 и прерывателем 7.

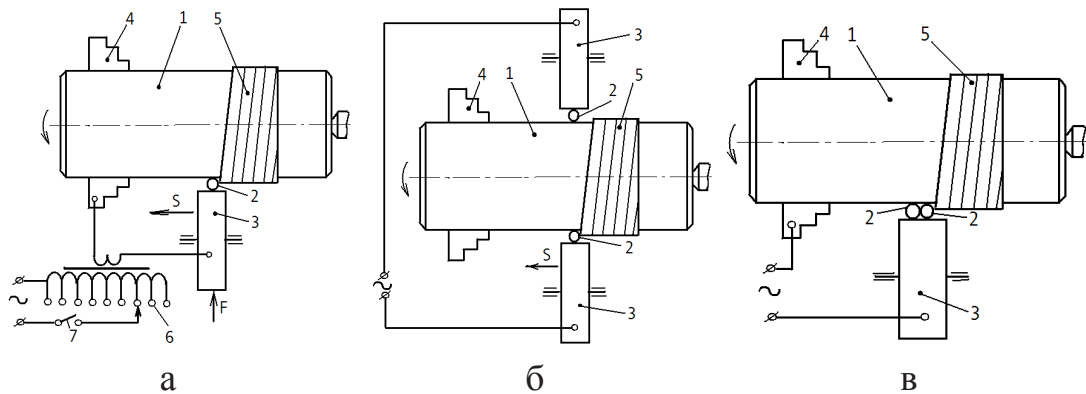


Рисунок 2 – Схемы наплавки

ЭКПП: а – основная; б – двухроликовая двумя проволоками;  
в – однорولیковая двумя проволоками

1 – деталь; 2 – присадочная проволока; 3 – ролик-электрод; 4 – патрон;  
5 – металлопокрытие; 6 – сварочный трансформатор; 7 – прерыватель тока;

Способ ЭКПП может быть реализован на наплавочных установках типа 011-1-02, 011-1-02Н, 011-1-05, 011-1-07 и др., до недавнего времени выпускавшихся серийно в ГОСНИТИ. Установка ЭКПП может быть изготовлена в производственных условиях на базе токарного станка и машины шовной сварки.

Ответственной частью наплавочной установки является инструмент – ролик-электрод [8–10].

**Выбор присадочных проволок.** Химический состав присадочной проволоки должен соответствовать или не отличаться существенно от химического состава металла детали. Большинство валов сельскохозяйственного назначения изготавливается из конструкционных или легированных сталей. Для восстановления таких валов рекомендуется применять проволоки марок НП-50, НП-65, НП-80 из углеродистых сталей, а также проволоки из легированных сталей марок НП-50Г, НП-65Г, НП-30ХГСА и др. по ГОСТ 10543-75.

Высота единичной площадки при наплавке проволоки диаметром 1,8 мм составляет примерно 0,45...0,50 мм, т. е. в 3,5...4 раза меньше диаметра проволоки. Для снятия дефектного слоя и выведения неравномерного износа рабочие поверхности валов перед при-



варкой обычно шлифуют на глубину порядка 0,1 мм на сторону. Минимальный припуск на последующую механическую обработку поверхностей равен 0,15...0,20 мм на сторону. Таким образом, при применении проволоки указанного диаметра можно восстанавливать детали с износами до 0,20...0,30 мм, т. е. подавляющее большинство валов сельскохозяйственной техники.

**Основы проектирования технологических процессов.** При необходимости перед приваркой проволоки могут производиться следующие подготовительные операции: подготовка восстанавливаемой поверхности (чистка, обезжиривание); правка центровых фасок; предварительное шлифование поверхностей с односторонним износом.

Соединение присадочного и основного металлов при ЭКПП формируется в твердой фазе, без оплавления контактирующих поверхностей. При этом прочность приварки покрытия определяется степенью пластической деформации присадочной проволоки [5]. При максимально достижимой ее осевой деформации 44...46 % прочность сварки равна прочности основного металла вала. Подробная методика выбора технологических режимов ЭКПП дана в работе [6].

Последующая после приварки механическая обработка поверхности осуществляется шлифованием.

Контроль качества восстановления включает в себя периодические замеры твердости, а также замеры осевой пластической деформации присадочной проволоки при ее приварке.

**Направления повышения эффективности и производительности ЭКПП.** Практически в 2 раза можно повысить производительность восстановления, если перейти на одновременную приварку двух присадочных проволок в соответствии с технологическими схемами на рисунках 2, б, в [11]. В случае двухзаходной приварки проволоки по схеме 2, б для точного наложения сварных валиков на деталь по винтовой линии присадочные проволоки в зону приварки рекомендуется подводить через направляющий кондуктор.

Способ ЭКПП также успешно применяется для упрочнения рабочих поверхностей изделий.

**Заключение.** ЭКПП является производительным, эффективным способом восстановления валов сельскохозяйственной техники. Авторы данной статьи ведут исследования в направлении разработки технологических процессов ЭКПП с применением легированных и цветных присадочных материалов.

#### Список литературы

1. Сайфуллин, Р. Н. Свойства покрытий, полученных электроконтактной приваркой присадочных материалов из стальных лент / Р. Н. Сайфуллин,



М. Н. Фархшатов, Э. Л. Левин и др. // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2014. – № 3. – С. 13–16.

2. Нафиков, М. З. Формирование сварного соединения при восстановлении валов контактной приваркой стальной проволоки и сетки / М. З. Нафиков, Р. Н. Сайфуллин, Э. Л. Левин, А. П. Павлов // Технология металлов. – 2011. – № 6. – С. 26–31.

3. Сайфуллин, Р. Н. Восстановление малоразмерных изношенных деталей электроконтактной приваркой порошка / Р. Н. Сайфуллин, М. З. Нафиков, А. А. Зайнуллин // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2012. – № 10. – С. 3–5.

4. Клименко, Ю. В. Электроконтактная наплавка. – М.: Металлургия, 1978. – 128 с.

5. Нафиков, М. З. Обоснование технологических процессов и разработка технических средств восстановления автотракторных деталей электроконтактной наплавкой: автореф. дисс.... докт. техн. наук. – Саранск. – 2010. – 36 с.

6. Нафиков, М. З. Свойства покрытий, полученных электроконтактной приваркой присадочного материала из стальных проволок / М. З. Нафиков, Р. Н. Сайфуллин, А. А. Зайнуллин // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2014. – № 2. – С. 38–43.

7. Нафиков, М. З. Методология выбора рациональных режимов контактной приварки стальных проволок / М. З. Нафиков, И. И. Загиров, А. А. Зайнуллин, Д. М. Нуртдинов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2013. – Вып. № 127. – С. 192–196.

8. Нафиков, М. З. Влияние износа ролика-электрода на качество сварного соединения при электроконтактной наплавке / М. З. Нафиков, И. И. Загиров // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2006. – № 5. – С. 30–31.

9. Нафиков, М. З. Определение размеров ролика для электроконтактной наплавки валов / М. З. Нафиков, И. И. Загиров, Р. Н. Сайфуллин // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2007. – № 2. – С. 21–22.

10. Нафиков, М. З. Исследование процесса износа ролика-электрода при электроконтактной наплавке / М. З. Нафиков, И. И. Загиров // Сварочное производство. – 2007. – № 3. – С. 23–24.

11. Нафиков, М. З. Восстановление валов двухзаходной контактной приваркой стальных проволок / М. З. Нафиков, И. И. Загиров, Д. М. Нуртдинов и др. // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2015. – № 4. – С. 8–11.

УДК621.893.

**А. Г. Ипатов, Н. Г. Касимов, Е. В. Харанжевский**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **ЛАЗЕРНО-ПОРОШКОВЫЙ СИНТЕЗ ПОКРЫТИЙ С НИЗКИМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ТРЕНИЯ**

Представлена уникальная технология получения твердых антифрикционных покрытий методом лазерно-порошкового синтеза. Определены основные факторы, влияющие на триботехнические показатели, обоснованы материалы, применяемые при получении покрытия. Представлены сравнительные результаты износных испытаний покрытий с различным содержанием компонентов покрытия.

**Введение.** Наиболее эффективным направлением по борьбе с износом в условиях эксплуатации машин и агрегатов является создание специальных антифрикционных покрытий на поверхностях деталей машин, подвергающихся максимальному изнашиванию. При получении антифрикционных покрытий реализуют два направления: создание «мягких» покрытий твердостью до 100 НВ и «твердых» покрытий с твердостью свыше 100 НВ.

Наиболее привлекательно, с точки зрения технологичности, получение «мягких» покрытий, преимущественно выполняемых методами литейного производства и способами металлизации [2, 3]. Отличительной чертой мягких покрытий является способность эксплуатироваться при очень высоких кинематических режимах (при скоростях свыше 5 м/с) и ударно-вибрационных режимах нагружения. При этом оптимальная работа таких покрытий возможна при условии наличия жидкостного или гидродинамического условий смазки и охлаждения. При ограниченной смазке «мягкие» покрытия характеризуются повышенной температурой в зоне контакта, нестабильностью коэффициента трения и интенсивным изнашиванием, нередко приводящими к «заеданию» подшипникового сопряжения.

Использование «твердых» покрытий более благоприятно влияет на характеристики работы трибосопряжений [2, 5, 7]. Для твердых покрытий характерно постоянство механических свойств в большом диапазоне температур, постоянство коэффициента трения и высокая несущая способность. При этом твердые покрытия могут эксплуатироваться в условиях граничного и полусухого режима смазки, не снижая антифрикционных и физико-механических свойств. Основным недостатком при получении твердых покрытий остается низкая технологичность получения покрытия и большая толщина, что сказывается на долговечности покрытий.

**Задачи исследований.** Формирование устойчивых триботехнических свойств поверхностей трения возможно при обеспечении стабильности фазового и структурного состояния тонкого поверхностного слоя. Известно, что термическая активация поверхности под действием сил трения приводит к нестабильности фазового состава контактирующих поверхностей, приводящая к изменению основных трибопараметров [1, 4, 9]. Как показывает практика, наиболее стабильными материалами являются керамические соединения, реализуемые в инструментальном производстве.

В условиях машиностроения использование инструментальных материалов в качестве конструктивных элементов ограничено, по причине их низких прочностных характеристик, определяемых повышенной хрупкостью. Однако современные технологии получения тонких покрытий на основе физического и химического осаждения показывают, что при малых толщинах использование керамических материалов в качестве несущих поверхностей в узлах и агрегатах является допустимым и обеспечивающим определенное преимущество в области термостойкости и износостойкости рабочих поверхностей [2, 9]. В данной работе нами предложена совершенно уникальная технология получения тонких покрытий на основе керамических соединений методом лазерно-порошкового синтеза в условиях короткоимпульсной обработки.

**Материалы и методика исследований.** При получении покрытий нами использованы порошковые композиции на основе карбида и нитрида бора, преимущественно используемые в производстве инструментов в качестве основы для шлифовальных материалов (эльбор). Отличительной чертой данных материалов является чрезвычайно высокая термостойкость порядка 2400–3000 °С и устойчивость их аллотропических структур. Их взаимное влияние изучено и характеризуется хорошим взаимодействием с получением высоких физико-механических свойств [2, 8]. При этом эти материалы обладают высокой химической стойкостью к окислению и растворению в кислотах и щелочах.

Кроме вышесказанного для данных материалов характерна повышенная твердость, достигающая 60 ГПа, что обеспечивает уникальную износостойкость в условиях высоких температур и абразивного изнашивания. Негативным триботехническим показателем данных материалов является повышенный коэффициент трения, достигающий величины 0,6–1,0 в зависимости от смазки и контактирующего материала.

Для снижения коэффициента трения наиболее эффективны слоистые мягкие материалы с высокой структурной стойкостью

и высокой температурной плавления. Поэтому при формировании покрытий использовали кристаллический графит с различным процентным содержанием и дисульфид молибдена. Покрытия получали с различным варьированием процентного содержания компонентов порошковой композиции. Полученные покрытия подвергли лабораторным исследованиям в условиях граничного трения скольжения на машине трения СМТ-2070 [5, 6].

**Результаты исследований.** Для обеспечения антифрикционных покрытиям заявленных требований по твердости и устойчивости против высоких температур в состав карбида бора дополнительно ввели нитрид бора, а также дисульфид молибдена (понижения коэффициента трения). Для определения оптимального сочетания легирующих компонентов в составе антифрикционного покрытия по параметру коэффициента трения реализовали активное многофакторное планирование эксперимента по плану Бокса-Бенкина. Полученные результаты при реализации программы Бокса-Бенкина позволили определить зоны с минимальными значениями коэффициента трения. В качестве основных факторов, влияющих на триботехнические характеристики покрытия, приняли изменение количества нитрида бора, изменение концентрации графита и изменение дисульфида молибдена. Для оптимизации порошковой композиции нами было реализовано 3-факторное активное планирование эксперимента на основе плана Бокса-Бенкина. Результаты исследований представлены в виде влияния каждого фактора по отдельности на коэффициент трения, а также в сочетании факторов на величину коэффициента трения (рис. 1).

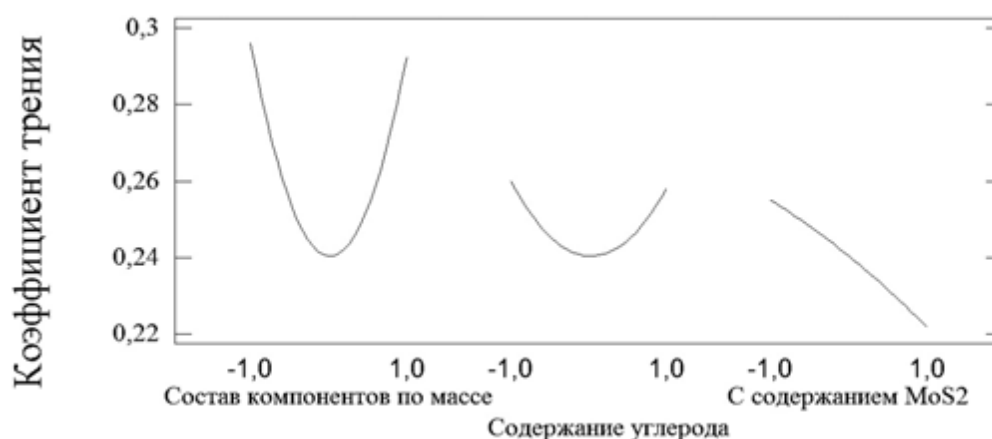


Рисунок 1 – Влияние основных факторов на коэффициент трения

На представленном рисунке проявляются две точки экстремума, соответствующие минимальному коэффициенту трения по параметру изменения количества нитрида бора и содержания углеро-

да в рассматриваемом диапазоне предельных значений. Положительное влияние дисульфида молибдена на коэффициент трения в рассматриваемом диапазоне фактора не выявлено (отсутствует значение минимума экстремума). Предельные значения основных факторов (представленные в закодированном виде «-1» минимальное значение фактора, «1,0» максимальное значение фактора) определили в условиях поисковых экспериментальных исследований, а также на основе априорной информации, в частности, содержание нитрида бора варьировалось в пределах от 10 % до 50 %. Минимальное значение нитрида бора в 10 % принимали на основе поисковых исследований, в которых влияние данного параметра четко проявилось в повышении твердости и понижении коэффициента трения, максимальное значение принимали с момента отсутствия интенсивного проплавления порошковой композиции. Таким образом, на характеристику коэффициента трения определяющее влияние оказывают содержание нитрида бора и содержание углерода.

С целью определения комбинированного влияния нескольких факторов на характеристику коэффициента трения анализировали их взаимное сочетание (рис. 2).

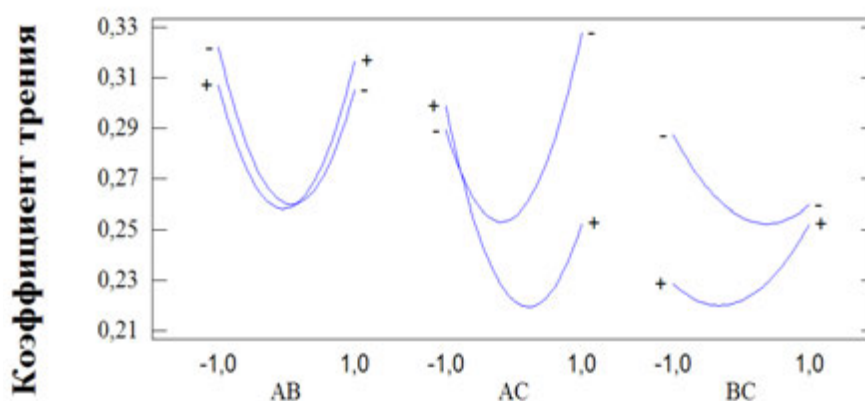


Рисунок 2 – Комбинированное влияние факторов на коэффициент трения:  
 АВ – комбинация факторов «BN-C»; АС – комбинация факторов «BN-MoS2»;  
 ВС – комбинация факторов «C-MoS2»

Анализ полученного подтверждает вышеуказанные результаты. Наибольшее влияние на коэффициент трения оказывают содержание состава порошковой композиции (количественное содержание нитрида бора) и содержание графита. При этом их влияние обладает высокой синхронностью с формированием общего минимума коэффициента трения. Минимальное значение коэффициента трения наблюдается при среднем содержании нитрида бора и гра-

фита, при взаимном изменении компонентов или при их отдельном варьировании наблюдается значительное повышение коэффициента трения. Взаимное влияние комбинации факторов «BN-MoS<sub>2</sub>» также формирует экстремум, соответствующий минимальному коэффициенту трения, однако их влияние асинхронно, что не позволяет с большой вероятностью предполагать их определяющего влияния комбинации данных факторов на триботехнические показатели покрытий. Что же касается комбинации факторов «C-MoS<sub>2</sub>», то их влияние не характеризуется четким экстремум, что подтверждает тот факт, что их взаимное сочетание не оказывает существенного влияния на характеристики покрытий.

Таким образом, можно с большой вероятностью предполагать, что наибольшее влияние на значение коэффициента трения оказывает состав смеси при варьировании нитрида бора и количество вводимого графита. Кроме этого, результаты активного планирования позволили определить оптимальные режимы формирования покрытия на основе факторов, определяющих триботехнические характеристики покрытия.

Последующие исследования были направлены на оптимизацию количества углерода (рис. 3).

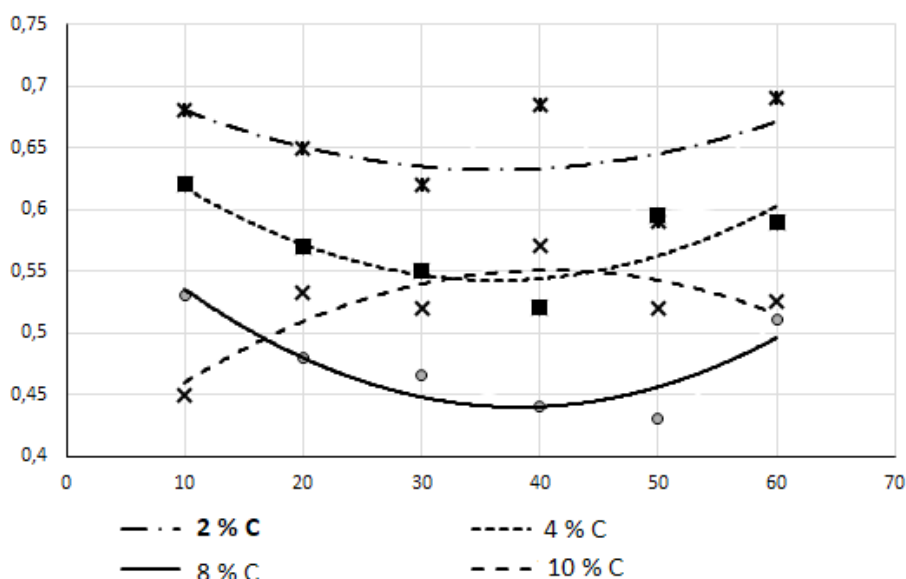


Рисунок 3 – Изменение коэффициента трения при введении графита в состав порошковой композиции

Как показывают исследования, углерод качественно и количественно влияет на работоспособность покрытия в условиях полусухого трения. С добавлением кристаллического графита в 2 % коэффициент трения анализируемых покрытий снижается. При дальнейшем увеличении графита до 8 % коэффициент трения также снижа-



ется, с небольшим повышением при концентрации углерода в 10 %. Для всех концентраций углерода положение минимума коэффициента трения на представленных зависимостях соответствует одной и той же величине нагрузки в 35–40 кгс. Основываясь на этих результатах, можно утверждать, что введение углерода не влияет на характеристики прочности и несущей способности покрытий. Благодаря слоистой структуре графит снижает коэффициент трения и интенсивность изнашивания. При увеличении свыше 10 % коэффициент трения увеличивается, при этом у образцов наблюдается повышенная гребнистость и пористость покрытий. Объяснением может служить повышенная кинетика движения жидких масс с последующим формированием глубоких пор.

Для сравнительных исследований в состав порошковых композиций дополнительно вводили дисульфид молибдена вместо углерода (рис. 4).

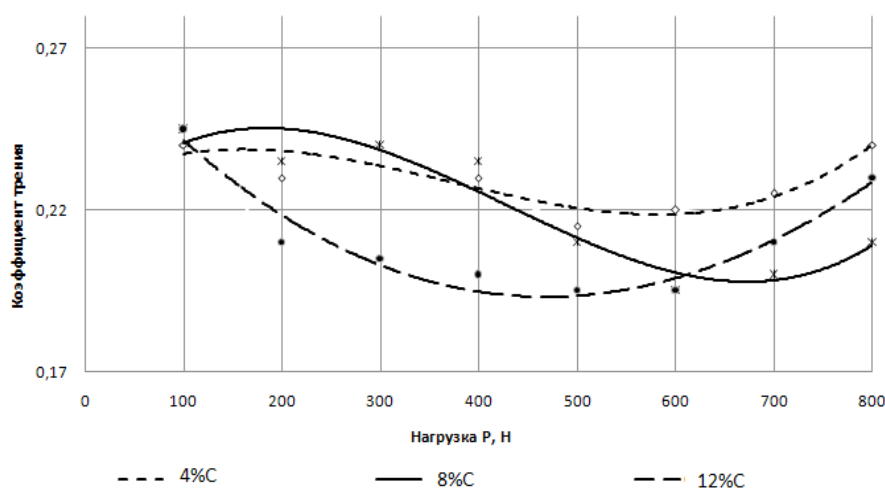


Рисунок 4 – Влияние количества дисульфида молибдена в порошковой композиции на коэффициент трения

Испытания, проведенные при тех же режимах, что для углеродсодержащих покрытий, не показали значительного улучшения коэффициента трения.

У анализируемых покрытий наблюдается более стабильный коэффициент трения. При этом величина коэффициента трения выше, чем для углеродсодержащих покрытий при тех же режимах. Кроме того, для данных образцов характерен скачкообразный рост коэффициента трения при нагрузках в 550–600 Н. Данный характер поведения покрытий связан со свойствами дисульфида молибдена, который подвержен интенсивному окислению при температурах 400...500 °С на воздухе с образованием твердых частиц оксида молибдена.

**Выводы.** Таким образом, представленные результаты демонстрируют работоспособность получаемых твердых антифрикционных покрытий. Характеристики покрытий в полном объеме удовлетворяют техническим требованиям по триботехническим параметрам, в частности, коэффициент трения в условиях граничного трения составляет около 0,11. На основе представленных результатов оптимизирован состав исходной порошковой композиции, обеспечивающий получение стабильных твердых покрытий с низким коэффициентом трения.

Представленные результаты имеют высокую практическую значимость при эксплуатации сверхтвердых функциональных покрытий на основе карбида и нитрида бора в машиностроении, в особенности это касается узлов и механизмов, работающих при повышенных динамических и термических нагрузках, в условиях отсутствия интенсивной смазки.

#### Список литературы

1. Гольдфарб, В. И. Новая технология лазерной модификации поверхностей низкоскоростных тяжело нагруженных опор скольжения / В. И. Гольдфарб, Е. С. Трубачев, Е. В. Харанжевский, А. Г. Ипатов, К. В. Богданов, Ю. Ю. Матвеева // Вестник ИжГТУ им. М. Т. Калашникова. – 2017. – Т. 20. – № 2. – С. 112–117.
2. Ипатов, А. Г. Повышение износостойкости подшипников скольжения сверхтвердыми материалами / А. Г. Ипатов // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2019. – № 10. – С. 16–20.
3. Ипатов, А. Г. Модификация антифрикционных покрытий на основе оловянистой бронзы короткоимпульсной лазерной обработкой / А. Г. Ипатов, Е. В. Харанжевский // Технический сервис машин. – 2018. – Т. 133. – С. 220–226.
4. Ипатов, А. Г. Исследование триботехнических свойств металлополимерных покрытий системы «Б83-МоS2-Ф4» / А. Г. Ипатов, Е. В. Харанжевский, С. М. Стрелков // Вестник Ижевской ГСХА. – 2015. – № 3(44). – С. 7–20.
5. Ипатов, А. Г. Износостойкость пористых покрытий / А. Г. Ипатов, С. М. Стрелков, Е. В. Харанжевский // Сельский механизатор. – 2010. – № 3. – С. 32–34.
6. Ипатов, А. Г. Лазерно-порошковая наплавка антифрикционных покрытий на основе баббита Б83 / А. Г. Ипатов, Е. В. Харанжевский // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2018. – № 8. – С. 27–31.
7. Стрелков, С. М. Способ формирования покрытия и установка для его осуществления // А. Г. Ипатов, С. С. Стрелков, Е. В. Харанжевский: патент на изобретение RUS 2497978 22.07.2011.
8. Ipatov, A. G. ANALYSIS AND SYNTHESIS IS OFF UNCTIONAL COATINGS BY HIGH-SPEEDLASER PROCESSING OF ULTRAFINE POWDER COMPOSITIONS / Shmykov S.N., Deryushev I.A., NovikovaL.Ya., Sokolov V.A. // Interna-

tional Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development. 2019. T. 9. № 3. С. 421–430.

9. Ipatov, A.G. AN ANALYSIS OF THE FUNCTIONAL PROPERTIES OF SUPER HARD COATINGS ON BORON CARBIDE SYNTHESIZED BY SHORT-PULSE LASER PROCESSING / Ostaev G.Ya., Shmykov S.N., Novikova L.Ya., Deryushev I.A. // International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development. 2019. T. 9. № 2. С. 921–928.

УДК. 629.3.027.415.083

**Ю. Г. Корепанов, А. С. Марков,  
Ф. Р. Арсланов, О. Ю. Корепанова**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИЗМЕРЕНИЯ СХОЖДЕНИЯ УПРАВЛЯЕМЫХ КОЛЕС ТРАКТОРОВ И ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

Приведена методика измерения схождения управляемых колес тракторов и грузовых автомобилей. Предложен способ сокращения трудоемкости и увеличения производительности при измерении и регулировании схождения управляемых колес.

Планово-предупредительная система технического обслуживания и диагностики является основой технической эксплуатации машинно-тракторного парка. Для внедрения данной системы необходимо иметь материальную и нормативную базу, а также обслуживающий персонал соответствующей квалификации [4, 5]. От качества проводимых работ при ТО и ТР зависит допуск транспорта к эксплуатации при прохождении государственного технического осмотра [2].

Соблюдение требований правильной установки управляемых колес повышает устойчивость движения автомобиля и трактора, легкость управления, повышает безопасность движения, снижает утомляемость водителя, а также способствует снижению износа колес и деталей переднего моста, снижает расход топлива.

Оборудование для замера углов схождения колес при диагностике переднего моста (балки) автомобиля разделяется на две группы: стационарные – стенды и переносные – приборы. По принципу действия стенды подразделяются на механические, оптические, оптико-электрические и электрические, а переносные приборы – на механические, жидкостные и оптико-электрические.

Для измерения углов установки колес большое распространение получили стационарные стенды. На стенде модели ЦКБ – 1119М (рис. 1) углы развала, схождения, продольного наклона шкворня и соотношение углов поворота колёс измеряются оптическим методом, а угол поперечного наклона шкворня – по уровню 6.

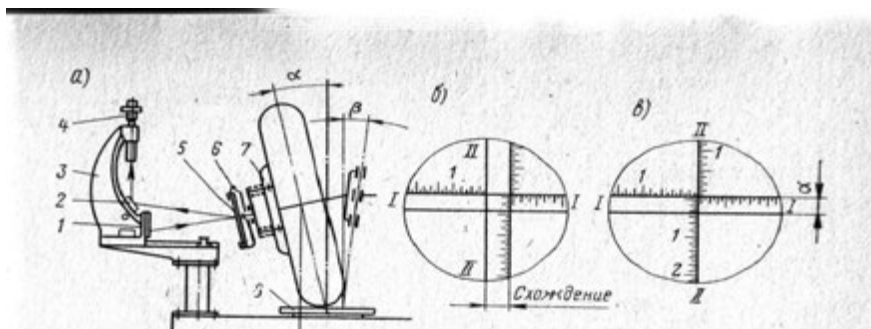


Рисунок 1 – Схема оптического стенда модели ЦКБ – 1119М

Принцип действия оптической системы стенда состоит в следующем. Изображение крестообразной измерительной шкалы, нанесенной на площадке 1 кронштейна 3, направляется зеркальным отражателем 5, установленным параллельно плоскости вращения колеса, с помощью захвата 7, на наклонное зеркало 2 и затем в окуляр микроскопа 4, на котором нанесено перекрестье. По смещению изображения шкалы относительно перекрестья определяют величину контролируемых углов. Колеса автомобиля установлены на поворотных дисках 8.

Широкое применение нашли оптико-электрические стенды (рис. 2).

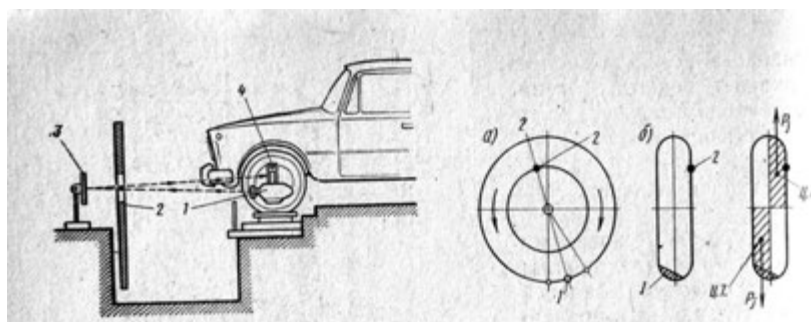


Рисунок 2 – Схема замера угла схождения на оптико-электрическом стенде модели К-111

В комплект такого стенда обычно входят два проекционных фонаря, которые крепятся с помощью специальных штативов на дисках колес автомобиля, и два экрана. Каждый проектор устанавливают так, чтобы его луч был строго параллелен плоскости вращения колеса. Это достигается вращением трех регулировочных винтов на штативе. Перед автомобилем устанавливают экраны для пра-

вого и левого колес. На экранах нанесены шкалы, по которым определяют углы развала, наклона шкворней и соотношение углов поворота колес. Применяя тот же прием, что и на оптических стендах, то есть, поворачивая установленные на поворотных площадках колеса вправо и влево на  $20^\circ$ , определяют величину контролируемых углов по перемещению луча проектора по шкалам экранов. Схождение колес определяют по положению отраженного на шкале проектора. Луч проектора 1, пройдя через отверстие в экране 2, отражается от зеркала 3 и попадает на шкалу экрана 4. Такой стенд требует меньшей затраты времени на контроль углов, но обладает меньшей точностью замеров по сравнению с оптическим стендом [1, 3].

Наиболее простым прибором для замера схождения передних колес является телескопическая линейка, раздвигающаяся под действием пружины. При замере схождения линейку устанавливают спереди колес так, чтобы наконечники упирались в покрышки около закраины обода, а концы цепочек касались пола. После этого передвигают шкалу линейки до совмещения нулевого деления с неподвижным указателем и фиксируют ее положение стопорным винтом. Затем автомобиль перекачивают вперед, пока линейка не займет симметричное положение за передней осью. Перемещение шкалы относительно указателя определяет линейную величину схождения колес. Аналогично измеряется схождение колес прибором ПСК-ЛГ, таким образом, для измерения требуется, как минимум, два человека для перекачивания трактора или автомобиля. Для снижения затрат труда и повышения производительности предлагаем простой стенд для измерения схождения колес автомобиля или трактора.

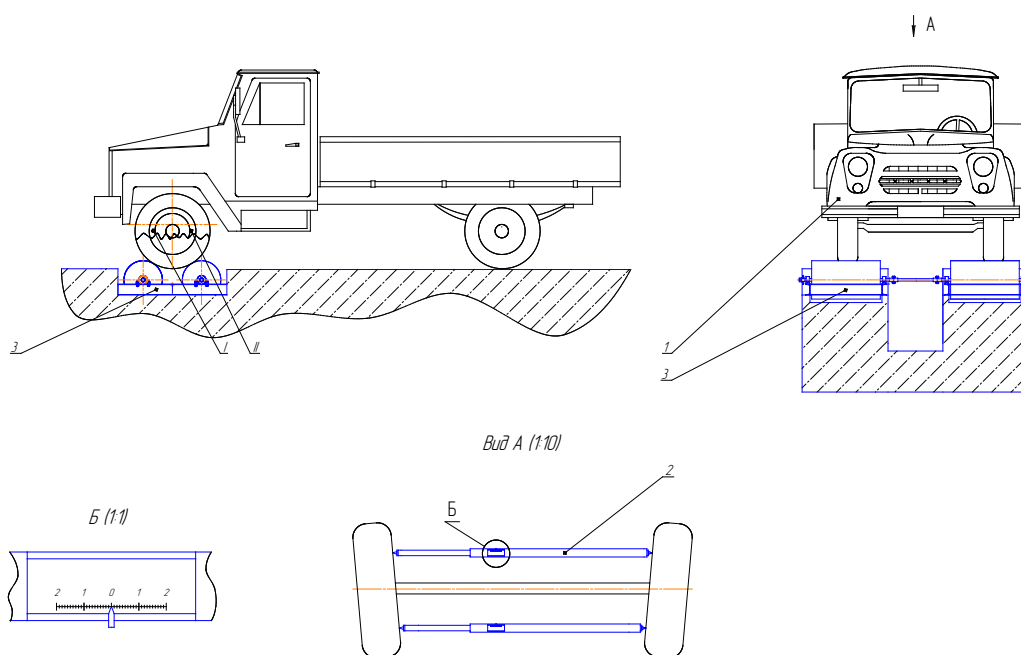


Рисунок 3 – Стенд для регулировки схождения колес

Суть разработки заключается в том, что автомобиль или трактор (рис. 3), у которых требуется проверить схождение колес, устанавливается на стенд 3, который представляет собой раму с беговыми барабанами (по два под каждое колесо) или под переднюю ось автомобиля или трактора 1, храповой механизм привода барабанов и цепную передачу. Когда рабочий установил линейку 2 в первом положении, он с помощью храпового механизма, расположенного на одном из валов барабанов со стороны осмотровой ямы, вращает барабаны, связанные между собой цепными передачами, тем самым поворачивает колеса автомобиля на 180 градусов и измеряет схождение колес. Полученные значения схождения управляемых колес сравниваются с табличными значениями. При необходимости схождение колес регулируется рулевыми тягами. Таким образом, один рабочий, не покидая осмотровой ямы, может проверить и при необходимости отрегулировать схождение управляемых колес.

#### Список литературы

1. Совершенствование катушечного подъемника для диагностики и технического обслуживания машин / Ю. Г. Корепанов, Ф. Р. Арсланов, О. Ю. Корепанова [и др.] // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевск: ИжГСХА. – 2019. – С. 88–89.
2. Корепанов, Ю. Г. Совершенствование технических осмотров самоходных машин / Ю. Г. Корепанов, А. С. Марков, Ф. Р. Арсланов // Наука, инновации и образование в современном АПК: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Ижевск: ИжГСХА. – 2014. – С. 204–207.
3. Организация технического обслуживания и инструментальный контроль машинно-тракторного парка: метод. указ. / М. З. Салимзянов [и др.], сост. – Ижевск: ИжГСХА, 2014.
4. Эксплуатация машинно-тракторного парка: практ. пособ. / Ю. Г. Корепанов [и др.], сост. – Ижевск: ИжГСХА, 2010.
5. Электрифицированный агрегат для диагностики и технического обслуживания машин / Ю. Г. Корепанов, Ф. Р. Арсланов, О. Ю. Корепанова, В. А. Баженов // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевск: ИжГСХА. – 2018. – С. 51–54.



**Л. Л. Максимов, О. П. Васильева,  
Я. Л. Максимова, А. П. Стрелков**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **ОБЗОР ОДНОРЯДНЫХ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ**

Представлен обзор однорядных картофелеуборочных комбайнов, преобладающих на российском рынке, их техническая характеристика и основные недостатки.

Современная высокопроизводительная картофелеуборочная техника, представленная на российском рынке, в основном иностранного производства и приобретается крупными агрохолдингами. Крестьянским (фермерским) хозяйствам, базирующимся на малых площадях, закупать импортную дорогостоящую технику невыгодно для сезонного использования. Чаще всего она не окупается годами, тем более, если не соответствует особенностям технологии возделывания картофеля в различных природно-климатических зонах нашей страны [2, 5, 9].

Отечественная профессиональная картофелеуборочная техника представлена в основном ООО «Агротехмаш», производящим двухрядные комбайны КПК-2–01 и ККР-2 (аналоги комбайна КПК-2, выпускавшегося еще в советское время) и картофелекопатели КТН-2В [9, 16, 17].

Средние и малые хозяйства до 80 % площадей картофеля убирают старой техникой еще советского производства (копатели, комбайны) или импортной, бывшей в употреблении, основная проблема которой в отсутствии оригинальных запасных частей и качественного сервисного обслуживания.

Затраты труда при возделывании картофеля доходят до 400 чел.-ч., на га, вместо положенных 60 чел.-ч., затраты труда на один центнер урожая достигают 6,5 чел.-ч., вместо возможных 0,6. В зависимости от почвенно-климатических условий потери урожая при этом составляют 8...26 % [3, 5, 8].

Применение новых малогабаритных картофелеуборочных комбайнов позволяет практически полностью исключить потери урожая, сбор клубней осуществлять в бункер, контейнеры, мешки, то есть убирать картофель с наименьшими трудозатратами и, соответственно, себестоимостью [4, 6, 7, 10, 11, 12 ].

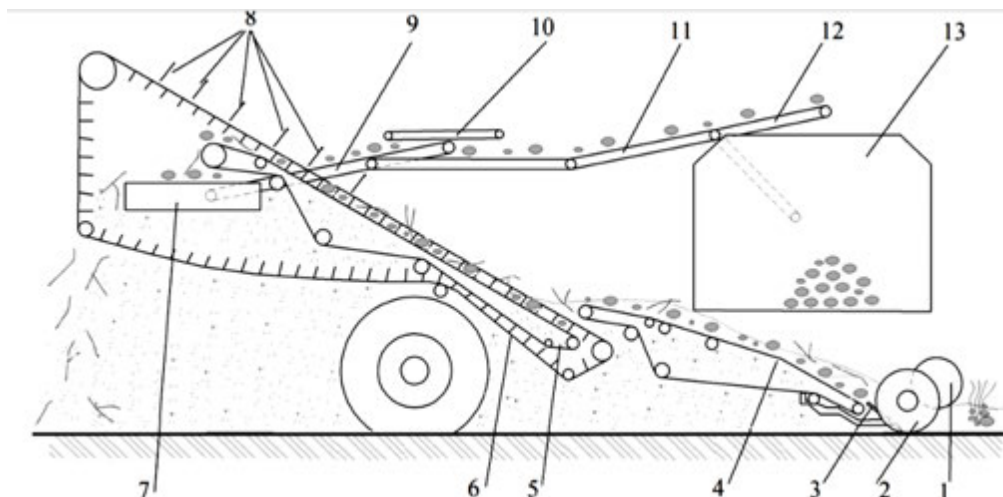
В последние годы на отечественном рынке малогабаритной картофелеуборочной техники преобладают однорядные комбайны, производимые зарубежными фирмами [1, 5, 13, 14, 15].

Ниже представлены технические характеристики и стоимость наиболее распространенных однорядных картофелеуборочных комбайнов (табл. 1).

Все представленные в таблице комбайны работают по одной технологической схеме (рис. 1) и имеют приблизительно одинаковую конструкцию. Основным сепарирующим элементом является прутковый элеватор. Он получил широкое распространение вследствие простоты конструкции и возможности подъема сепарируемой массы под углом более 20 град. [9, 18, 19, 20]. Поэтому для каждого сельхозпроизводителя эффективным окажется тот комбайн, который оптимально подходит для его хозяйства по показателям производительности, надежности и себестоимости.

Таблица 1 – Технические характеристики однорядных картофелеуборочных комбайнов

Наименование показателей	Картофелеуборочные комбайны					
	ККУ-1	«Лидчанин -1»	Grimme SE 75	UNIA BOLKO	AVR Spirit (4100,6100)	
Страна-изготовитель	Республика Беларусь	Республика Беларусь	Германия	Польша	Бельгия, Россия	
Число убираемых рядов, шт	1	1	1	1	1	
Производительность, га/час	0,25 – 0,35	0,22	0,35–0,6	0,15	0,35 – 0,6	
Рабочая скорость, км/ч	до 5	1,5–5	5–8	1,5–5	5–8	
Сепарирующая система	Элеватор	Элеватор	Элеватор	Элеватор	Элеватор	
Количество обслуживающего персонала:						
– тракторист	1	1	1	1	1	
– рабочие	4	4	4	3–4	4	
Бункер, т	1,5	2,0	2 – 5,5	1,25	4,0	
Масса, т	3,1	3,8	4,5	2,1	5,75	
Габариты, мм	длина	7150	7150	8920	5950	8400
	ширина	2400	2400	3000	2420	3000
	высота	2900	2900	3500	2690	3330
Трактор, кл.т.с.	1,4	1,4	1,4 -2,0	1,4	1,4–2,0	
Примерная стоимость, тыс. руб.	1150	2100	от 1200 до 6000	1610	от 1500 до 10000	



**Рисунок 1 – Технологическая схема однорядных картофелеборочных машин:**

1 – каток; 2 – подрезающие диски; 3 – лемех; 4 – первый элеватор; 5 – второй элеватор; 6 – ботвоудалитель; 7, 9, 10 – сепарирующее устройство; 11 – переборочный стол; 12 – транспортер; 13 – бункер

Технологический процесс протекает следующим образом: лемех 3 подкапывает клубненосный пласт, который поступает на первый элеватор 4, где просеивается большая часть почвы и разбиваются крупные комки, затем вся масса поступает на второй элеватор 5 для дальнейшей сепарации. Крупные растительные примеси отделяются редкопрутковым ботвоудалителем 6, далее ворох проходит через три сепарирующих устройства 7, 9, 10, поступает на переборочный стол 11 и загружается в бункер 13.

На рисунках 2 и 3 представлены однорядные картофелеборочные комбайны, работающие по данной схеме с сепарирующим устройством элеваторного типа.



**Рисунок 2 – Однорядный картофелеборочный комбайн ККУ-1**



Рисунок 3 – Однорядный картофелеуборочный комбайн Grimme SE 75

Обзор картофелеуборочных комбайнов показывает, что все машины соответствуют агротехническим показателям и показателям надежности [2, 3, 5, 9].

Наряду с этим имеются существенные недостатки:

- высокая металлоемкость, что автоматически увеличивает стоимость машины и усложняет техническое обслуживание;
- уплотнение почвы в связи с повторяемостью проходов по междурядью;
- повышенная повреждаемость картофеля при движении по многометровым каскадным транспортерам с дополнительными устройствами доочистки;
- отсутствие качественного сервисного обслуживания;
- высокий уровень ценовых показателей на оригинальные запасные части;
- частая непригодность к климатическим условиям;
- ослабление отечественных производителей.

Таким образом, возникает необходимость в дальнейшем решении проблемы сокращения пути сепарации и уменьшения габаритов картофелеуборочных машин, а соответственно, и стоимости.

#### Список литературы

1. Васильева, О. П. Комбайн с отделителем клубней в восходящем потоке вороха / О. П. Васильева, Л. Л. Максимов // Материалы I Междунар. науч. – практ. конф., посвящ. памяти профессора А. К. Юлдашева. – Казань: Казанский ГАУ. – 2018. – С. 282–286.
2. Иванов, А. Г. Основные задачи агропромышленного комплекса в условиях рыночной экономики / А. Г. Иванов, Р. Р. Закирова // Аграрная наука – сель-



скохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 55–60.

3. Калимуллин, М. Н. Совершенствование технологических процессов и технических средств для возделывания картофеля: дис. ... д-ра тех. наук. – Казань, 2017. – 401 с.

4. Каматдинов, В. И. Копатель-собираатель моркови / В. И. Каматдинов, Н. В. Ходырев // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – Ижевск, 2018. – С. 563–565.

5. Колчин, Н. Н. Специальная техника для производства картофеля в хозяйствах малых форм / Н. Н. Колчин, Н. В. Бышев, С. Н. Борычев, И. А. Успенский, Г. К. Рембалович // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 5. – С. 48–55.

6. Корепанов, Ю. Г. Обоснование параметров энергосберегающего рабочего органа для выкапывания корнеклубнеплодов / Ю. Г. Корепанов, А. Г. Иванов, Ф. Р. Арсланов, Н. Ю. Касаткина, А. Ю. Алексеева, В. В. Касаткин // Новый университет. Серия: Технические науки. – 2016. – № 8–9 (54–55). – С. 63–70.

7. Корепанов, Ю. Г. Способ извлечения корнеклубнеплодов из почвы и устройство для его осуществления / Ю. Г. Корепанов, А. А. Сорокин, А. Г. Иванов, Ф. Р. Арсланов, И. Г. Пospelова // Патент на изобретение RUS № 2492621. Заявка № 2011128517/13 от 08.07.2011. Оpubл. 20.09.2013.

8. Лебедев, Л. Я. Ресурсосберегающая технология обработки картофеля / Л. Я. Лебедев, А. Г. Иванов, И. Г. Мухаметшин // Инженерный вестник Дона, 2015. – № 2–2 (36). – С. 21.

9. Максимов, Л. Л. Обоснование параметров сепарирующего устройства малогабаритного картофелеуборочного комбайна: дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01. / Максимов Лев Леонидович. – Саранск, 2019. – 155 с.

10. Максимов, Л. Л. Определение углов наклона рабочих поверхностей элеваторов / Л. Л. Максимов, О. П. Васильева // Материалы Междунар. науч. – практ. конф. в 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2018. – С. 146–150.

11. Максимов, Л. Л. Оптимизация параметров сепарирующего устройства восходяще-сходящего действия малогабаритного картофелеуборочного комбайна / Л. Л. Максимов, О. П. Васильева, Я. Л. Максимова // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 101–105.

12. Максимов, Л. М. Картофель убирает мини-комбайн / Л. М. Максимов, Ю. Г. Корепанов, К. Л. Шкляев // Сельский механизатор. – 2007. – № 4. – С. 12–13.

13. Марков, Д. А. Перспективы развития картофелеводства в условиях Удмуртской Республики / Д. А. Марков, Р. Р. Гадлгареева, С. П. Игнатъев, А. Г. Иванов // Вестник современных исследований. – 2018. – № 4.2 (19). – С. 159–161.

14. Патент на изобретение RUS № 2341950.Картофелеуборочный комбайн Максимов Л.М., Максимов П.Л., Максимов Л.Л., Малков М.Н., Шкляев К.Л., Романов А. П. Заявка № 2007104163/12 от 02.02.2007. опубл. 27.12.2008. заявитель и патентообладатель Максимов Л.М.

15. Первушин, В. Ф. Картофелекопатель / В. Ф. Первушин, М. З. Салимзянов, И. Ш. Фатыхов, Н. Г. Касимов, Е. В. Шамаев, И. Ю. Лебедев // Патент на полезную модель RUS № 158737. Заявка № 2015119094/13 от 20.05.2015. Оpubл. 20.01.2016.

16. Первушин, В. Ф. Повышение технико-экономических показателей картофелекопателя КТН-2В / В. Ф. Первушин, М. З. Салимзянов, А. А. Федотов, С. А. Дубовцев // Инновационный потенциал сельскохозяйственной науки XXI века: вклад молодых ученых-исследователей: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2017. – С. 250–252.

17. Первушин, В. Ф. Модернизация картофелекопателя КТН-2В / В. Ф. Первушин, М. З. Салимзянов, А. А. Федотов, С. А. Дубовцев // Современному АПК – эффективные технологии: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию д-ра с.-х. наук, профессора, засл. деят. науки РФ, почет. раб. ВПО РФ В. М. Макаровой. – Ижевск, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – С. 50–52.

18. Торопов, Л. А. Сепарирующее устройства копателя-сборщика картофеля / Л. А. Торопов, П. Л. Максимов, И. А. Дерюшев // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2018. – С. 181–184.

19. Торопов, Л. А. Сепарирующие устройства картофелеуборочных машин / Л. А. Торопов, П. Л. Максимов, И. А. Дерюшев // Инновационный потенциал сельскохозяйственной науки XXI вв.: вклад молодых ученых-исследователей. – Ижевск, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2017. – С. 254–258.

20. Худяков, И. А. Сепаратор картофелеуборочной машины восходящего-сходящего действия / И. А. Худяков, Н. А. Санников, В. А. Скругин // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – Ижевск, 2018. – С. 603–606.

УДК 621.7.02+631.3–049.32

**А. В. Малинин, О. С. Федоров**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **ОЧИСТКА ДЕТАЛЕЙ И АГРЕГАТОВ МАШИН В СОВРЕМЕННОМ РЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Рассмотрены виды загрязнения машин и их агрегатов, в зависимости от условий эксплуатации. Проведен анализ конструкций моечных машин.

Эксплуатация сельскохозяйственной техники происходит в сложных и агрессивных для ее составляющих условиях. При работе неизбежен контакт с различными веществами: почвой, раститель-



ностью, топливо-смазочными материалами, удобрениями и влияние других разнообразных факторов на детали и агрегаты машин, которые в последствии покрываются разного состава сорбционными загрязнениями.

Они быстро разрушают свойства защитно-декоративных покрытий, повышают скорость коррозионных процессов, снижают качество технического обслуживания и ремонта машин и в итоге снижают их надежность во время работы.

В наше время на ремонтных предприятиях уделяют очень мало внимания на очистку деталей и агрегатов машин перед проведением ремонта. А в некоторых случаях ремонтная зона и вовсе отсутствует, не говоря уже об участке для мойки и очистки деталей. Впоследствии это может привести к тому, что дефектация будет проведена некачественно, и сам ремонт положительных и эффективных результатов не принесет. Кроме того, различные загрязнения также ведут к быстрому изнашиванию и выходу из строя ремонтного оборудования и различных приспособлений.

Загрязнения формируются из органических и неорганических соединений, а также различаются по природе образования, условиям формирования, прочности и адгезии. В целом их можно классифицировать по трем основным видам (табл. 1).

Таблица 1 – **Виды загрязнений и их составляющие**

<b>Загрязнения</b>		
<b>Технологические</b>	<b>Общие</b>	<b>Смешанные</b>
Накипь; Коксы; Смолы; Нагары; Асфальтосмолистые отложения; Продукты коррозии металлов; Старые лакокрасочные покрытия	Пыле-грязевые; Почвенно-растительные остатки; Остатки ядохимикатов и горючесмазочных материалов; Абразив и металлическая стружка; Остатки моющих средств	Продукты переработки ГСМ и охлаждающих жидкостей; Ядохимикаты; Продукты коррозии и др.

Качество очистки поверхности регламентируется в зависимости от ее шероховатости и прописан в государственном стандарте ГОСТ 18206-78.

Таблица 2 – **Зависимость остаточного загрязнения от шероховатости поверхностей**

<b>Шероховатость поверхности <math>R_a</math>, мкм</b>	<b>Загрязненность, мг/см<sup>2</sup></b>
$R_a$ до 10 мкм	1,25 мг/см <sup>2</sup>
$R_a$ от 2,6 до 0,64 мкм	0,8 мг/см <sup>2</sup>
$R_a$ от 0,62 до 0,15 мкм	0,24 мг/см <sup>2</sup>

Также стоит отметить, что неполное удаление загрязнений перед сборкой ремонтируемых агрегатов и машин снижает их послеремонтный ресурс до 35 %, что приводит к дополнительным затратам на обслуживание и ремонт [7].

Свойства загрязнений имеют различные механические характеристики. Они могут иметь свойства вязких веществ, маслообразных, пылевидных, твердых и различных их сочетаний. Данные свойства и характеристики являются ключевым показателем к выбору моющих средств и применяемых машин для их удаления с поверхности.

В зависимости от механических характеристик загрязнений, моющие средства можно разделить на четыре основные группы (табл. 3) [1, 3, 6].

Таблица 3 – Моющие средства для удаления загрязнений

Класс очищающих средств		Составы моющих средств	Представители	Рабочая температура, °С
Щелочные моющие средства		Щелочи, щелочные соли	Каустическая сода, кальцинированная сода	70–100
Синтетические моющие средства (СМС)		Минеральные соли, синтетические ПАВ, стабилизаторы	Лабомид 102 (103), Темп 50Д, Вимол, Темп 100Д и др.	60–80
Растворяюще-эмульгирующие средства (РЭС)	РЭС-1	Углеводороды, горючие ПАВ, стабилизаторы	Дизтопливо, керосин, кенол, растворители, бензин, толуол, ацетон и др.	30
	РЭС-2	Хлорированные углеводороды, негорючие ПАВ, стабилизаторы, ароматические углеводороды	АМ-15, Лабомид 316 (Ритм), Лабомид 313 ДВЛ1, Лабомид 312	25
Универсальные биоразлагаемые средства		Концентрированные водорастворимые жидкости, разлагаемые анионоактивные, катионоактивные и немоногенные ПАВ	ЕС-очиститель, ЕСтракшампунь 250, УМОС, автолик 12, ЕС-Дескалер и др.	15–70

Для выбора способа очистки применяемых машин и приспособлений также существуют определенные требования и особенности в зависимости от характера и свойств загрязнений, а также от специфики организации моечного участка или ремонтной мастерской. Машина должна быть достаточно вместительной, чтобы за одну загрузку вымыть достаточное количество деталей, она должна быть доста-

точно простой по конструкции и в обслуживании и способна выполнять мойку деталей без постоянного присутствия человека.

Примеры способов очистки деталей и агрегатов машин в современном ремонтном производстве: механический, химико-термический, струйный, погружной, гидродинамический.

Моечные машины погружного типа, в отличие от струйных, могут использовать высокоэффективные СМС Лабомид 205, Темп-ЮОД, МЛ-80 [4] с высоким содержанием поверхностно-активных веществ, которые способны высокоэффективно очищать детали от тяжелых асфальто-смолистых отложений, а иногда и от загрязнений, близких к нагару, которые имеют высокие адгезионные связи с контактируемой поверхностью детали.

Очистка под высоким давлением имеет большую популярность в ремонтной практике, другими словами, гидродинамическая очистка. Удаления загрязнений с помощью струи заключается в механическом разрушении слоя загрязнений за счет нормальных и касательных напряжений, возникающих при ударе движущейся жидкости (вода, раствор) о преграду, которые тем самым разрушают адгезионные связи. Загрязнение удаляется, когда ударный импульс струи превышает хотя бы одну из прочностных характеристик загрязнения таких, как прочность на изгиб, сдвиг, сжатие, сила адгезии и др. Вода проникает между поверхностью очищаемой детали и загрязнением, возникшие в данных условиях силы отделяют загрязнения. Простейшими установками, реализующими метод гидродинамической очистки, являются насосы со специальными пистолетами, которые могут регулировать характеристику и форму подаваемой струи. Совершенствование очистительных и моющих машин этого типа воздействия реализовывалось путем повышения давления струи до 20...25 Мпа. Оснащение таких машин специальными устройствами, которые позволяют нагревать воду до 200 °С, также увеличивает их эффективность в несколько раз. Повышение ударного действия струи и ее высокая температура обеспечивают качественную очистку поверхностей от тяжелых, твердых загрязнений.

При химико-термическом способе очистки деталей его применяют для нейтрализации щелочей, осветления поверхностей, удаления окислов. Для реализации этого процесса промышленность выпускает установку ОМ-4265.

Механический способ очистки подразумевает грубое воздействие на загрязняющие вещества, он заключается в очистке при помощи металлической щетки, резцами или скребками. Также применяются пескоструйная обработка, обработка при помощи ультразвука [2, 5].

После рассмотрения вышеупомянутых способов очистки деталей и агрегатов машин от загрязнений различного типа можно сделать вывод, что наиболее эффективным способом очистки является погружной метод. Так как этот метод позволяет реализовать требования к очистительным машинам в большей степени, чем другие. Устройство и конструкция машин для погружной очистки и мойки довольно простая, а производительность определяется объемом ванны, в которую размещаются детали. Кроме того, постоянное наблюдение и контроль над процессом не требуются, что снижает себестоимость операции.

Пример моечного агрегата погружного типа (рис. 1).

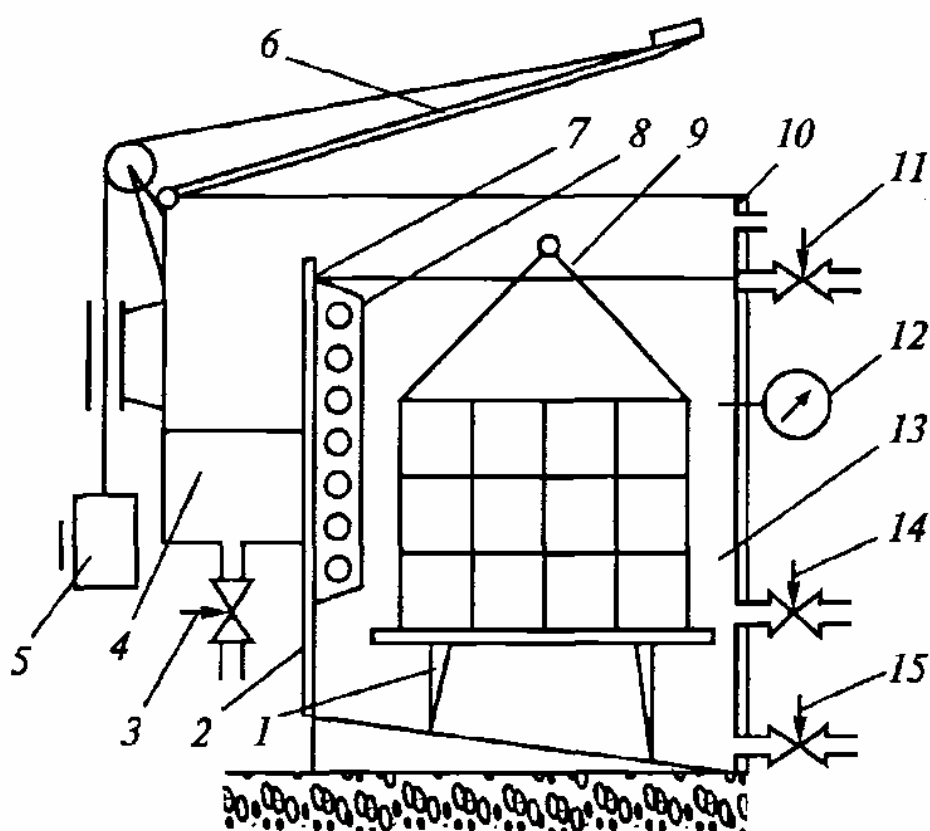


Рисунок 1 – Моечный агрегат погружного типа

- 1 – подставка для деталей; 2 – нагреватель; 3 – вентиль слива масла;  
 4 – флотационный желоб; 5 – противовес; 6 – крышка; 7 – теплоизоляция;  
 8 – ограждение нагревателя; 9 – контейнер с деталями;  
 10 – предохранительный слив; 11 – вентиль долива воды; 12 – термометр;  
 13 – моющий раствор; 14 – вентиль слива раствора; 15 – вентиль слива донных отложений

Качественная очистка деталей и агрегатов машин повышает культуру производства, позволяет повысить качество дефектации, тем самым ресурс отремонтированных деталей увеличить до 36 %. Повышение эффективности и производительности рабочих, а так-

же чистота на рабочих местах, реализуется качественной очисткой и мойкой.

Правильная постановка работы на ремонтном производстве улучшает ее качество и эффективность, что впоследствии экономит денежные ресурсы, которые можно реализовать на дальнейшее развитие и модернизацию – это является очень важным фактором в современном ремонтном производстве.

### Список литературы

1. Тельнов, Н. Ф. Технология очистки сельскохозяйственной техники / НФ. Тельнов. – М.: Колос, 1983. – 256 с.
2. Козлов, Ю. С. Новое в очистке тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин при ремонте / Ю. С. Козлов, А. Ф. Тельнов, В. И. Савченко. – М.: Изд-во ЦНИИТЭИ, 2002.
3. Гурвич, Л. М. Применение моющих средств при очистке тракторов, автомобилей и сельскохозяйственной техники / Л. М. Гурвич, А. Ф. Князев, Ю. С. Козлов. – Минск: Беларусь, 2006.
4. Савченко, В. И. Моющие средства типа МС для очистки изделий при изготовлении, техническом обслуживании и ремонте машин / В. И. Савченко // Технологии и средства технического сервиса машин в агропромышленном комплексе. – М., 2000.
5. Полянский, С. Н. Гидроабразивная очистка поверхности // Инновационно-промышленный форум / С. Н. Полянский и др. // Секция 1. Современные тенденции в технологиях металлообработки и конструкциях металлообрабатывающих машин и комплектующих изделий. Секция 2. Ремонт. Восстановление. Реновация: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Уфа: Башкирский ГАУ, 2010. – С. 52–54.
6. Полянский, С. Н. Обоснование оптимальных технологических режимов обработки поверхностей методом ГАО при ремонте сельскохозяйственной техники / С. Н. Полянский и др // Аграрный вестник Урала. – 2012. – № 11 (102). – С. 49–51.
7. Федоров, О. С. Восстановление поверхности деталей с заменой изношенной части / О. С. Федоров, В. И. Большаков // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 13–16 февр. 2018 г. – Ижевск, 2018. – Т. 3. – С. 120–123.

**А. А. Мартюшев, Д. А. Вахрамеев, Е. А. Потапов, Ф. Р. Арсланов**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **СИСТЕМА ПРЕДСТАРТОВОЙ ПОДГОТОВКИ ТРАНСМИССИИ ТРАКТОРА В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР**

Рассмотрен вопрос температурной подготовки масла трансмиссии трактора к принятию стартовых нагрузок. Рассмотрена схема теплоаккумулятора и принцип его работы.

Под предстартовой подготовкой агрегатов трансмиссии или, иными словами, подготовкой к принятию нагрузки [1, 6], понимается создание оптимальных условий эксплуатации деталей и узлов, входящих в состав трансмиссии, с самого начала работы машины. Сегодня над этим направлением работают многие ученые и специалисты, учитывая большую перспективность данной тематики [2–5]. Но большинство исследований направлено только лишь на проблему тепловой подготовки [3, 4]. Мы предлагаем помимо этого уделить внимание такой немаловажной проблеме, как обеспечение «стартовых смазочных условий» агрегатов трансмиссии. Дело в том, что оптимальные условия смазки рабочих поверхностей обеспечиваются только при наличии масляного тумана. Поэтому наряду с обеспечением оптимальных температурных параметров необходимо обеспечить и наличие масляного тумана внутри корпуса агрегата трансмиссии еще перед принятием стартовой нагрузки. Эти два основополагающих условия и определяют комплексность подхода.

Данные задачи успешно решит применение теплового аккумулятора для агрегатов трансмиссии. Данное устройство разработано и запатентовано авторами данной статьи. При применении теплового аккумулятора удастся не только оптимизировать стартовые условия, но и поддерживать оптимальные параметры в процессе целого цикла работы машины.

Стоит отметить, что даже в условиях сильно отрицательных температур трансмиссионное масло в процессе работы может прогреваться до достаточно высоких температур, особенно при интенсивной работе грейдеров, бульдозеров и аналогичной специализированной техники. Поэтому принцип сохранения тепловой энергии трансмиссионного масла в процессе межсменного хранения машин является актуальным.



На рисунке 1 представлен эскиз теплового аккумулятора для агрегатов трансмиссии [5].

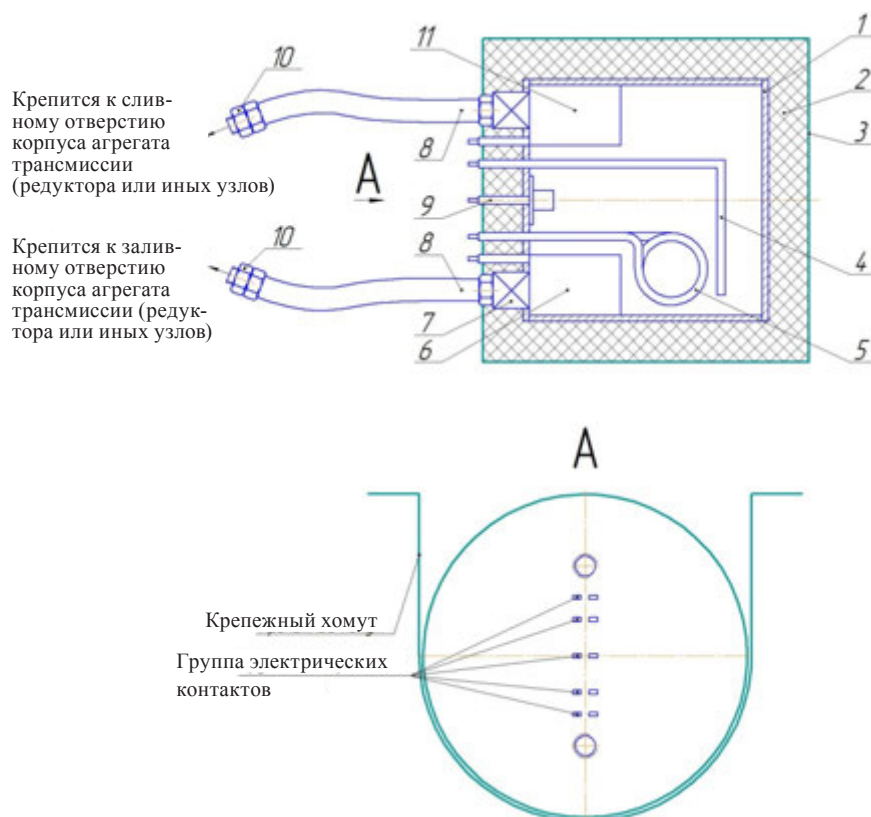


Рисунок 1 – Эскиз теплового аккумулятора для агрегатов трансмиссии

Представленный тепловой аккумулятор состоит из металлического корпуса 1, на поверхность которого нанесен слой теплоизоляционного материала 2, защищенный от воздействия агрессивной среды защитной оболочкой 3. Внутри корпуса установлен масляный электрический насос 6, электрический нагреватель 5, датчик наличия масла 4, датчик температуры 9. На входе и выходе из корпуса аккумулятора установлены электромагнитные клапаны 7. Присоединение аккумулятора к элементам трансмиссии производится посредством двух резинометаллических шлангов 8, которые вкручиваются посредством штуцеров 10 в штатные сливное и заливное отверстия для замены масла корпуса агрегата трансмиссии. На конце штуцера 10, который вкручивается в заливное отверстие, установлен распылитель, преобразующий масляную струю в мелкие капли для создания масляного тумана [5].

Принцип работы устройства следующий: после окончания работы машины разогретое трансмиссионное масло из корпуса агрегата трансмиссии насосом 6 перекачивается внутрь корпуса аккумулятора 1, при этом клапаны 7 открыты. По окончании процесса перекачивания насос 6 отключается, а клапаны 7 закрываются. В процес-

се межсменной стоянки техники трансмиссионное масло хранится в теплоизолированном объеме аккумулятора тепла. В данном случае применен принцип сохранения тепловой энергии, что снижает затраты на эксплуатацию. В зависимости от времени хранения, температуры окружающей среды и начальной температуры масла имеется возможность его подогрева электрическим тепловым элементом 5. Датчик температуры 9 и датчик уровня масла 4 контролируют данный процесс. Непосредственно перед началом новой рабочей смены по команде водителя производится запуск масляного насоса 6 с параллельным открытием клапанов 7. Теплое масло из корпуса аккумулятора через рукав 8 и распылитель 10 разбрызгивается внутрь корпуса агрегата трансмиссии, образуя масляный туман и попадая на рабочие поверхности зубчатых колес.

Данные устройства можно использовать абсолютно со всеми агрегатами трансмиссии благодаря универсальным точкам присоединения (сливные и заливные отверстия для масла).

Испытания опытного образца позволили получить характеристику падения температуры масла от времени в условиях низких температур (рис. 2) [2, 7].

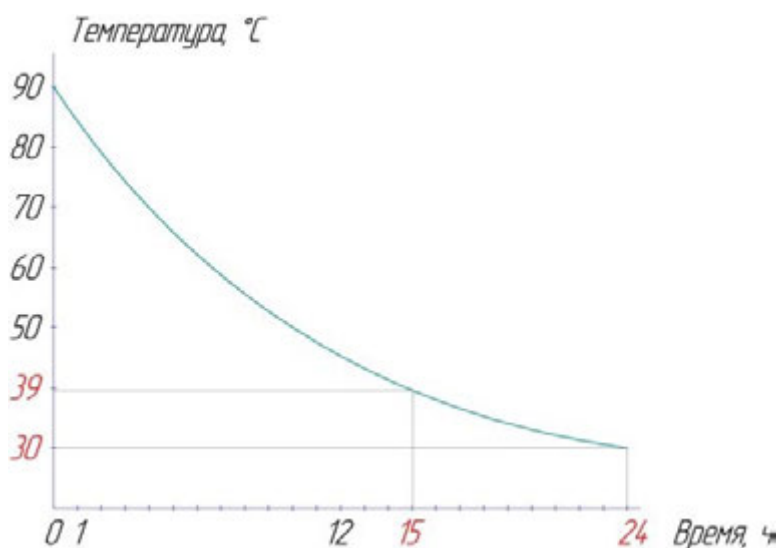


Рисунок 2 – График зависимости падения температуры трансмиссионного масла от времени хранения

Испытания проводились при температуре окружающей среды  $-15^{\circ}\text{C}$ , соответствующей средней температуре января в средней полосе России.

#### Список литературы

1. Неговора, А. В. Использование предпускового подогревателя для тепловой подготовки агрегатов трансмиссии автомобиля / А. В. Неговора,

М. М. Рязанов // Совершенствование конструкции, эксплуатации и технического сервиса автотракторной и сельскохозяйственной техники: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – 2013. – С. 302–307.

2. Потапов, Е. А. Тепловой аккумулятор для предпусковой подготовки двигателя машинно-тракторного агрегата / Е. А. Потапов, Д. А. Вахрамеев, Ф. Р. Арсланов, А. С. Богданов, А. В. Попов // Динамика механических систем: м-лы I Междунар. науч.-практ. конф., посвященной памяти профессора А. К. Юлдашева. – Казань, 2018. – С. 84–90.

3. Рязанов, М. М. Повышение работоспособности агрегатов трансмиссии автотракторной техники в условиях низких температур: Автореферат дис. ... канд. техн. наук / М. М. Рязанов. – Башкирский ГАУ, 2013.

4. Рязанов, М. М. Снижение рисков отказа мобильной сельскохозяйственной техники и транспортных средств в условиях низких температур / М. М. Рязанов, Д. А. Гусев // Реновация машин и оборудования: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – 2017. – С. 160–166.

5. Патент на полезную модель 188499 / Д. А. Вахрамеев, Е. А. Потапов, Ю. Г. Корепанов, А. А. Мартюшев, Н. Д. Давыдов, Р. Р. Шакиров, Ф. Р. Арсланов, И. Г. Поспелова; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. № 2018139133; заявл.06.11.2018; опубл. 16.04.2019.

6. Вахрамеев, Д. А. Характер нагружения двигателей тракторов и комбайнов / Д. А. Вахрамеев, Е. Н. Струна, И. В. Лукиных // Наука, инновации и образование в современном АПК: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Ижевск: Ижевская ГСХА. – 2014. – С. 190–192.

7. Вахрамеев, Д. А. Тепловой аккумулятор для подготовки к работе узлов трансмиссии тракторов, автомобилей, машинно-тракторных агрегатов и специализированной техники / Д. А. Вахрамеев, Е. А. Потапов, А. А. Мартюшев, Н. Д. Давыдов // Мобильная энергетика в сельском хозяйстве, состояние и перспективы развития: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения профессора, д-ра техн. наук Медведева Владимира Ивановича, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР. – Чебоксары, 2018. – С. 433–438.

УДК 631.356.43–048.35

**В. Ф. Первушин, М. З. Салимзянов, Ф. М. Абдуллин**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **КАРТОФЕЛЕКОПАТЕЛЬ РОТОРНОГО ТИПА**

Приводится разработка нового устройства экспериментального картофелекопателя роторного горизонтального типа.

В настоящее время для уборки картофеля в условиях фермерских и личных подсобных хозяйствах часто применяется серийный картофелекопатель белорусского производства типа КТН-2В. Однако у данного картофелекопателя в ходе работы выявлено немало недостатков [2, 3, 4, 6].

Одной из важнейших задач государственной агропродовольственной политики на ближайшие и последующие годы является импортозамещение и модернизация сельскохозяйственного производства на основе применения современной техники и передовых аграрных технологий. Современное производство основано на инновациях или новых технологиях и новой технике, разработанных наукой, экономически обоснованной [7, 8].

Новый картофелекопатель роторного типа предусматривается в эксплуатации с использованием тракторов по тяговому классу 0,9 и 1,4 типа МТЗ с использованием ВОМ на уборке урожая одновременно с двух рядов [1].

Для изготовления экспериментального картофелекопателя выполнена её 3D-модель проектирование (рис. 1) [5].

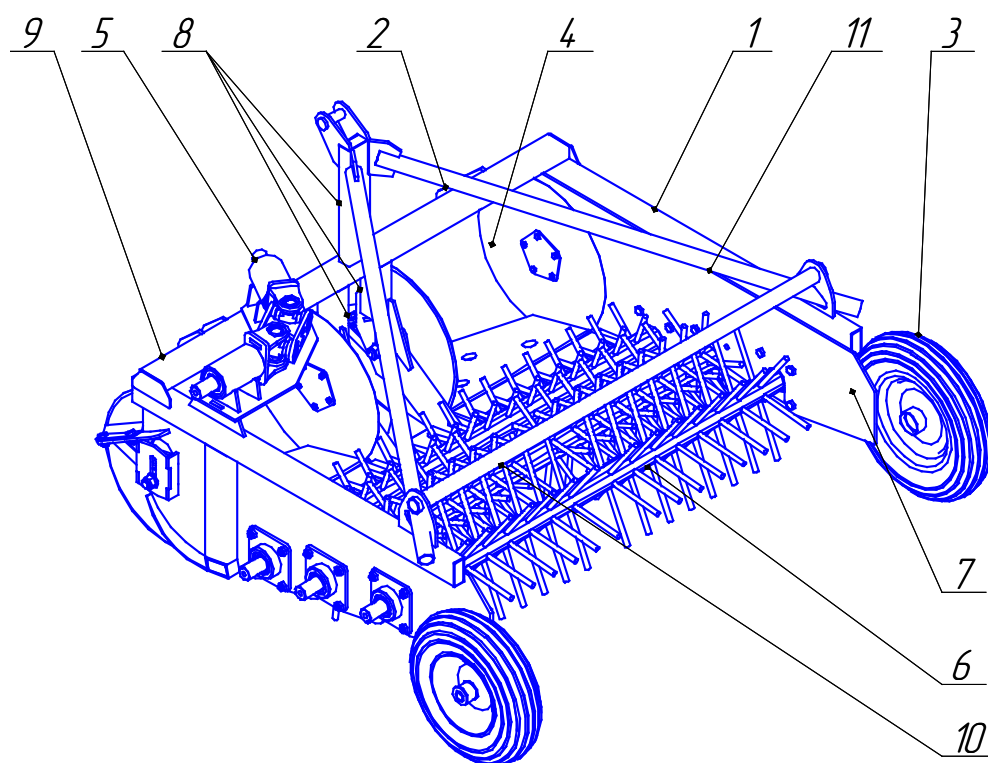


Рисунок 1 – 3D-модель картофелекопателя

Разработка нового экспериментального картофелекопателя (рис. 1) роторного горизонтального типа включает в себя пространственную раму 1 с навесным устройством 2 для соединения копателя с трактором, опирающуюся на опорные колеса 3, три подкапыва-

ющие лемеха 3 с отрезными дисками 4, привода 5 на три горизонтальных роторных вала 6 с пальцами.

Рама 1 состоит из двух боковин 7, соединенных между собой навесным устройством 2, которая состоит из вертикальных трех стоек 8, поперечных передней 9, задней балки 10 и продольных раскос 11.

Привод 5 состоит из карданных опор, установленных на поперечной передней балке 9, и цепной передачи (не показана) на роторные валы 6 с пальцами.

Каждый последующий роторный вал расположен выше относительно первого вала на определенную высоту, чтоб обеспечить небольшой подъем и транспортирования движения пласта с её сепарацией по верху роторов. На роторных валах в шахматном порядке установлены пальцы по 6 штук в одной плоскости, пальцы обрезаются для снижения повреждения клубней.

Работает копатель следующим образом.

Подкапываемый лемехами клубненосный пласт под действием подпора проталкивается вдоль лемехов и подвергается крошению на подающие роторные валы с пальцами, пласт, поднимаясь вверх, просеивается вниз между роторами с пальцами, а клубни перемещаются вверх пальцами ротора, транспортируются и сбрасываются на почву сверху, тем самым укладываются на поверхности поля за картофелекопателем.

### Список литературы

1. Классификация ротационных рабочих органов сельскохозяйственных машин / В. Ф. Первушин, А. Г. Левшин, М.З. Салимзянов и др. // Вестник Ижевской ГСХА. – 2015. – № 3. – С. 38–43.
2. Модернизация картофелекопателя КТН-2В. / В. Ф. Первушин, М. З. Салимзянов, А. А. Федотов и др. // Современному АПК – эффективные технологии: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию д-ра с.-х. наук, профессора, засл. деят. науки РФ, почет. раб. ВПО РФ В. М. Макаровой. – 2019. – С. 50–52.
3. Пат. 135224 U1 Российская Федерация, МПК А01D13/00 Картофелекопатель / Первушин В.Ф., Левшин А.Г., Зверев Н.П., Салимзянов М.З., Фатыхов И.Ш., Корепанов Ю.Г., Касимов Н.Г., Арсланов Ф.Р.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Ижевская гос. с.-х. академия // № 2013113202/13; заявл. 25.03.13 ; опубл. 10.12.13. Бюл. № 34. – 3 с.
4. Пат. на полезную модель № 158737 U1 RU, МПК А01D13/00 Картофелекопатель / Первушин В.Ф., Левшин А.Г., Салимзянов М.З., Фатыхов И.Ш., Касимов Н.Г., Шамаев Е.В., Лебедев И.Ю.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ижевская гос. с.-х. академия // заявл. 20.05.15; опубл. 20.01.16. Бюл. № 2. – 3 с.

5. Первушин, В. Ф. Моделирование измельчителя ботвы картофеля / В. Ф. Первушин, А. Г. Иванов, М. З. Салимзянов // *Механизация и электрификация с.-х.* – 2010. – № 6. – С. 2–3.

6. Салимзянов, М. З. Выбор средств малой механизации для возделывания картофеля в личных хозяйствах / М. З. Салимзянов, Н. Г. Касимов, В. П. Чукавин // *Механизация и электрификация с.-х.* – 2009. – № 6. – С. 37–38.

7. Салимзянов, М. З. Современные проблемы науки и производства в агроинженерной сфере: учеб. пособ. / М. З. Салимзянов, В. Ф. Первушин, сост. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, – 2017. – 59 с.

8. Техничко-экономическая оценка технологий возделывания картофеля в фермерских и личных подсобных хозяйствах / М. З. Салимзянов, В. Ф. Первушин, Н. Г. Касимов и др. // *Вестник ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА.* – 2012. – № 1. – С. 44–47.

УДК 631.216

**А. В. Прохоров, И. А. Шемонаев, И. В. Кулешов, В. О. Черешнев**  
*ФГБОУ ВО Тамбовский ГТУ*

## **РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТЕПЛИЦЫ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ARDUINO**

Представлена разработка автоматизированной системы для теплицы на микроконтроллере Atmega. Разработана принципиальная схема работы устройства для регулирования микроклимата в теплице.

Одним из приоритетных направлений развития современного сельского хозяйства является автоматизация ответственных технологических процессов. Внедрение инновационных систем в сельскохозяйственное производство направленно на упрощение трудоемких процессов, повышение производительности труда, улучшение качества производимой продукции и снижение затрат на ее выращивание.

Микроконтроллеры – это микросхемы, предназначенные для сбора данных с датчиков их анализом и управлением исполнительными механизмами. Одним из основных направлений развития микроэлектроники и её широкого применения в промышленном производстве является система управления самыми разнообразными объектами и процессами. Сами по себе микроконтроллеры способны выполнять огромное количество расчетов и алгоритмов за достаточно короткое время, что позволяет не только быстрее разрабатывать изделия, но и делать их модифицируемыми, адаптивными. Все это способ-



ствуется повышению технико-экономических показателей (стоимости, надежности, потребляемой мощности, габаритных размеров).

Микроконтроллеры представляют собой эффективное средство автоматизации разнообразных объектов и процессов.

Одними из представителей семейства AVR являются микроконтроллеры Atmega, которые лежат в основе Arduino. Они поддерживают несколько режимов пониженного энергопотребления, имеют блок прерываний, сторожевой таймер и допускают программирование непосредственно в готовом устройстве, что, в свою очередь, упрощает работу с микроконтроллером.

При подаче напряжения на Arduino должен выполняться алгоритм, направленный на поддержание микроклимата в теплице. В дневное и ночное время поддерживаемые диапазоны температур отличаются. Если в теплице жарко, с модуля реле подается напряжение на вентилятор, который за некоторое время проветривает теплицу. Если же в теплице достаточно прохладно, через этот же модуль включается нагреватель. Данные о текущей температуре и времени отсчета работы кулера или нагревателя выводятся на дисплей.

Автоматизированная теплица должна обеспечивать микроклиматические условия, необходимые для нормального роста и развития растений. Это возможно благодаря точным датчикам, считывающим температуру, уровень влажности, которые передают сведения на микроконтроллер Arduino. После чего система управления, на основе встроенных в программу алгоритмов, оценивает показания с датчиков и принимает решения на включение или выключение исполнительных устройств теплицы.

Общая характеристика объекта. Имеется следующий набор датчиков и устройств: макетная плата Arduino Nano (возможна аналогичная замена), датчик температуры DS18B20, датчик влажности и температуры DHT22, модуль реле, набор кнопок и монтажных проводов, структурная схема автоматизированной теплицы представлена на рисунке 1.

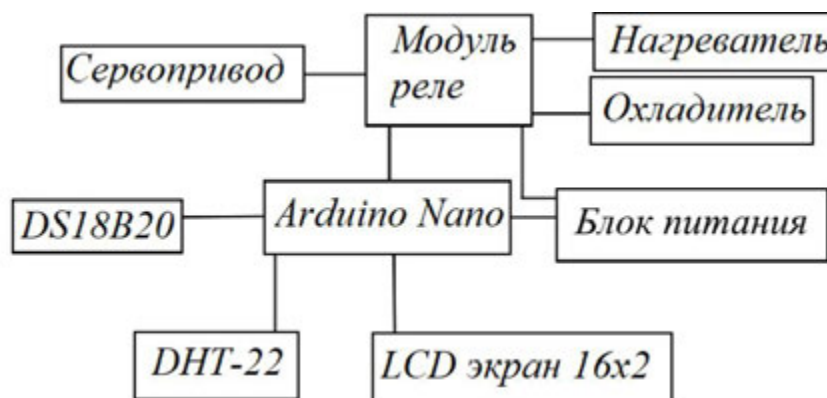


Рисунок 1 – Схема системы управления микроклиматом

В теплице установлен датчик температуры DS18B20, датчик влажности и температуры DHT22, нагревательный элемент R и вентилятор COL. К контроллеру подключен LCD дисплей на 2 строки по 16 символов, на котором отображаются данные с определенных датчиков. Дисплей подключен по шине ИС (I2C) или по шине 4 bit.

DS18B20 – это цифровой измеритель температуры с разрешением преобразования 9–12 разрядов и функцией тревожного сигнала контроля над температурой. Системные параметры контроля температурой могут быть введены оператором и сохранены в автономной памяти датчика.

Включение устройства осуществляется после подачи питания на микроконтроллер.

После включения температура внутри теплицы должна поддерживаться в диапазоне:

- днем  $T_{min} = 20\text{ }^{\circ}\text{C} \dots T_{max} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- ночью  $T_{min} = 16\text{ }^{\circ}\text{C} \dots T_{max} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

При снижении температуры ниже заданного должен включаться нагреватель N, при превышении – вентилятор COL.

Алгоритм функционирования

Подача питания на Arduino Nano, инициализация библиотек, инициализация переменных, настройка скетча в программном блоке «void setup ( )», начало блока «void loop ( )», считать данные с DHT22, считать данные с DS18B20, вывести данные с DS18B20 на дисплей LCD 16x2, сравнить данные DS18B20 с заданными пределами температуры, если  $T_{tek} > T_{max}$ , включить кулер и вывести его отсчет работы t1 до снижения температуры в нужных пределах на дисплей, иначе  $T_{tek} < T_{min}$ , включить нагреватель, начать отсчет работы до повышения температуры в нужных пределах, цикл с (6) по (10), конец.

На основе микроконтроллера Arduino была разработана принципиальная схема – простая в эксплуатации, надежная, с хорошими рабочими характеристиками. Анализируя данные, система использует такие показатели микроклимата, которые минимизируют отрицательные воздействия климата в теплице. Комплекс помогает снизить затраты при возделывании овощей, понизить расходы, затрачиваемые на энергию, уменьшить влияние человеческого фактора.

### Список литературы

1. Житин, Ю. И. Приемы использования отходов производства в агроэко-системах Центрального Черноземья [Электронный ресурс]: моногр. / Ю. И. Житин, Н. В. Стекольников. – Электрон. текстовые данные. – Воронеж: Воронежский ГАУ им. Императора Петра Первого, 2015. – 219 с.

2. Савельев, В. А. Программированное изучение растениеводства [Электронный ресурс]: учеб. пособ. / В. А. Савельев. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Вузовское образование, 2014. – 166 с.

3. Котов, В. П. Овощеводство открытого грунта [Электронный ресурс]: учеб. пособ. / В. П. Котов, Н. А. Адрицкая, Н. М. Пуць. – Электрон. текстовые данные. – СПб.: Проспект Науки, 2017. – 360 с.

4. Осипова, Г. С. Овощеводство защищенного грунта [Электронный ресурс]: учеб. пособ. / Г. С. Осипова. – Электрон. текстовые данные. – СПб.: Проспект Науки, 2017. – 288 с.

УДК 621.8–049.32+631.3.02–049.32

**С. Н. Шмыков, Л. Я. Новикова**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН – ОБЪЕКТИВНАЯ НЕОБХОДИМОСТЬ**

Представлены результаты аналитических исследований организации ремонта и восстановления деталей в мастерских сельхозтоваропроизводителей. Проанализированы необходимые условия для объективной организации ремонта. Предлагаются пути решения и предложен эффективный вариант выхода из сложившейся ситуации.

Сегодня в подавляющем большинстве сельских хозяйств России и в Удмуртии, в частности, дела с организацией ремонта подвижного состава техники обстоят из рук вон плохо. Так, практически совсем не ведется учет наработки тракторов и комбайнов, пробега автомобилей. Как следствие, несвоевременное прохождение номерных технических обслуживаний и текущего ремонта подвижного состава.

Частым явлением на сегодняшний день в хозяйствах становится практически полный отказ от проведения обслуживаний техники, которое проводят от случая к случаю или только перед выполнением весенне-полевых работ. Во-первых, это связано с отсутствием компетенции руководящих работников по организации ремонта и обслуживания, а также в большинстве случаев на это влияет тот факт, что должности механиков или заведующих гаражами занимают люди, далекие от понимания техники и необходимости ее обслуживания и своевременного ремонта. Во-вторых, обслуживание техники производится по остаточному принципу, даже если своевременно подаются необходимые заявки на приобретение запасных

частей и расходных материалов, то в большинстве случаев на это не считают нужным выделять денежные средства руководители предприятия, так как техника «еще на ходу». В-третьих, потребительское отношение самих трактористов и водителей, нежелание ремонтировать и обслуживать технику. В-четвертых, можно выделить частичное или полное отсутствие ремонтно-обслуживающей базы на предприятиях, по-простому, ремонтировать и обслуживать технику нигде. Не хватает также мест для межсменного хранения техники, и она хранится возле домов механизаторов, а обслуживание в таких условиях просто невозможно.

С восстановлением деталей машин дела обстоят еще хуже. Хотя исторически известно и доказано многими научными исследованиями, что большинство деталей подлежит выбраковке, когда износ составляет десятые или даже сотые доли миллиметра. Детали можно и нужно восстанавливать, так как после восстановления они могут прослужить еще не один год.

Оценивая ситуацию по восстановлению деталей в Удмуртии, на сегодня можно заметить, что предприятий, занимающихся восстановлением деталей машин, в республике единицы, при этом большинство из них располагаются именно в столице республики. Также следует отметить, что данные предприятия не предлагают сложные процессы восстановления, а ограничиваются простыми, такими, как шлифовка на ремонтный размер, растачивание и постановка дополнительной детали. Если же, например, предлагается восстановление аварийной шейки коленчатого вала, то стоимость восстановления одной шейки начинается от 10 тыс. рублей, что в некоторых случаях составляет от одной трети до половины стоимости коленчатого вала. Это касается только деталей типа «вал», восстановлением деталей, отличающихся от данной формы (например, шлицевые соединения), никто не занимается.

Следует отметить, что восстановление ресурса отработавших свой срок деталей, тем более качественно, в соответствии с действующими нормативами, не менее 80 % от ресурса новой детали, имеет огромное значение для всего народного хозяйства нашей страны.

Причины возникновения дефектов могут быть различны, при этом существенно усложняет восстановление дефектов деталей машин – различное сочетание данных дефектов в одной детали, что непременно приводит к усложнению и удорожанию процесса восстановления. Можно также отметить, что не все дефекты одинаковы по причине возникновения, месту расположения, а также возможности исправления (рис. 1 и 2) [6, 8].

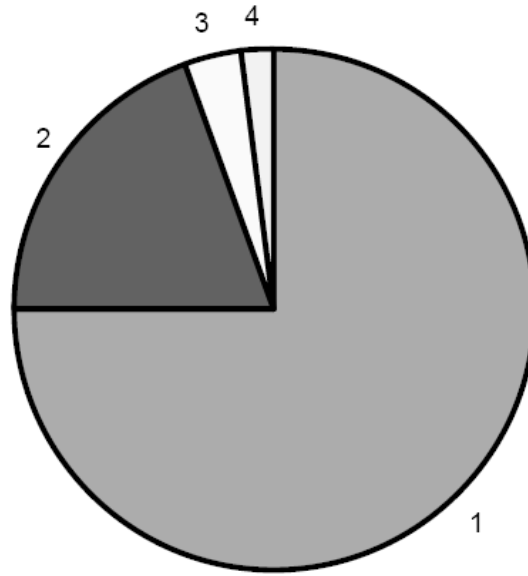


Рисунок 1 – Доля дефектов по причинам возникновения, %:  
 1 – дефекты несоответствия размеров, 75,0; 2 – дефекты формы, 19,5;  
 3 – дефекты нарушения целостности, 3,5; 4 – дефекты физико-механических свойств, 2,0



Рисунок 2 – Классификация дефектов

Характер повреждений элементов деталей в зависимости от вида нагрузки, а также восстанавливаемые свойства данных деталей можно выразить следующим образом (табл. 1) [2].

Таблица 1 – Наименование, виды нагрузок и характеристик повреждений деталей и восстанавливаемые свойства

Элементы деталей			Восстанавливаемые свойства
Наименование	Виды нагрузок	Характер повреждений	
Стенки	Удары, гидростатическое давление, вибрация	Пробоины, трещины	Прочность, герметичность
Шейки	Моменты и поперечные силы, переменные по величине и направлению	Износ, усталостные трещины	Износостойкость, форма, размеры, шероховатость, усталостная прочность
Торцы трущиеся	Осевые силы	Износ	Износостойкость, форма, размеры шероховатость
Стыки	Усилия смыкания деталей	Деформация	Плоскостность, параметры расположения
Бобышки с гладкими отверстиями	Поперечные силы, переменные по величине и направлению	Деформация, износ	Износостойкость, форма, размеры, шероховатость
Отверстия резьбовые	Усилия затяжки, вибрация	Деформация, износ, разрушение резьбы	Форма, размеры, шероховатость
Резьбы наружные	Усилия затяжки, вибрация	Деформация, износ, разрушение резьбы	Форма, размеры, шероховатость
Конические фаски	Осевые силы, переменные по величине	Износ, наклеп	Износостойкость, форма, размеры, шероховатость
Зубья	Контактные нагрузки	Питинговый износ, разрушение	Износостойкость, форма, размеры, шероховатость, усталостная прочность
Кулачки, эксцентрики	Поперечные силы	Износ	Износостойкость, форма, размеры, шероховатость
Шлицы	Силы, нормальные поверхностям	Износ	Износостойкость, форма, размеры, шероховатость
Упругие элементы	Вибрационные нагрузки	Изменение размеров, усталостные трещины, потеря жесткости	Размеры, усталостная прочность, жесткость

При восстановлении дефектной детали один и тот же дефект можно восстанавливать различными способами, при этом ни один



из способов восстановления не является универсальным. При этом следует руководствоваться экономической целесообразностью восстановления тем или иным способом [11, 12].

Следует отметить, что все вышеперечисленные дефекты, указанные выше, возникающие при эксплуатации техники, можно восстановить в условиях достаточно небольшой специализированной ремонтной мастерской, имеющей в своем арсенале необходимое сварочное и наплавочное оборудование, а также оборудование для проведения слесарно-механических работ. Причем большую часть основных дефектов ещё в недалеком прошлом можно было восстановить даже в условиях ремонтной мастерской практически любого сельхозтоваропроизводителя, имеющего большую часть из указанного оборудования, а также необходимый производственный персонал. К сожалению, на сегодняшний день сельхозтоваропроизводитель не имеет ни соответствующего оборудования, ни необходимых для выполнения данных видов работ квалифицированных производственных рабочих.

**Выводы.** На сегодняшний день вопросы, связанные с организацией ремонта машин в сельском хозяйстве, встают очень остро, и необходимость в своевременном ремонте и восстановлении составных частей машин ощущается на всех стадиях эксплуатации.

В сложившейся ситуации, учитывая состояние рынка запасных частей, в частности, их качество, следует в краткосрочной перспективе, а если быть точнее, в самое ближайшее время вернуться к восстановлению деталей не только в условиях ремонтных мастерских хозяйств, но и возобновить процесс восстановления деталей централизованно, параллельно применяя современные способы организации производства с целью повышения заинтересованности персонала [1, 9, 10]. Также необходимо возобновлять обучение и повышение квалификации производственных рабочих по существующим и перспективным способам восстановления как основных (базисных) деталей машин, так и по оригинальным деталям, имеющим своеобразные дефекты [3, 4, 5, 7, 13, 14].

#### Список литературы

1. Зорин, А. И. Организация работы инженерной службы перерабатывающих предприятий на основе внутрихозяйственного расчета / А. И. Зорин, С. Н. Шмыков // Научное обеспечение реализации национальных проектов в сельском хозяйстве: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. – 2006. – С. 75–82.
2. Иванов, В. П. Совершенствование организации восстановления деталей / В. П. Иванов // Известия Академии аграрных наук Республики Беларусь. – 2001. – № 4. – С. 97–102.

3. Ипатов, А. Г. Восстановление рабочих поясков золотников гидравлических распределителей лазерным напеканием порошковых материалов / А. Г. Ипатов, Е. В. Харанжевский, С. Н. Шмыков // Вестник Ижевской ГСХА. – 2019. – № 2 (58). – С. 45–51.
4. Ипатов, А. Г. Лазерно-порошковая наплавка покрытий на основе баббита Б83 / А. Г. Ипатов, Е. В. Харанжевский // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2018. – № 8. – С. 27–31.
5. Ипатов, А. Г. Перспективы реализации тонкопленочных покрытий в ремонтном производстве / А. Г. Ипатов, С. Н. Шмыков // Вестник Ижевской ГСХА. – 2019. – № 3 (59). – С. 54–58.
6. Исследование параметров изношенного сепарирующего решета / В. И. Ширококов, А. Г. Ипатов, Л. Я. Новикова, С. Н. Шмыков // Вестник Ижевской ГСХА. – 2017. – № 3 (52). – С. 62–70.
7. Исследование триботехнических свойств металл-полимерных покрытий системы «Б83-МоS2-Ф4» / А. Г. Ипатов, Е. В. Харанжевский, С. М. Стрелков, С. Н. Шмыков // Вестник Ижевской ГСХА. – 2015. – № 3 (44). – С. 7–20.
8. Кудряшов, Е. А. Организация ремонта и восстановления работоспособности деталей машин / Е. А. Кудряшов, А. В. Стецурин // Вестник ЧитГУ. – 2007. – № 4(45). – С. 17–23.
9. Шмыков, С. Н. Бригадная форма организации труда и коммерческий расчет в коллективном сельскохозяйственном предприятии / С. Н. Шмыков, А. И. Зорин // Научное обеспечение инновационного развития АПК: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию государственности Удмуртии. – Ижевск: Ижевская ГСХА. – 2010. – С. 63–69.
10. Шмыков, С. Н. Предлагаемая структура и количественный состав технической службы ЗАО ИЖМОЛОКО / С. Н. Шмыков, А. И. Зорин // Проблемы региональной экономики. – Ижевск, 2001. – № 1–3. – С. 372–376.
11. Шмыков, С. Н. Экономическая оценка способов восстановления вала турбокомпрессора / С. Н. Шмыков, А. Г. Ипатов, С. М. Стрелков // Вестник Ижевской ГСХА. – 2014. – № 2(39). – С. 44–46.
12. Шмыков, С. Н. Экономическая целесообразность различных способов восстановления вала турбокомпрессора / С. Н. Шмыков, А. Г. Ипатов // Теория и практика – устойчивому развитию агропромышленного комплекса: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск: Ижевская ГСХА. – 2015. – С. 217–222.
13. AN ANALYSIS OF THE FUNCTIONAL PROPERTIES OF SUPER HARD COATINGS ON BORON CARBIDE SYNTHESIZED BY SHORT-PULSE LASER PROCESSING./Ipatov A.G., Ostaev G.Ya., Shmykov S.N., Novikova L.Ya., Deryushev I.A.// International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development. – 2019. – Т. 9. – № 2. – С. 921–928.
14. ANALYSIS AND SYNTHESIS OF FUNCTIONAL COATINGS BY HIGH-SPEED LASER PROCESSING OF ULTRAFINE POWDER COMPOSITIONS./ Ipatov A.G., Shmykov S.N., Deryushev I.A., Novikova L.Ya., Sokolov V.A.//

УДК 621.43.018

**В. М. Федоров, С. Е. Селифанов, В. В. Гамм**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗОВОГО ТОПЛИВА В МОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

Рассмотрены вопросы необходимости создания центров для перевода мобильной техники на газовое топливо.

Несмотря на высокую степень газификации районов сельскохозяйственного производства Удмуртской Республики, достигших 75 %, достаточных условий для использования природного газа на самоходной технике нет [1]. Газпром производит лишь прокладку трубопровода до населенного пункта, на поверхности остается оголовок, а разводку предлагается производить за свой счет.

Вместе с тем, для использования природного газа на мобильной технике нужен комплекс оборудования [2].

Необходимая инфраструктура для использования газового топлива включает в себя:

- подготовка газа, его осушение;
- сжатие газового топлива до высокого давления;
- хранение газового топлива в сжатом состоянии;
- заправка газовым топливом мобильной техники;
- обслуживание и ремонт газовых систем мобильной техники и систем подготовки газового топлива.

Перечисленные компоненты имеют высокую стоимость и не могут быть закуплены непосредственно конечными пользователями. Для аккумуляции финансовых средств необходимо создавать специальные центры газификации мобильной техники. Функции центров газификации мобильной техники в сельском хозяйстве (ГМТС) следующие:

- продажа газобаллонных мобильных машин и их предпродажная подготовка;
- лизинг газобаллонной мобильной техники;

- аренда газобаллонной мобильной техники;
- ремонт газобаллонной мобильной техники и ее обслуживание;
- перевод эксплуатируемой и новой мобильной техники в газобаллонный вариант;
- продажа элементов инфраструктуры подготовки газообразного топлива;
- лизинг элементов инфраструктуры подготовки газообразного топлива;
- аренда элементов инфраструктуры подготовки газообразного топлива;
- обслуживание и ремонт элементов инфраструктуры подготовки газообразного топлива;
- подготовка и обучение специалистов по управлению, обслуживанию и ремонту газовой мобильной техники;
- проектирование узлов подготовки газового топлива;
- проектирование газобаллонных систем для мобильной техники;
- аудит сельскохозяйственных предприятий с целью выдачи рекомендаций по переводу мобильной техники сельскохозяйственного предприятия на газообразное топливо;
- помощь с сертификацией мобильной газобаллонной техники и газовых систем подготовки газового топлива.

Именно эти центры должны взаимодействовать с конечными пользователями, обеспечивая весь спектр потребностей каждого из них. Поскольку и конечные потребители существуют разные, то и возможные способы взаимодействия сельскохозяйственных предприятий с ГМТС можно выбирать из предлагаемого перечня:

- Аренда техники – как только мобильных газобаллонных машин, так и элементов недостающей инфраструктуры, таких, как мобильные компрессоры, агрегаты подготовки газа, мобильные съемные кассеты баллонов – в зависимости от оптимальности применения конкретного решения;
- Лизинг мобильной газовой техники, как отдельно, так и элементами инфраструктуры;
- Покупка мобильной газовой техники, как отдельно, так и элементами инфраструктуры;
- Переоборудование мобильной техники, работающей на жидком топливе, в газобаллонную;
- Капитальный ремонт мобильной техники с одновременным переводом техники на газовое топливо;
- Обучение персонала для работы на газомоторной мобильной технике, газовых установках инфраструктуры подготовки газа;

- Ремонт газовых инфраструктурных установок и их обслуживание;
- Работы по сертификации газовых установок;
- Технический осмотр мобильной газобаллонной техники;
- Консультационные услуги;
- Проектирование, внедрение и обслуживание биогазовых установок;
- Переоборудование и обслуживание автомобилей на газовое топливо;
- Проектирование, сертификация и обслуживание мобильных съемных кассет для газового топлива.

Поскольку диапазон требуемых услуг оказывается довольно широким, отдавать их мелким фирмам, которые будут к тому же разбросаны на большой территории, нецелесообразно. Для нормальной работы здесь требуется четкое взаимодействие, понятное разделение обязанностей и правильная логистика. Все это нужно организовать только под крышей мощного центра, которому к тому же будет проще работать с такими организациями, как Госгортехнадзор и Газпром.

Нецелесообразно перепоручать эти функции и крупным дилерам, поскольку у них своя направленность бизнеса, и часть функций может быть либо саботирована, либо ценник на нее будет такой, что идея газификации мобильной техники умрет на корню.

Вопросы использования биогазового топлива будут возникать параллельно вопросу природного газа [3, 4]. Лучше это направление тоже взять на контроль. Причины этого:

- объем биогаза не сможет полностью закрыть потребность сельхозпроизводителей в высокооктановом топливе;
- при несовершенной очистке этого топлива возможно появление проблем с надежностью работы газовых двигателей, что ведет к повышенным затратам как тех, кто эксплуатирует тракторы, так и тех, кто их ремонтирует;
- для подготовки и хранения биогаза понадобятся инфраструктурные модули, которые можно будет поставить в качестве оборудования в лизинг или в аренду через ГМТС;
- в качестве отходов при обработке навоза появляется деактивированное биоудобрение, которое может быть основой для производства продукции.

Еще одна особенность работы центров – доступность услуг. В отличие от перевода автомобилей на газовое топливо, когда мастерская может располагаться в крупных районных центрах, переоборудовать мобильную сельскохозяйственную технику желательно на месте. Последняя по сравнению с автомобилями маломобиль-

на и для доставки придется понести дополнительные затраты. Возможно, оптимальным будет производить переоборудование и ремонт на месте или на базе хранения. Для этого необходимо иметь мобильную бригаду механиков.

Вопросы с рекомендациями по переводу мобильной техники на газовое топливо необходимо продумать заранее, основываясь на отчетах сельскохозяйственных предприятий в Госкомстат.

### Список литературы

1. Региональная программа «Газификация Удмуртской Республики на 2018 – 2022 годы». Утверждена Постановлением Правительства Удмуртской Республики от 29 декабря 2017 г. N 581

2. Федоров, В. М. Методические основы разработки на базе дизелей малотоксичных двигателей, питаемых природным газом: дисс. ... канд. техн. наук. – Москва, 1998.

3. Глазырин, А. А. Повышение эффективности использования газового топлива в двигателях с искровым зажиганием, созданных на базе дизелей / А. А. Глазырин, В. М. Федоров. – Ижевск: Ижевская ГСХА.

4. Федоров, В. М. Исследование параметров трактора Т-25 при использовании в качестве энергоустановки бензинового двигателя с повышенной степенью сжатия / В. М. Федоров, С. А. Юферев, С. Е. Селифанов // Аграрная наука – инновационному развитию АПК в современных условиях: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. 12–15 февраля 2013 г. – Ижевск: Ижевская ГСХА. – 2013. – Том II. – С. 105–110.

5. Федоров, В. М. Принцип адаптации переподжатого газового двигателя с внешним смесеобразованием и искровым зажиганием к использованию на тракторе / В. М. Федоров, С. Е. Селифанов // Научное обоснование технологии для интенсификации сельскохозяйственного производства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Ижевская ГСХА, 2017.

УДК 621.43.018

**В. М. Федоров, С. Е. Селифанов, В. В. Гамм**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА СТЕПЕНИ СЖАТИЯ ДЛЯ ПЕРЕПОДЖАТОГО ГАЗОВОГО ДВИГАТЕЛЯ**

Переподжатые газовые двигатели с внешним смесеобразованием, искровым зажиганием, работающие на бедных смесях, имеют наибольший потенциал развития. Определяется выбор одного из самых важных параметров, влияющих на процесс в двигателе.



Для газового переподжатого двигателя степень сжатия имеет свой предел. Он определяется достижением максимально допустимого давления в цикле в момент конца сжатия по условию прочности деталей кривошипно-шатунного механизма. В этом случае рабочий цикл переподжатого газового двигателя переходит в цикл Дизеля. Для газового двигателя на базе дизеля Д-240 или Д-243 это значение лежит в районе 30 [1].

Минимальным значением степени сжатия можно считать значение, при котором обеспечивается достижение мощности газового двигателя на уровне мощности конвертируемого дизеля при стехиометрическом составе газоздушнoй смеси. Эта степень сжатия лежит в районе 12 [2].

Выбор минимальной степени сжатия не оправдан по ряду причин:

- высокая теплонапряженность деталей КШМ и ГРМ [3];
- необходимость установки каталитического нейтрализатора, имеющего высокую стоимость [4];
- невозможность использования регулятора на частотах вращения выше номинальной [5].

Для проверки возможности достижения оптимальной степени сжатия был проведен расчетный эксперимент при помощи программы «Дизель РК», созданной в МВТУ им. Баумана. Эта программа находится на уровне наилучших мировых программ моделирования рабочего цикла двигателя.

Расчет проводился с основными показателями дизеля Д-50 при его номинальной частоте вращения 1500 об./мин.

Цель расчетов состояла в подборе таких сочетаний степени сжатия и коэффициента избытка воздуха, чтобы мощность газового двигателя с этими параметрами соответствовала мощности дизеля, используемого для конвертации. Это необходимо сделать для сохранения параметров трансмиссии трактора, куда будет устанавливаться газовый двигатель [6].

Анализ результатов выявил следующие закономерности.

На рисунке 1 показаны графики мощности, достигаемой двигателем при различных степенях сжатия и коэффициента избытка воздуха, равного 1,5.

Как видно из рисунка 1, при высоких степенях сжатия и высоком коэффициенте избытка воздуха мощность двигателя в дизельном варианте и газового практически совпадают.

На рисунке 2 показано изменение мощности при степени сжатия 25 единиц. В этом случае достаточно коэффициента избытка воздуха примерно 1,45.

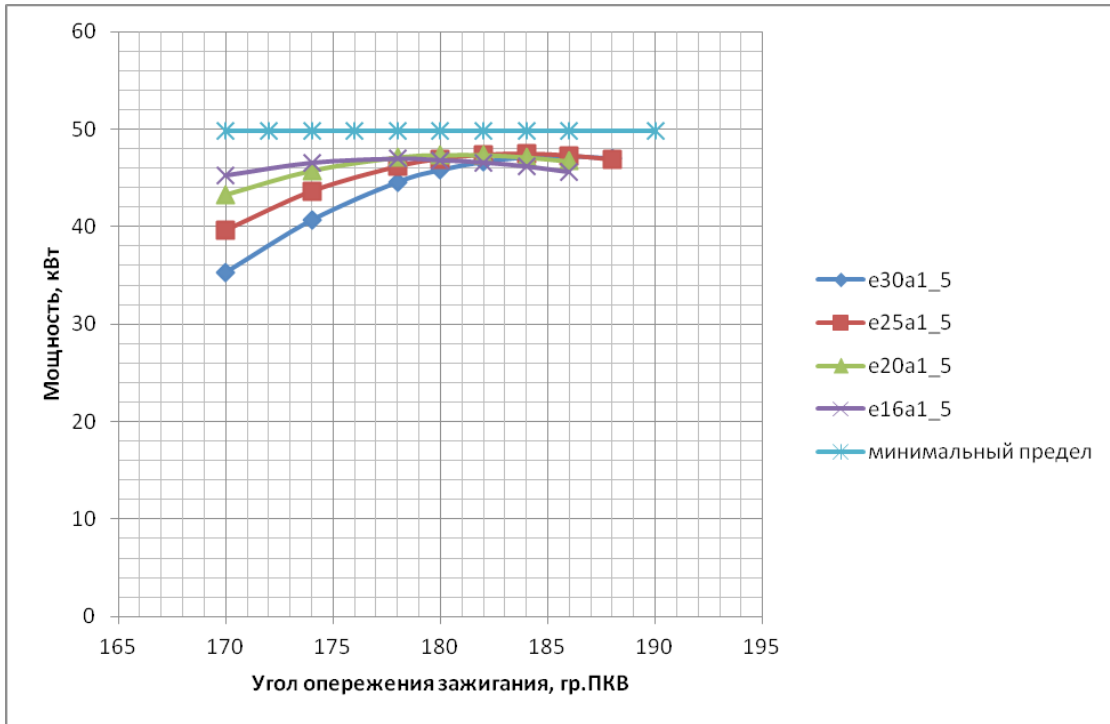


Рисунок 1 – Мощность, достигаемая при различных степенях сжатия, и коэффициенте воздуха, равного 1,5

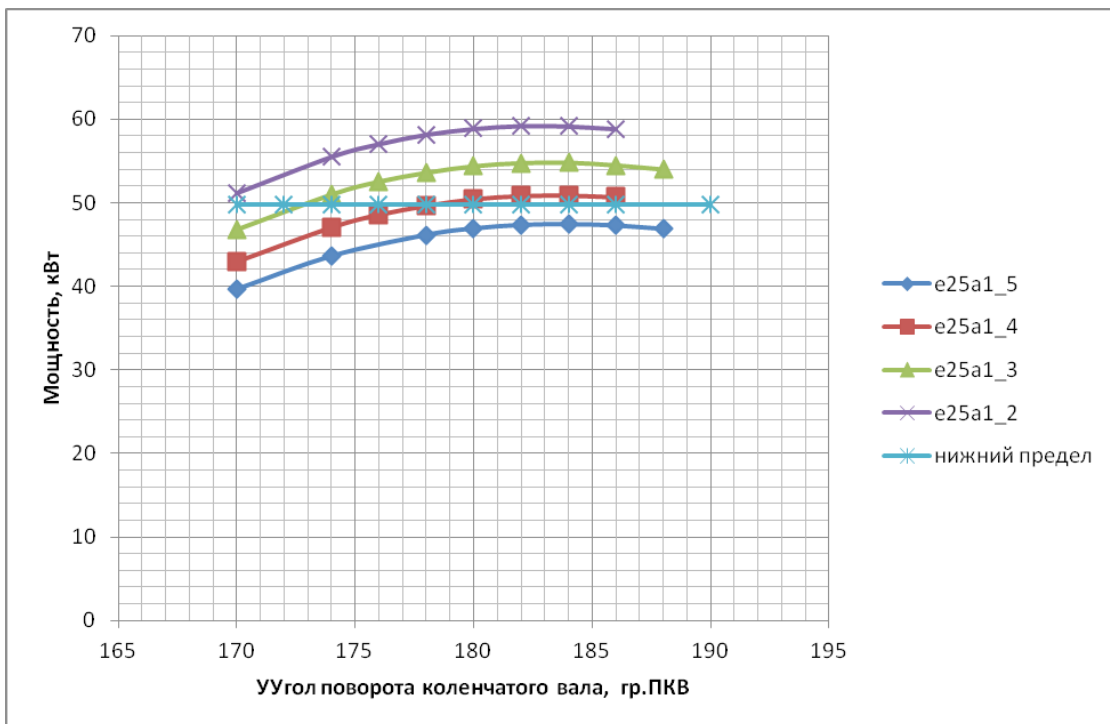


Рисунок 2 – Мощность двигателя при степени сжатия 25 и различных коэффициентах избытка воздуха

То же можно увидеть и на рисунке 3 для двигателя со степенью сжатия 20 единиц.

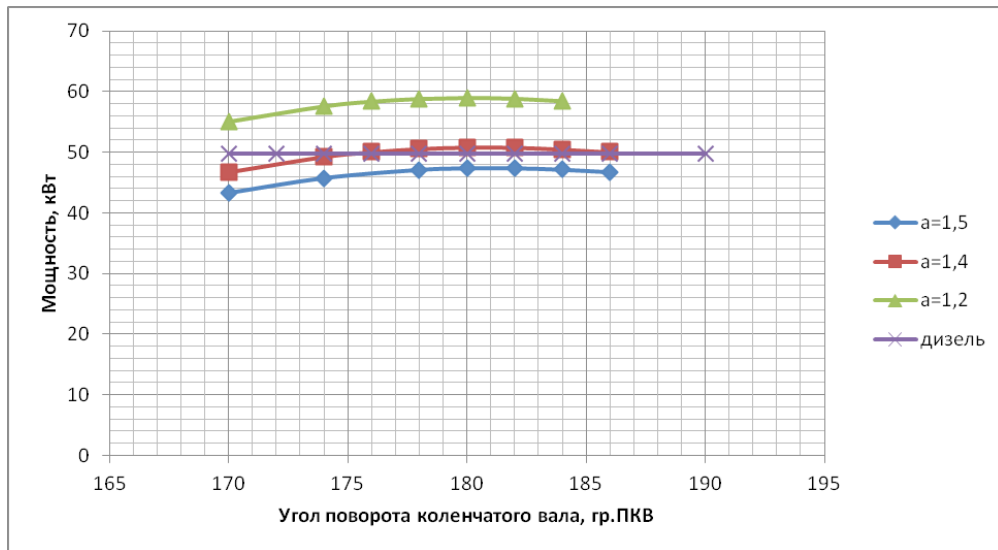


Рисунок 3 – Мощность двигателя при степени сжатия 20 и различных коэффициентах избытка воздуха

На рисунке 4 приведен вариант с исходной «дизельной» степенью сжатия 16 единиц. И здесь подобные показатели.

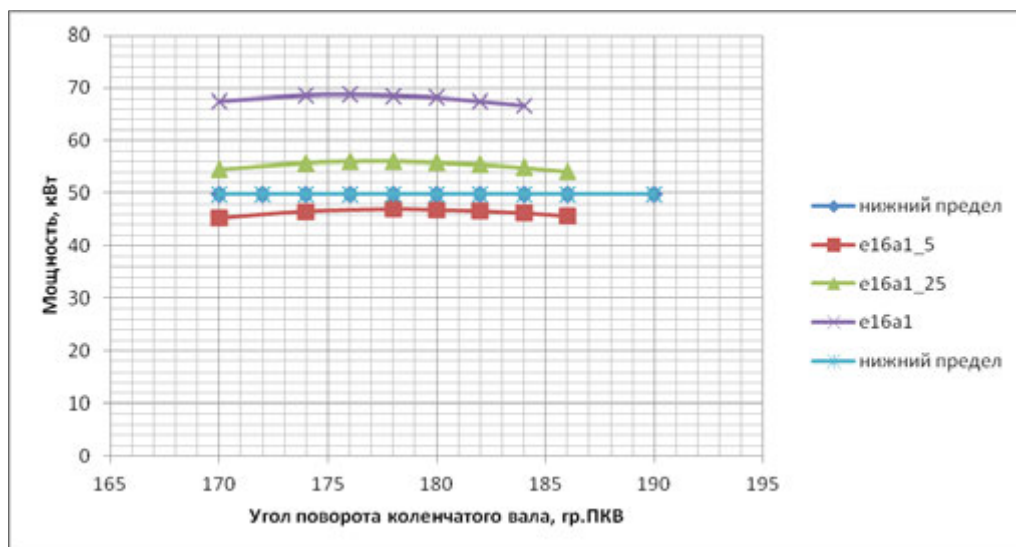


Рисунок 4 – Мощность двигателя при степени сжатия 16 и различных коэффициентах избытка воздуха

Во всех вариантах на разных степенях сжатия максимальная мощность достигается на различных углах опережения зажигания, поэтому для более конкретного выбора необходимо определить, как угол опережения зажигания влияет на максимальное давление в цикле. Эти графики показаны на рисунке 5. Из рисунка 5 видно, что по ограничению максимального давления степень сжатия не должна быть выше 25–27 единиц.

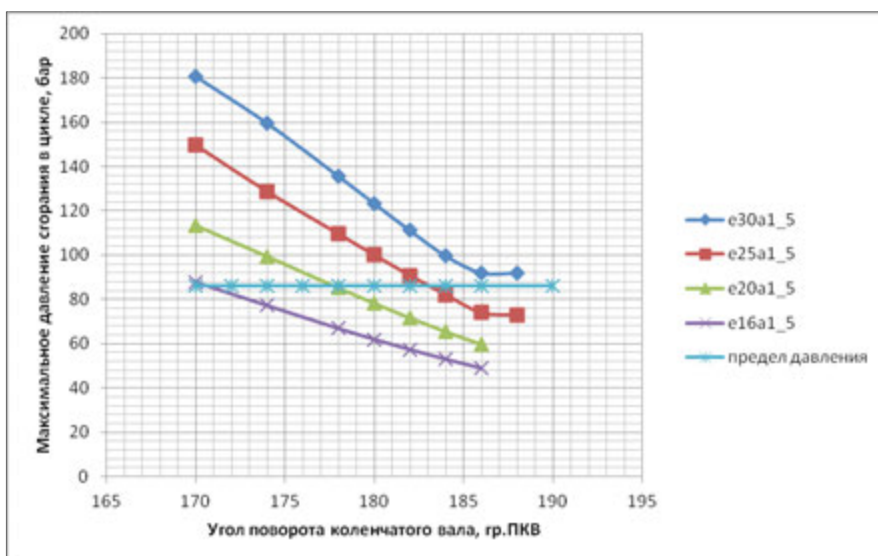


Рисунок 5 – Максимальная величина давления, развиваемого в цикле четырехтактного газового двигателя при различных степенях сжатия

Следующим важным фактором является возможность появления детонации в цикле работы газового двигателя. В программу «Дизель – РК» встроен блок расчета необходимого октанового числа топлива, то есть такой величины, при которой не будет происходить детонации. Как известно, октановое число метана лежит в районе 125 единиц. На него и ориентировались при определении углов опережения зажигания [3]. На рисунке 6 показаны пределы работы двигателя при степени сжатия 25 единиц при различных коэффициентах избытка воздуха. Из графика видно, что если при коэффициенте избытка воздуха 1,5 можно установить угол опережения зажигания в районе 3гр. до ВМТ (180 градусов на графике), то при снижении коэффициента избытка воздуха до 1,2 минимальный угол опережения при стабильной работе смещается за ВМТ.

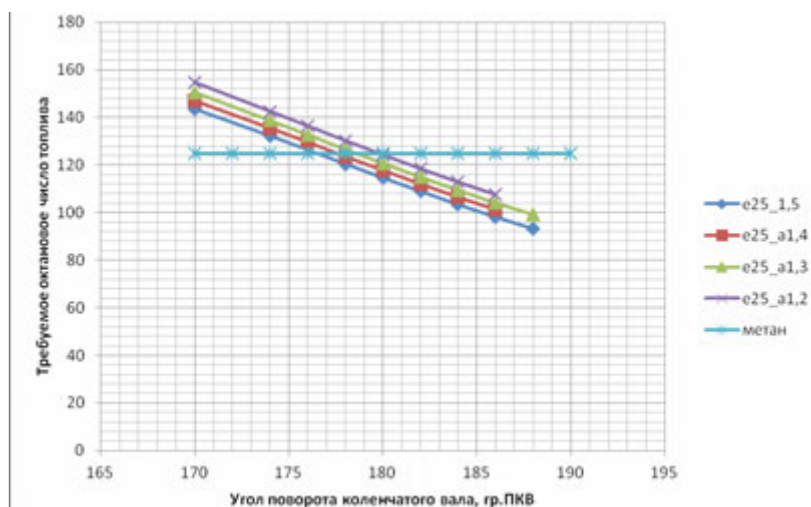


Рисунок 6 – Требуемое октановое число топлива при степени сжатия 25 и различных коэффициентах избытка воздуха

Аналогичная картина получается и при степени сжатия 20, однако в этом случае углы стабильной работы уже будут соответственно 8 и 4 гр. до ВМТ. При степени сжатия аналогичной степени сжатия исходного дизеля углы еще больше смещаются в сторону увеличения опережения зажигания. Расчеты показывают, что при использовании высоких степеней сжатия двигатель на режиме номинальной мощности, соответствующей мощности дизеля, не достигает предельных температур отработавших газов. Это дает возможность работать на режимах номинальной мощности без снижения общего ресурса двигателя [4]. Результаты исследования показали, что меньшие температуры достигаются при степенях сжатия 25 единиц (рис. 7). При такой степени сжатия двигатель может работать на смесях с коэффициентом избытка воздуха, равного 1,4, что близко к коэффициенту избытка воздуха в дизельном двигателе.

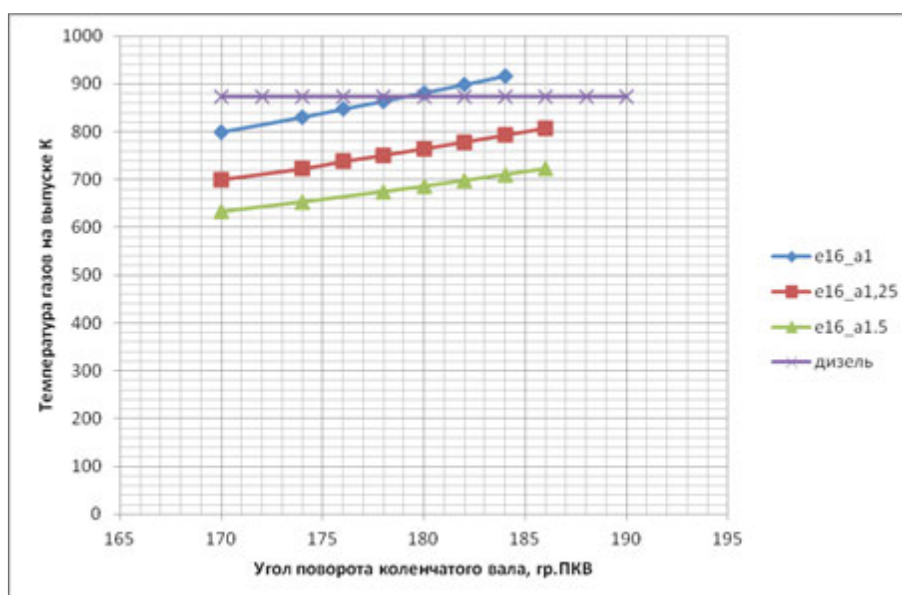


Рисунок 7 – Температура выпускных газов при степени сжатия 16 и различных коэффициентах избытка воздуха

Важное значение в настоящее время приобретает фактор экологической опасности выхлопных газов двигателей сельскохозяйственных тракторов. Так, для таких двигателей в странах Западной Европы с 2012 г. уже действуют экологические нормы, называемые Stage 4, аналогичные принятым в свое время Евро 4 и Евро 5 для автомобильного транспорта. В программе «Дизель РК» производится расчет эмиссии NOx по методу Зельдовича, что позволяет сравнить экологичность проектируемого двигателя с требуемыми нормами.

Для газового двигателя, работающего на бедных смесях, критическим компонентом в выбросах будет как раз NOx, поскольку другие компоненты (CO, CH, SO<sub>2</sub> и сажа) при использовании метана

в качестве моторного топлива для двигателя с искровым зажиганием, работающего на бедных смесях, будут минимальны [5].

В исследованиях определены характеристики эмиссии при различных степенях сжатия и коэффициентах избытка воздуха.

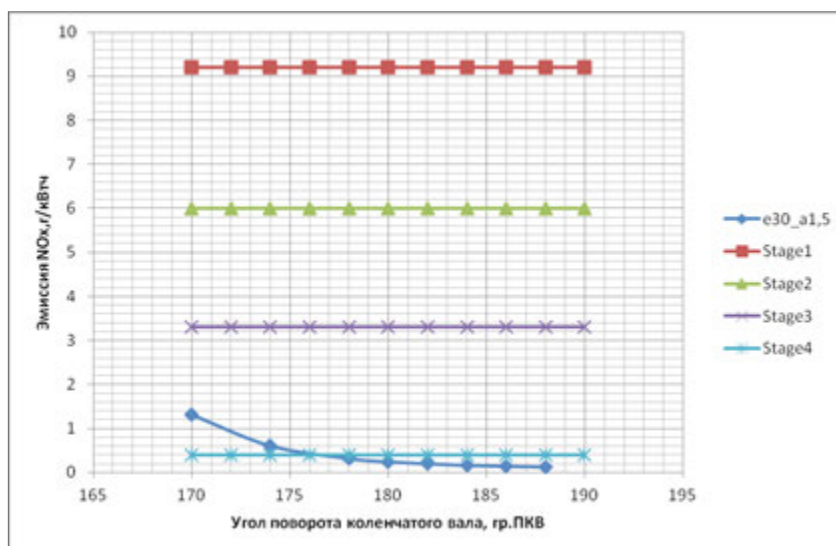


Рисунок 8 – Эмиссия NOx для степени сжатия 30

Из проведенных исследований видно, что на высоких степенях сжатия возможно организовать рабочий цикл таким образом, что работа двигателя будет соответствовать нормам Stage 4, то есть самым жестким на сегодняшний день (рис. 8).

Еще один параметр, который стремятся ограничить в наше время, – это шумность двигателя. На рисунке 9 представлен показатель максимальной скорости роста давления в цилиндре двигателя. Этот параметр является одним из основных, влияющих на общий шум двигателя [6].

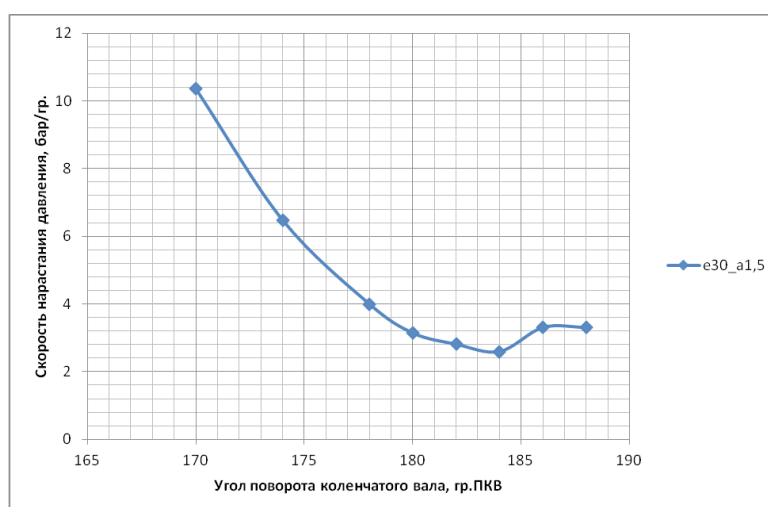


Рисунок 9 – Максимальная скорость роста давления в цилиндре двигателя для степени сжатия 30



При рабочих углах опережения зажигания при всех степенях сжатия максимальная скорость роста давления в цилиндре ниже, чем у дизелей, и тем более чем у газодизелей. То есть и шум должен быть ниже. Общий же уровень шума будет зависеть от ряда других факторов и может быть определен только экспериментальным путем.

**Выводы.** 1. Повышение степени сжатия наиболее перспективный путь развития газовых двигателей.

2. На базе дизеля можно создать газовый двигатель с внешним смесеобразованием, искровым зажиганием, работающим на бедных смесях, который удовлетворяет перспективным экологическим нормам без применения каталитического нейтрализатора.

3. Наиболее оптимальная степень сжатия для данного типа двигателя лежит в пределах 20–25 единиц.

#### Список литературы

1. Федоров, В. М. Методические основы разработки на базе дизелей малотоксичных двигателей, питаемых природным газом: дисс. ... канд. техн. наук. – М., 1998.

2. Глазырин, А. А. Повышение эффективности использования газового топлива в двигателях с искровым зажиганием, созданных на базе дизелей / А. А. Глазырин, В. М. Федоров.

3. Федоров, В. М. Исследование параметров трактора Т-25 при использовании в качестве энергоустановки бензинового двигателя с повышенной степенью сжатия / В. М. Федоров, С. А. Юферев, С. Е. Селифанов // Аграрная наука – инновационному развитию АПК в современных условиях: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. 12–15 февр. 2013 г. – Том II. – С. 105–110.

4. Федоров, В. М. Принцип адаптации переподжатого газового двигателя с внешним смесеобразованием и искровым зажиганием к использованию на тракторе / В. М. Федоров, С. Е. Селифанов // Научное обоснование технологии для интенсификации сельскохозяйственного производства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2017.

5. Федоров, В. М. Экспериментальные исследования экологической безопасности дизельного двигателя, конвертированного на природный газ / В. М. Федоров, Ю. И. Зубков, А. А. Суслов, А. Б. Шапков, А. В. Захарова, А. С. Клементьев // Автогазозаправочный комплекс + Альтернативное топливо (АГЗК+АТ). – 2007. – № 1 (31). – С. 42–43.

6. Федоров, В. М. Результаты разработки и исследования газовых двигателей КамАЗ, конвертированных на питание природным газом, без наддува / В. М. Федоров, В. Н. Луканин, А. С. Хачиян, В. Ф. Водейко, И. Г. Шишлов, Р. Х. Хамидуллин, Н. С. Маловичко // Конвертация дизелей на питание природным газом: сб. ИРЦ Газпром. – М., 2001.

**С. А. Яковлев, Д. Е. Молочников, М. В. Сотников**  
*ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ*

## **ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА ЕМКостей ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ**

Представлены результаты исследований по повышению долговечности емкостей для перевозки нефти и нефтепродуктов. Установка перемычек между волнорезами емкостей позволяет повысить жесткость перегородок в продольном направлении. Это исключает появление трещин на волнорезах и разрушение емкости, что, в свою очередь, обеспечивает повышенную долговечность таких конструкций.

Исследования, посвященные проблемам «повышения конструкционной надёжности машин путём повышения прочности деталей возле различных концентраторов напряжений, которая обеспечивается оптимизацией их формы переходных поверхностей» [1], являются наиболее актуальными и востребованными, как при проектировании машин, агрегатов и их деталей, так и при различных видах их ремонта.

Емкости для перевозки нефтепродуктов представляют собой сложные цилиндрические конструкции, сваренные по ГОСТ Р 52630-2012 из листовой малоуглеродистой легированной стали 09Г2С толщиной от 3 до 5 мм. Для придания жесткости в поперечном направлении внутри устанавливаются волнорезы (перегородки), изготовленные, как правило, из того же материала. Однако многократные циклические воздействия нефтепродуктов в продольном направлении автоцистерн, возникающие от появления волны при разгоне или торможении транспортного средства, приводят к разрушению волнорезов. Это связано прежде всего с недостаточной жесткостью этих волнорезов емкости в продольном направлении.

Увеличение числа волнорезов значительно «повышает прочность емкостей в поперечном направлении» [2], однако в продольном направлении жесткость внутри емкости практически не меняется, что ведет к быстрому разрушению перегородок и снижению прочности емкостей и в поперечном направлении.

Для повышения внутренней жесткости конструкции емкостей в продольном направлении авторами предлагается «связать волнорезы между собой перемычками в виде труб закрепленных в них с помощью упорных шайб и гаек» [3]. Перемыч-

ки предлагается устанавливать по патенту № 171201 РФ «в вертикальной плоскости, проходящей через ось цилиндра симметрично относительно оси цилиндра на расстоянии друг от друга, равном 0,1 и 0,2 диаметра цилиндра в шахматном порядке» [3] (рис. 1).

Такое техническое решение более чем в четыре раза повышает жесткость волнорезов в продольном оси цилиндра емкости направлении. Это препятствует появлению усталостных и коррозионно-усталостных трещин в перегородках, которые приводят к их быстрому разрушению волнорезов и, следовательно, к низкой долговечности емкостей.

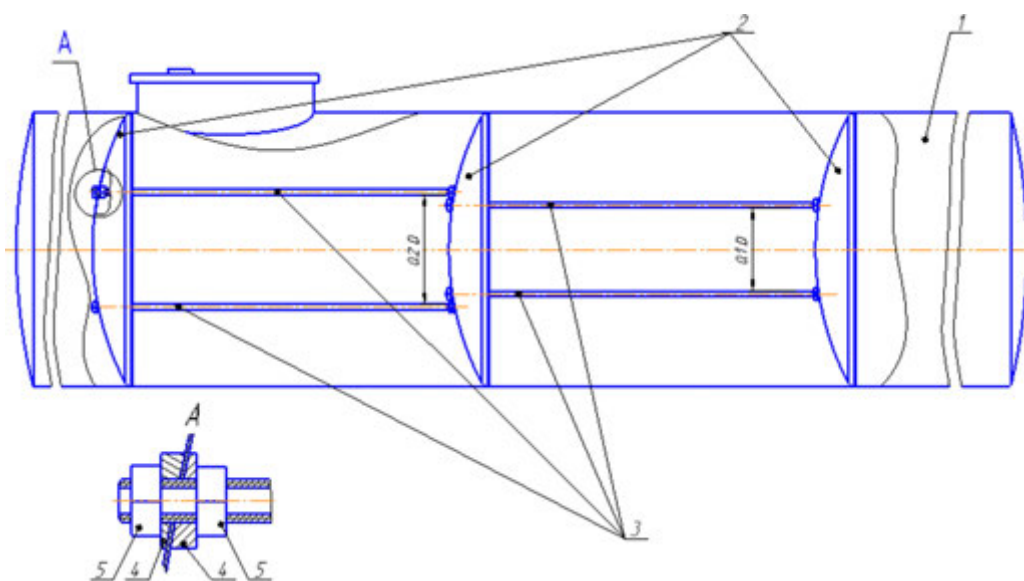


Рисунок 1 – **Общий вид емкости для перевозки нефтепродуктов** [3]  
 1 – цилиндрический закрытый корпус с заливной горловиной; 2 – волнорезы;  
 3 – перемычки; 4 – упорные шайбы; 5 – гайки

Ряд дополнительных исследований, проведенных авторами, показал, что установка перемычек между волнорезами в различных пространственных положениях и в различном количестве по патентам РФ № 181911, 181912, 180641, 187596 и 187597 [3–8] позволяет «дополнительно повысить жесткость емкостей в продольном направлении на 5... 20 % по сравнению с вариантом по патенту № 171201» [9].

Однако установка перемычек в перегородках требует изготовления в волнорезах дополнительных отверстий, что, согласно исследованиям многих авторов, создает «дополнительные концентраторы напряжений» [10].

Например, по патенту № 187597 в среднем волнорезе необходимо изготовить 12 дополнительных отверстий под установку перемычек в шахматном порядке.

Для уменьшения количества дополнительных концентраторов напряжений в волнорезах емкостей авторами предлагается крепление перемычек в средней перегородке производить с помощью муфты, установленной неподвижно в перегородке. Использование муфты на среднем волнорезе исключает необходимость изготовления дополнительных отверстий под крепление перемычек, устраняет наличие дополнительных концентраторов напряжений, тем самым не снижает прочность средней перегородки в поперечном оси цилиндра направлении.

При выполнении ремонтных работ по устранению дефектов волнорезов за счет заварки имеющихся трещин или установки накладок сварку рекомендуется выполнять «полуавтоматической сваркой в среде углекислого газа высшего сорта ГОСТ 8050-85 или газовой смеси Гаргон (78...80 % аргона и 22...20 % углекислого газа)» [9]. Допускается использование ручной дуговой сварки постоянным током обратной полярности электродами УОНИ-13/55 ГОСТ 9467-75.

Для соединения волнорезов в автоцистернах можно использовать в качестве перемычек гладкие трубы НКТ (например, 60×5 – Е ГОСТ 633-80). В качестве гаек тогда следует использовать муфты к трубам НКТ (60 – Е ГОСТ 633-80).

Таким образом, предлагаемые технологии ремонта емкостей для перевозки нефти и нефтепродуктов позволяют повысить жесткость емкостей в продольном оси цилиндра автоцистерны направлении. Это исключает появление трещин на волнорезах и разрушение емкости, что, в свою очередь, обеспечивает повышенную долговечность таких конструкций.

#### Список литературы

1. Дородов, П. В. Повышение прочности деталей путем оптимизации формы их поверхностей возле концентраторов напряжений / П. В. Дородов // Вестник Ижевской ГСХА. – 2018. – № 1 (54). – С. 59–66.
2. Яковлев, С. А. Влияние количества волнорезов на жесткость цилиндрических емкостей для перевозки нефтепродуктов / С. А. Яковлев, Д. А. Сытова, Н. Г. Макаров // Вестник Алтайского ГАУ. – Барнаул: АГАУ, 2016. – № 9 (143). – С. 164–168.
3. Пат. 171201. Российская федерация, МПК В65D 88/06 (2006.01). Цистерна для транспортировки жидкостей / С. А. Яковлев, О. И. Зубарев, Д. А. Сытова, Н. Г. Макаров; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ульяновская ГСХА имени П. А. Столыпина. – № 2016151840; заявл. 27.12.2016; опубл. 23.05.2017. – Бюл. № 15. – 4 с.
4. Пат. 181911. Российская федерация, МПК В65D 88/06 (2006.01). Цистерна для транспортировки жидкостей / С. А. Яковлев, Н. Г. Макаров; заявитель

и патентообладатель ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ имени П. А. Столыпина. – № 2017140285; заявл. 10.11.2017; опубл. 26.07.2018. – Бюл. № 21. – 4 с.

5. Пат. 181912. Российская федерация, МПК В65D 88/06 (2006.01). Цистерна для транспортировки жидкостей / С. А. Яковлев, Н. Г. Макаров, Л. С. Яковлева, Д. С. Яковлев; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ имени П. А. Столыпина. – № 2017142031; заявл. 10.11.2017; опубл. 26.07.2018. – Бюл. № 21. – 4 с.

6. Пат. 180641. Российская федерация, МПК В65D 88/06 (2006.01). Цистерна для транспортировки жидкостей / С. А. Яковлев, Н. Г. Макаров, Л. С. Яковлева, Д. С. Яковлев; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ имени П. А. Столыпина. – № 2017142017; заявл. 01.12.2017; опубл. 19.06.2018. – Бюл. № 17. – 4 с.

7. Пат. 187596. Российская федерация, МПК В65D 88/06 (2006.01). Цистерна для транспортировки жидкостей / С. А. Яковлев, Н. Г. Макаров, Л. С. Яковлева, Д. С. Яковлев; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ имени П. А. Столыпина. – № 2018141769; заявл. 26.11.2018; опубл. 13.03.2019. – Бюл. № 8. – 4 с.

8. Пат. 187597. Российская федерация, МПК В65D 88/06 (2006.01). Цистерна для транспортировки жидкостей / С. А. Яковлев, Н. Г. Макаров, Л. С. Яковлева, Д. С. Яковлев; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ имени П. А. Столыпина. – № 2018141466; заявл. 26.11.2018; опубл. 13.03.2019. – Бюл. № 8. – 4 с.

9. Яковлев, С. А. Повышение долговечности емкостей для перевозки нефтепродуктов автомобильным транспортом увеличением их жесткости при ремонте / С. А. Яковлев, Д. Е. Молочников // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2019. – № 2. – С. 46–48.

10. Дородов, П. В. Комплексный метод расчёта и оптимального проектирования деталей машин с концентраторами напряжений: моногр. / П. В. Дородов. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2014. – 316 с.

## НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОСФЕРЫ

УДК 331.45

**С. Е. Башняк<sup>1</sup>, А. С. Городничий<sup>2</sup>, И. И. Тесленко<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Донской ГАУ

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ

<sup>3</sup>ООО «Гранд-Стар», г. Краснодар

### **К ВОПРОСУ ПОДГОТОВКИ ПЕРСПЕКТИВНОГО ПЛАНА РАБОТЫ ОТДЕЛА ОХРАНЫ ТРУДА ПРЕДПРИЯТИЯ**

Рассмотрены основные направления работы отделов охраны труда для предприятий (организаций), представленные в виде частной методики. Представленная методика учитывает накопленный практический опыт в области организации работы по обеспечению безопасности труда.

В современных условиях в производственной сфере одной из важнейших задач, стоящих перед руководителем (работодателем), является обеспечение безопасности труда. А в случае, если регистрируется новое предприятие, руководителю (работодателю) очень важно ориентироваться в вопросах охраны труда.

Учитывая определение охраны труда, можно отметить – данное направление в производственной деятельности является весьма многогранным.

Охраной труда предполагается участие в процессе обеспечения безопасности двух сторон – государства и предприятия. Государством обеспечивается законодательное и нормативное регулирование, а предприятия на практике реализуются в данной сфере [1, 2, 7–9, 10].

Государственный контроль в сфере охраны труда осуществляет Министерство здравоохранения и социального развития Российской Федерации, которое наделено также функциями по выработке государственной политики в данной сфере и нормативно-правового регулирования [3, 6, 9].

С целью снижения профессионального риска и возмещения вреда здоровью, причиненного в результате исполнения должностных обязанностей работниками, государством предусмотрено на законодательном уровне обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве [10, 11].



Для определения соответствия состояния здоровья работников поручаемой им работе предусматривается процедура проведения предварительных медицинских осмотров при поступлении на работу.

Для осуществления наблюдения за состоянием здоровья работников в процессе работы проводятся периодические медицинские осмотры [3, 8, 12].

Все работники предприятий должны проходить обучение и проверку знаний по безопасности труда. Данная работа регламентируется значительным количеством нормативно-технической документации и включает в себя проведение инструктажей, обучение персонала по специальным программам и организацию стажировки [8, 9, 11].

Работодатель для защиты работников от воздействия вредных и опасных производственных факторов в процессе исполнения ими должностных обязанностей за счет своих средств обеспечивает их средствами индивидуальной защиты. Государством разработаны и утверждены нормы бесплатной выдачи работникам сертифицированной специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты [10, 11].

Для проведения проверки состояния условий труда на рабочих местах, а также в целях выявления вредных или опасных производственных факторов и осуществления мероприятий по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями, на предприятиях должна осуществляться специальная оценка условий труда [5, 13, 14].

Одной из форм защиты трудовых прав работников на обеспечение безопасных условий и охрану труда являются договоры и соглашения, заключаемые между работодателями и трудовыми коллективами [11].

В целях улучшения работы по созданию здоровых и безопасных условий труда на предприятии с участием заинтересованных сторон разрабатываются мероприятия по охране труда. Для организации данной работы Министерством труда РФ было принято Постановление от 27.02.95 № 11 «Об утверждении Рекомендаций по планированию мероприятий по охране труда» [1].

Использование труда женщин и лиц моложе 18 лет регламентируется как труд отдельных категорий работников, которым устанавливаются предельно допустимые нагрузки, и определяется перечень тяжелых работ и работ с вредными или опасными условиями труда, при выполнении которых запрещено применение труда данных категорий работников [3, 4].

Вся документация и материалы по условиям и охране труда подлежат государственной экспертизе и сертификации.

Данная процедура предполагает проверку соответствия объектов требованиям нормативно-технической документации в сфере охраны труда.

Работникам, занятым на работах с вредными условиями труда, работодатель за счет собственных средств осуществляет выдачу молока или других равноценных пищевых продуктов. Молоко является пищевым продуктом, которое снижает негативное воздействие на человека вредных и опасных факторов.

Для снижения рисков возникновения травмоопасной ситуации на производстве необходимо проведение анализа работ в сфере обеспечения безопасных условий труда. Анализ основывается на накопленных статистических данных в сфере производственного травматизма.

Учет и расследование несчастных случаев на производстве регламентируется Постановлением Минтруда РФ от 24.10.2002 № 73 «Об утверждении форм документов, необходимых для расследования и учета несчастных случаев на производстве, и Положения об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях» [2].

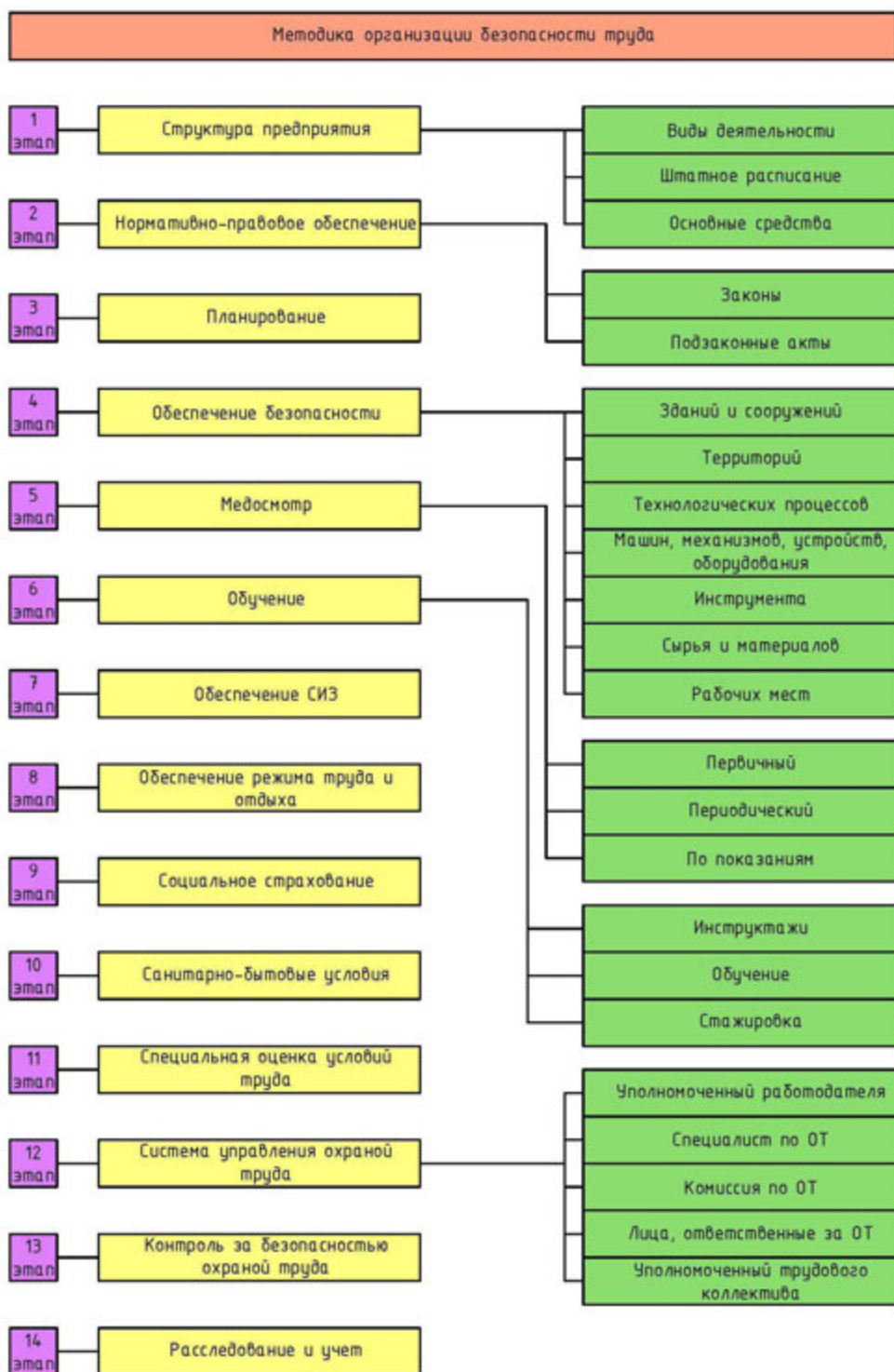
Руководитель предприятия (работодатель) осуществляет управление охраной труда, для чего создается специальная служба.

Она включает в себя отдел охраны труда, представителя работодателя по охране труда, комиссию по охране труда и лиц из числа ИТР, ответственных за соблюдение требований охраны труда в структурных подразделениях предприятия.

Учитывая накопленный практический опыт в области организации работы по обеспечению безопасности труда, и, конкретно, работы отдела охраны труда предприятия, нами была разработана частная методика ее организации в производственной сфере [6, 7, 8].

В соответствии с предлагаемой программой действий по организации охраны труда на предприятии определены ее основные направления и обозначена примерная последовательность действий специалистов данной службы.

Предложенную перспективную методику организации работы отдела охраны труда предприятия можно представить в виде схемы, изображенной на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Схема перспективного плана организации работы отдела охраны труда предприятия**

Данная методика включает в себя следующие основные этапы ее реализации:

- разработка организационной структуры предприятия;
- подготовка перечня законодательной и нормативно-технической базы;
- разработка плана работы отдела охраны труда;

- организация обеспечения безопасности зданий, сооружений, технологических процессов, машин, механизмов и оборудования;
- организация проведения медицинских осмотров работников предприятия;
- обучение работников предприятия охране труда и безопасным методам работы;
- обеспечение работников предприятия средствами индивидуальной защиты;
- организация режима труда и отдыха;
- обеспечение социального страхования работников предприятия;
- обеспечение на предприятии санитарно-бытовых условий;
- проведение специальной оценки условий труда (ранее аттестация рабочих мест по условиям труда);
- организация системы управления охраной труда на предприятии;
- организация контроля за соблюдением требований охраны труда на предприятии.
- организация расследования и учета случаев производственного травматизма.

Таким образом, подготовлен перечень основных направлений охраны труда на предприятии, определена последовательность их реализации. Предложенная частная методика является не чем иным, как основой для подготовки перспективного плана работы отдела охраны труда предприятия.

### **Список литературы**

1. Постановление Минтруда РФ от 27.02.95 № 11 «Рекомендации по планированию мероприятий по охране труда».
2. Постановление Минтруда РФ от 24.10.2002 № 73 «Об утверждении форм документов, необходимых для расследования и учета несчастных случаев на производстве, и Положения об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях».
3. Приказ Минздравсоцразвития РФ от 12.04.2011 № 302н «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда».
4. Игнатъев, С. П. Алгоритм определения вероятности возникновения пожара (взрыва) / С. П. Игнатъев // Аграрная наука – инновационному развитию

АПК в современных условиях: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2013 г. – С. 163–167.

5. Мякишев, А. А. Специальная оценка условий труда в сельскохозяйственном производстве / А. А. Мякишев, С. Н. Тюбина // Наука, инновации и образование в современном АПК: материалы Международной научно-практической конференции. – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2014. – С. 107–109.

6. Тесленко И. И. (Ш) Методика организации мониторинга процесса безопасности жизнедеятельности на предприятии // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. – Краснодар: КСЭИ, 2014. – № 2. – С. 46–57.

7. Тесленко И. И. (Ш) Методика организации планирования работы отдела охраны труда на предприятии // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность – Краснодар: КСЭИ, 2014. – № 3–4. – С. 94–101.

8. Тесленко, И. И. Организация планирования безопасности труда на предприятии / И. И. Тесленко, А. С. Городничий, И. И. Тесленко. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – 287 с.

9. Хаертдинова З. М. Документационное обеспечение систем управления промышленной безопасностью / З. М. Хаертдинова, А. А. Мякишев // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения: материалы Всероссийской научно-практической конференции. МСХ РФ – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2016.– С.53–60.

10. Трудовой Кодекс Российской Федерации.

11. Федеральный закон от 24.07.1998 г. № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» (с изменениями на 28 декабря 2016 года).

12. Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».

13. Федеральный закон от 28.12.2013 № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда».

14. Федеральный закон от 28.12.2013 № 421-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона «О специальной оценке условий труда».

С. Е. Башняк<sup>1</sup>, И. Н. Тесленко<sup>2</sup>, И. И. Тесленко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Донской ГАУ

<sup>2</sup>ООО «Гранд-Стар», г. Краснодар

## **ЧАСТНАЯ МЕТОДИКА ОРГАНИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОПАСНОМ ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ОБЪЕКТЕ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДЪЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Рассматривается частная методика организации промышленной безопасности на опасном производственном объекте, на котором эксплуатируются подъемные сооружения. Представленная методика учитывает накопленный практический опыт на примере конкретного предприятия.

В соответствии со статьей 212 Трудового Кодекса Российской Федерации обеспечение безопасных условий на рабочих местах является обязанностью администрации предприятия [13].

Изучение сферы деятельности предприятия позволяет составить прогноз используемых в производственных процессах основных фондов, материальных ресурсов, технологий, машин, механизмов, приборов и инструментов. Сфера деятельности предприятия позволяет определить также виды выполняемых работ, что способствует подготовке перечня нормативно-правовых документов и Правил, регламентирующих требования безопасности при осуществлении производственной деятельности и правильно организовывать процесс обеспечения безопасности труда.

На каждом предприятии в зависимости от видов осуществляемой деятельности, видов выполняемых работ, перечня используемых технических средств и устройств должны соблюдаться:

- требования охраны труда (ОТ);
  - правила пожарной безопасности (ПБ);
  - требования электробезопасности (ЭБ);
  - требования промышленной безопасности;
  - требования безопасности при выполнении специальных видов работ;
  - требования безопасности дорожного движения;
  - требования экологической безопасности;
  - требования безопасности в случае возникновения чрезвычайной ситуации;
  - требования санитарно-эпидемиологической безопасности
- (рис. 1).



Предприятие ООО «АНТ» специализируется на проведении строительных работ, при этом используется значительное количество технических устройств, приборов, инструментов, приспособлений, машин и оборудования, в том числе подъемные сооружения.

В соответствии с этим на данном предприятии с целью обеспечения безопасности труда, исходя из схемы основных направлений обеспечения безопасности (рис. 1), должны соблюдаться все вышеперечисленные направления обеспечения безопасности – охрана труда, пожарная безопасность, электробезопасность, промышленная безопасность, безопасность при выполнении специальных видов работ, безопасность дорожного движения, экологическая безопасность, санитарно-эпидемиологическая безопасность, безопасность в случае возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера.

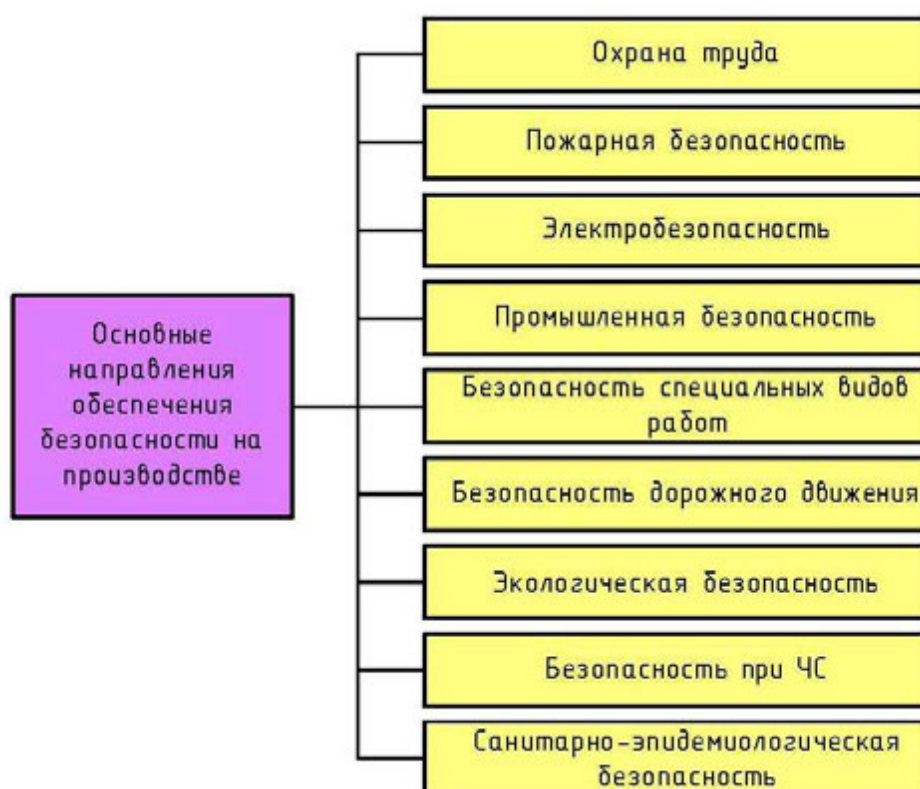


Рисунок 1 – Схема основных направлений обеспечения безопасности труда в производственной сфере

К категории опасных производственных объектов относятся объекты, на которых:

– используются грузоподъемные механизмы (за исключением лифтов, подъемных платформ для инвалидов), эскалаторы в метрополитенах, канатные дороги, фуникулеры (в ред. Федерального закона от 04.03.2013 № 22-ФЗ).

При этом для данных опасных производственных объектов в соответствии с Приложением 2 (№ 22-ФЗ) устанавливаются следующие классы опасности:

- III класс опасности – для подвесных канатных дорог;
- IV класс опасности – для остальных грузоподъемных механизмов (подъемных сооружений).

С учетом требований нормативно-правовых документов, регламентирующих процесс обеспечения промышленной безопасности, и на основании практического опыта ООО «АНТ» в области применения подъемных сооружений на опасных производственных объектах можно предложить методику организации их безопасной эксплуатации (рис. 2).



Рисунок 2 – Методика организации безопасной эксплуатации подъемного сооружения, входящего в состав опасного производственного объекта

Основными этапами реализации данной методики являются:

1. Регистрация технического устройства повышенной опасности в органах Ростехнадзора.
2. Организация и проведение экспертизы промышленной безопасности технического устройства повышенной опасности с привлечением аккредитованной органами Ростехнадзора организации.
3. Организация технического обслуживания и ремонта технического устройства повышенной опасности с привлечением аккредитованной органами Ростехнадзора организации.
4. Организация подбора персонала, участвующего в процессе эксплуатации опасного производственного объекта.
5. Организация медицинского осмотра персонала, участвующего в процессе эксплуатации опасного производственного объекта.
6. Организация первичного и периодического обучения персонала, участвующего в процессе эксплуатации опасного производственного объекта.
7. Обеспечение средствами защиты персонала, участвующего в процессе эксплуатации опасного производственного объекта.
8. Страхование ответственности за причинение вреда при эксплуатации опасного производственного объекта.
9. Организация производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности при эксплуатации опасного производственного объекта.
10. Регистрация опасного производственного объекта в государственном реестре опасных производственных объектов Российской Федерации.
11. Лицензирование в области промышленной безопасности процесса эксплуатации опасного производственного объекта с учетом присвоенного ему класса опасности в органах Ростехнадзора.

**Регистрация технического устройства.** Первым этапом методики организации безопасной эксплуатации опасного производственного объекта является регистрация технического устройства повышенной опасности, размещаемого на данном объекте, в органах Ростехнадзора.

Органы Ростехнадзора наделены государством функцией технического регулирования, которая распространяется на процесс сертификации, а также на проектирование и изготовление технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах.

Сертификация – деятельность по подтверждению соответствия продукции установленным требованиям [14]. Сертификация проводится с целью обеспечения безопасности и надежности, а так-

же защиты прав потребителей, приобретающих технические устройства для эксплуатации на опасном производственном объекте.

Стандарт – документ, в котором в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг [7, 14].

Таким образом, в процессе регистрации технических устройств в органах Ростехнадзора определяется наличие вышеперечисленных документов, подтверждающих их соответствие установленным требованиям.

Все мобильные технические устройства – подъемные сооружения, предназначенные для перемещения грузов, принадлежащие ООО «АНТ», зарегистрированы в органах Ростехнадзора.

**Экспертиза.** Неотъемлемой частью процесса эксплуатации ОПО является экспертиза промышленной безопасности, для проведения которой привлекаются аккредитованные учреждения.

Экспертиза промышленной безопасности – оценка соответствия объекта экспертизы предъявляемым к нему требованиям промышленной безопасности, результатом которой является заключение [14].

Данные работы проводятся с определенной периодичностью, соблюдение которой контролирует ответственный за осуществление производственного контроля на предприятии. Для проведения экспертизы между собственником ОПО и экспертной организацией заключается договор. После этого на предприятие выезжает эксперт и проводит обследование опасного производственного объекта. На основании проведенных работ готовится заключение экспертизы, которое в дальнейшем утверждается соответствующими органами Ростехнадзора.

**Техобслуживание.** В соответствии с требованиями нормативно-правовых документов организация технического обслуживания и ремонта технического устройства повышенной опасности осуществляется с привлечением аккредитованных органами Ростехнадзора организаций.

В ООО «АНТ» из числа ИТР приказом ответственным по предприятию был назначен механик предприятия в соответствии с ФНП ПС, за работоспособное состояние мобильных подъемных сооружений [12].

Ответственным лицом разработаны программы выполнения планово-предупредительных ремонтов, а также график проведения технических освидетельствований мобильных подъемных сооружений. Согласно ФНП ПС технические освидетельствования мобиль-

ных подъемных сооружений, принадлежащих ООО «АНТ», проводятся в следующие сроки:

- частичное техническое освидетельствование (ЧТО) – один раз в год;
- полное техническое освидетельствование (ПТО) – один раз в 3 года.

Результаты освидетельствований заносятся в паспорта автокрана, крана-манипулятора, подъемника (вышки). На самом мобильном подъемном сооружении вывешены таблички со сроками проведения ЧТО, ПТО.

С целью проведения технического обслуживания и ремонта мобильных подъемных сооружений ООО «АНТ» заключило договор со специализированной организацией ООО «Дедал» на выполнение данных работ. Все работы по ремонту мобильных подъемных сооружений оформляются соответствующими актами и фиксируются в их паспортах.

Машинистами мобильных подъемных сооружений ведутся вахтенные журналы установленного образца, куда заносятся данные о техническом состоянии данных технических устройств.

На предприятии налажен процесс безопасной эксплуатации стальных канатов и цепей, который предполагает их ежесменный осмотр машинистами и стропальщиками, а также периодический осмотр с участием лиц, ответственных за безопасное производство работ подъемных сооружений, назначенных приказом по предприятию из числа ИТР. Осмотры грузозахватных приспособлений и тары на предприятии в соответствии с требованиями ФНП ПС проводятся ответственными лицами в следующие сроки:

- стропов – каждые 10 дней;
- траверс, клещей, захватов и тары – каждый месяц;
- редко используемых съемных грузозахватных приспособлений – перед началом работ.

Результаты осмотра съемных грузозахватных приспособлений и тары ответственными работниками заносятся в журнал осмотра грузозахватных приспособлений.

**Подбор персонала.** Эксплуатация опасного производственного объекта без обученного в соответствии с требованиями нормативных документов персонала запрещена.

В связи с этим на предприятии, эксплуатирующем подъемные сооружения, относящиеся к опасным объектам, должен быть подготовлен следующий персонал:

- ИТР, ответственный за осуществление производственного контроля;



- ИТР, ответственный за работоспособное состояние;
- ИТР, ответственный за безопасное производство работ;
- машинист крана;
- стропальщик.

**Медосмотр.** Персонал, участвующий в процессе эксплуатации подъемных сооружений, в обязательном порядке проходит медицинский осмотр, процесс которого регламентируется Приказом Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 № 302н «Об утверждении перечней и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда» [11].

Работники предприятия должны проходить предварительные при трудоустройстве на работу и периодические медицинские осмотры. Данное мероприятие проводится с целью определения состояния здоровья работника и соответствия его условиям выполняемой работы – эксплуатации опасного производственного объекта.

В ООО «АНТ» с учетом выявленных вредных и опасных производственных факторов были разработаны формы направлений работников на предварительные и периодические медицинские осмотры. В соответствии с Положением о порядке проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работников ООО «Электрикмонтаж» был подготовлен график проведения периодических медосмотров, при этом работники, не прошедшие в установленном порядке первичные и периодические медицинские осмотры, к работе не допускаются.

**Обучение.** В соответствии со статьей 9 Федерального закона от 04.03.2013 № 22-ФЗ организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, к которому относятся подъемные сооружения, обязана допускать к работе на опасном производственном объекте лиц, удовлетворяющих соответствующим квалификационным требованиям и обеспечивать проведение подготовки и аттестации работников в области промышленной безопасности [14].

Процесс обучения персонала, осуществляющего эксплуатацию мобильных подъемных сооружений, проводится на базе специализированных учебных центров. Обучение проводится по двум направлениям – промышленная безопасность и подъемные сооружения. Руководитель предприятия и специалисты, занятые в процессе эксплуатации подъемных сооружений, проходят обучение и аттестацию по программе промышленной безопасности и подъемных соо-



ружений для перемещения грузов и людей, а персонал рабочих специальностей – по подъемным сооружениям, каждый в соответствии с занимаемой должностью – машинист автокрана, оператор крана-манипулятора, машинист автогидроподъемника, стропальщик, рабочий люльки.

Инженер по охране труда также проходит обучение и проверку знаний по промышленной безопасности и подъемным сооружениям в качестве члена аттестационной комиссии предприятия. По результатам обучения разрабатывается график проведения переаттестации персонала, занятого эксплуатацией подъемных сооружений.

После обучения необходимо подготовить приказы по лицам, ответственным за работоспособное состояние и безопасную эксплуатацию подъемных сооружений. Приказ готовится в расширенной форме, где указывается весь персонал, эксплуатирующий подъемные сооружения, с указанием номеров удостоверений. Необходимо также подготовить приказ о назначении ответственного за осуществление производственного контроля за соблюдением промышленной безопасности при эксплуатации ОПО. Приказом назначается также лицо, осуществляющее надзор за безопасной эксплуатацией подъемных сооружений, как правило, это главный механик. Для проведения ежегодной переаттестации рядовых работников, занятых эксплуатацией подъемных сооружений, приказом по предприятию создается аттестационная комиссия из числа обученных в данной сфере специалистов.

С целью обеспечения безопасной эксплуатации подъемных сооружений специалистами предприятия разрабатываются должностные и производственные инструкции для персонала, задействованного в данной сфере, инструкции по охране труда. На участках, где используются краны, вывешиваются плакаты со схемами строповки грузов, знаковой сигнализации, готовится Проект производства работ (ППР), Технологические карты (ТК). По содержанию Проект производства работ может включать в себя общие требования безопасного ведения работ, указания по безопасной строповке, схемы складирования и размещения грузов, технологический план территории.

С целью выполнения требований в сфере обучения персонала, эксплуатирующего подъемные сооружения в ООО «АНТ», определен персонал, выполняющий данные работы, проведено обучение по специальным программам в учебно-курсовых комбинатах, создана аттестационная комиссия из числа ИТР по проверке знаний.

Приказами по предприятию назначены лица, ответственные по надзору за соблюдением требований промышленной безопасно-

сти, ответственные за безопасную эксплуатацию и работоспособное состояние подъемных сооружений. Разработаны Проекты производства работ, вывешены плакаты со схемами строповки грузов и знаковой сигнализации.

В соответствии с пунктом 125 ФНП ПС приказом по предприятию определен порядок выделения и направления мобильных подъемных сооружений на объекты. Согласно пункту 155 ФНП ПС приказом по предприятию назначены крановщики, операторы мобильных подъемных сооружений. В соответствии с пунктами 228 и 229 ФНП ПС приказом по предприятию назначены ответственные за безопасную эксплуатацию съемных грузозахватных приспособлений и тары [12].

**Средства индивидуальной защиты.** Согласно статье 221 Трудового Кодекса РФ, Раздел X, Охрана труда, приобретение и процедура ухода за средствами индивидуальной защиты (СИЗ) осуществляется за счет работодателя [13].

В ООО «АНТ» в соответствии с «Типовыми отраслевыми нормами бесплатной выдачи специальной одежды, обуви и других средств индивидуальной защиты» были разработаны Нормы выдачи средств индивидуальной защиты работникам предприятия.

Согласно подготовленных заявок, учитывающих индивидуальные параметры работников, отдел материально-технического снабжения предприятия произвел закупку сертифицированных средств индивидуальной защиты, а в соответствии с Положением о порядке выдачи и применения средств индивидуальной защиты в ООО «АНТ» была проведена выдача этих средств.

После выдачи СИЗ работникам предприятия руководители структурных подразделений обязаны организовать учет и контроль за хранением СИЗ, для чего необходимо заполнять личные карточки учета выдачи СИЗ и журнал учета и их содержания.

**Страхование.** В соответствии с Федеральным законом «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного производственного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном производственном объекте» № 225-ФЗ от 27.07.2010 г., все опасные производственные объекты подлежат обязательному страхованию на случай возникновения аварий [14].

С этой целью ООО «АНТ» заключило договор со страховой компанией, при этом предоставив все необходимые документы на опасный производственный объект – подъемные сооружения.

**Производственный контроль.** В соответствии с требованиями Федерального Закона № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» и «Правилами организации

и осуществления производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасном производственном объекте», утвержденными Постановлением Правительства РФ № 263 от 10.03.99 г., организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, обязана организовать и осуществлять производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности [6, 10, 14].

В связи с этим в ООО «АНТ» было разработано Положение о производственном контроле за соблюдением требований промышленной безопасности при эксплуатации опасного производственного объекта, которое было утверждено руководителем предприятия и согласовано в органах Ростехнадзора.

Данное Положение устанавливает порядок организации и осуществления производственного контроля в ООО «АНТ» за соблюдением требований промышленной безопасности на опасном производственном объекте – подъемные сооружения.

Производственный контроль осуществляется путем проведения комплекса мероприятий, направленных на обеспечение безопасного функционирования опасного производственного объекта, а также на предупреждение аварий и инцидентов на данном объекте, обеспечение готовности к локализации и ликвидации их последствий.

**Регистрация.** В соответствии со статьей 2 ФЗ № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», опасные производственные объекты подлежат регистрации в государственном реестре в порядке, установленном Правительством РФ [7, 9, 11, 14].

Основными этапами регистрации опасных производственных объектов являются:

- идентификация опасного производственного объекта;
- подготовка заявительных документов в соответствии с требованиями Ростехнадзора;
- подача заявительных документов на рассмотрение в органы Ростехнадзора;
- регистрация объекта в государственном реестре;
- получение свидетельства о регистрации ОПО.

Для проведения идентификации опасных производственных объектов предприятием может привлекаться экспертная организация, порядок взаимодействия с которой достаточно полно рассмотрен в «Методических рекомендациях по идентификации опасных производственных объектов» РД-03-260-99.

Итогом работы по идентификации опасных производственных объектов является составление идентификационных листов ОПО,

которые в обязательном порядке включаются в перечень заявительных документов. Документы, представленные заявителем в органы Ростехнадзора, рассматриваются им в течение одного месяца, после чего выдается свидетельство о регистрации ОПО в случае, если заявительные документы соответствуют предъявляемым требованиям. Свидетельство выдается сроком на пять лет [3, 5, 8, 9, 12].

**Лицензирование.** Эксплуатация опасных производственных объектов сопряжена с определенными рисками, поэтому к данному процессу предъявляются строгие требования и в соответствии с Федеральным законом № 128-ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности» она подлежит лицензированию [1, 2, 4, 6, 9, 15].

Внесенные изменения в № 116-ФЗ в редакции № 22-ФЗ от 04.03.2013 коснулись классификации опасных производственных объектов и присвоения им соответствующего класса опасности, которые определяют необходимость получения лицензии, либо освобождают предприятие от ее получения, в зависимости от класса опасности ОПО [14].

Таким образом, методически процесс организации безопасной эксплуатации опасных производственных объектов ООО «АНТ» можно разделить на следующие основные этапы:

- регистрация опасного производственного объекта;
- подбор кадров, участвующих в процессе эксплуатации ОПО;
- организация проведения медицинского осмотра работников, планируемых для осуществления процесса эксплуатации ОПО;
- обучение работников, занятых эксплуатацией ОПО;
- назначение лиц, ответственных за безопасную эксплуатацию ОПО;
- организация процесса производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности;
- заключение договора на страхование ОПО;
- проведение экспертизы промышленной безопасности.

Данные методические рекомендации позволяют организовать процесс безопасной эксплуатации опасных производственных объектов, находящихся на балансе предприятия, их можно использовать при аттестации и подготовке инженерно-технических работников, занятых эксплуатацией опасных производственных объектов.

#### **Список литературы:**

1. Игнатъев, С. П. Алгоритм определения вероятности возникновения пожара (взрыва) / С. П. Игнатъев // Аграрная наука – инновационному развитию АПК в современных условиях: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2013 г. – С. 163–167.

2. Игнатъев, С. П. Повышение безопасности изготавливаемой сельскохозяйственной техники / С. П. Игнатъев // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015 г. – № 3 (44). – С. 7–14.

3. Мякишев, А. А. Специальная оценка условий труда в сельскохозяйственном производстве / А. А. Мякишев, С. Н. Тюбина // Наука, инновации и образование в современном АПК: материалы Международной научно-практической конференции. – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2014. – С. 107–109.

4. Тесленко, И. И. (III) Методика организации безопасной эксплуатации опасных производственных объектов сельскохозяйственного производства // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность – Краснодар: КСЭИ, 2014. – № 1. – С. 94–102.

5. Тесленко, И. И. (III) Методика организации планирования работы отдела охраны труда на предприятии // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность – Краснодар: КСЭИ, 2014. – № 3–4. – С. 94–101.

6. Тесленко, И. И. Математическая модель организации промышленной безопасности при эксплуатации подъемных сооружений // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность – Краснодар: КСЭИ, 2015. – № 1. – С. 87–92.

7. Тесленко, И. И. Математическая модель процесса организации функционирования отдела охраны труда предприятия / И. И. Тесленко, М. М. Магамедов // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность – Краснодар: КСЭИ, 2015. – № 2–3. – С. 67–72.

8. Тесленко, И. И. Анализ законодательной и нормативно-правовой базы процесса обеспечения безопасности дорожного движения / И. И. Тесленко, С. Н. Хабаху // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность – Краснодар: КСЭИ, 2015. – № 1. – С. 148–158.

9. Хаертдинова, З. М. Документационное обеспечение систем управления промышленной безопасностью / З. М. Хаертдинова, А. А. Мякишев // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения: материалы Всероссийской научно-практической конференции. МСХ РФ – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. – 2016. – С. 53–60.

10. Постановление Правительства РФ от 10.03.99 № 263 (ред. от 30.07.2014) «Об организации и осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасном производственном объекте».

11. Приказ Минздравсоцразвития РФ от 12.04.2011 № 302н «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда».



12. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12.11.2013 № 533 «Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности. Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения».

13. Трудовой Кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ.

14. Федеральный Закон от 27.07.97 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

15. Федеральный Закон от 04.05.2011 № 99-ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности».

УДК 536.2

**С. В. Вендин, Ю. Н. Ульянов**  
*ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ*

## **ОЦЕНКА СВОЙСТВ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УСЛОВИЙ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ**

Рассмотрены вопросы применимости различных теплоизоляционных материалов для условий нестационарной теплопередачи. Установлено, что при резкой смене внешних температур на поверхности объекта (стенки) определяющая роль отводится не коэффициенту теплопроводности, а коэффициенту температуропроводности, наименьшим значением которого обладают дерево и композитные материалы на его основе, а из искусственных материалов – пенополиуретан.

**Введение.** Энергосбережение является актуальной проблемой, как для сооружений промышленного и сельскохозяйственного назначения, так и для жилых зданий [1–4]. Потери теплоты можно снизить за счет применения эффективных теплоизолирующих материалов [3, 4].

В современном мире рост потребления различных видов энергии опережает рост генерирующих тепловых и электрических мощностей. Следовательно, необходимость экономии энергоресурсов актуальна практически во всех сферах человеческой деятельности.

Безусловно, Российская Федерация имеет достаточные запасы углеводородов и других энергоресурсов, чтобы энергия дошла до потребителя затрачиваются большие средства. Следовательно, в местах энергопотребления потенциал энергосбережения в России очень высок. Энергосбережение можно планировать как на стадии создания объектов и производств, а также в процессе повседневной эксплуатации и за счет реконструкции введенных в эксплуатацию зданий и сооружений. В повседневной жизни экономию энергии можно проводить



за счет организационных мероприятий, но они будут сведены к нулю, если не использовать высокотехнологичные изоляционные материалы. Правильная теплоизоляция зданий и сооружений позволяет проводить экономию как в зимнее время на обогрев, так и в летнее время – на охлаждение и кондиционирование (до 40 % всей электроэнергии).

Если использовать высокотехнологичные и качественные теплоизоляционные материалы, то можно уменьшать толщину ограждающих конструкций и, следовательно, повысить полезный объем помещений и снизить нагрузку на фундамент и основание сооружений.

Нельзя не учитывать и тот факт, что экономические соображения являются определяющими в современных строительных технологиях при выборе толщины стенки ограждающих конструкций. Поэтому приходится использовать различные предлагаемые на рынке специальные искусственные теплоизолирующие материалы, которые обладают своими достоинствами и недостатками.

Заметим также, что при использовании различных теплоизоляционных материалов необходимо наличие сертификата санитарно-эпидемиологического заключения и сертификата соответствия Техническому регламенту о требованиях пожарной безопасности.

Учитывая, что рынок насыщен различными теплоизолирующими материалами природного и искусственного происхождения, задача любого проектировщика или частного застройщика в выборе правильного теплоизоляционного решения при соблюдении существующих нормативов и собственных предпочтений является актуальной.

**Основные характеристики теплоизоляционных материалов.** Любое утепление предназначено для предотвращения тепловых потерь из обогреваемых изнутри конструкций, а также для задержки тепла извне при высоких температурах снаружи помещения. Поэтому необходимо индивидуально подходить к выбору теплоизоляционных материалов. В любом конкретном случае эффективность применения материалов для теплоизоляции будет зависеть от их теплофизических характеристик [3, 4]. К ним в первую очередь следует отнести влажность, пористость, паропроницаемость и максимальную температуру эксплуатации.

Все эти факторы влияют на главный качественный показатель – теплопроводность, который служит основным критерием при выборе. Она определяется количеством тепла, отданным 1 м<sup>2</sup> площади. В то же время, нельзя однозначно определиться с необходимым изделем. Следует выбирать, тот материал, у которого совпадает максимальное количество требуемых показателей. Одним из путей решения этого вопроса является создание недорогих многокомпонентных (многослойных) теплоизоляционных материалов.

В настоящее время основной характеристикой теплоизоляционных материалов является коэффициент теплопроводности  $\lambda$ , так как в сочетании с толщиной материала  $\delta$  он определяет величину термического сопротивления  $R_\lambda$  и коэффициента теплопередачи

$$k = \delta / \lambda. \quad (1)$$

Такой подход справедлив, если на свободных поверхностях в течение длительного времени поддерживаются стационарные граничные условия (неизменные температуры и условия теплообмена на поверхности).

Для теплоизоляции ограждающих конструкций на рынок поставляются слоистые теплоизоляционные материалы, так называемые «сэндвичи». Оценка эффективности их теплоизоляционных свойств проводится при стационарных условиях с учетом суммарного коэффициента теплопередачи.

Однако для реальных условий эксплуатации характерны нестационарные и стационарные граничные условия, когда температура и условия теплообмена на поверхности могут сильно изменяться в течение короткого времени. В этом случае эффективность передачи теплоты (теплоизоляции) и скорость изменения разницы температур между внешней и внутренней средой и будет зависеть от размеров объекта и от коэффициента температуропроводности  $a$ , зависящего не только от коэффициент теплопроводности  $\lambda$ , но и от плотности  $\rho$  и теплоемкости  $c$  стенки и внутренней среды

$$a = \lambda / \rho c. \quad (2)$$

Поэтому задача состоит в том, чтобы на основе имеющихся материалов обеспечить высокие теплоизоляционные свойства, прочность и долговечность теплоизоляции в условиях нестационарного тепломассообмена. Ниже приведен анализ влияния теплофизических параметров материала на скорость изменения температуры при нестационарной теплопередаче.

**Анализ применимости теплоизоляционных материалов для условий нестационарной теплопередачи.** Решение задач нестационарной теплопроводности в слоистых средах представляет определенные технические трудности. В общем случае для объемных тел она не решена до настоящего времени [5]. Однако многие практические задачи могут рассматриваться как одномерные, т. е. зависящие от одной координаты, определяющей объемную характеристику тела. Решения таких задач имеются в работах [6–10].

Скорость процесса теплопередачи в общем случае определяется решением уравнения теплопроводности Фурье при определенных начальных условиях, условиях сопряжения на границах раздела слоев и внешних граничных условиях. Решение, получаемое методом разделения переменных, как правило представляет сумму ряда по собственным функциям задачи. Тогда выражение для температуры любого слоя  $T_i(r, t)$   $n$ -компонентной системы имеет вид:

$$T_i(r, t) = \sum_{m=0}^{\infty} A_m F_{i,m}(\mu_{i,m} r) \exp(-\mu_{i,m}^2 a_i t), \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (3)$$

где  $A_m$ ,  $F_{i,m}(\mu_{i,m} r)$ ,  $r$ ,  $\mu_{i,m}$ ,  $t$ ,  $a_i$  – соответственно постоянные коэффициенты, собственные функции задачи, пространственная координата, собственные числа задачи, координата времени и коэффициент температуропроводности  $i$ -го слоя.

Решение вида (3) может быть преобразовано к виду:

$$T_i(r, t) = T_{y,i}(r) (1 - \exp(-\mu_i^2 a_i t)), \quad (4)$$

где  $T_{y,i}(r)$  – установившееся температурное поле в рассматриваемом слое.

Тогда скорость изменения температуры в слое будет равна:

$$T_i(r, t) / dt = \mu_i^2 a_i T_{y,i}(r) \exp(-\mu_i^2 a_i t). \quad (5)$$

Выражение (5) может быть представлено следующим образом:

$$\frac{T_i(r, t)}{dt} = T_{y,i}(r) (\exp(-t/\tau)) / \tau. \quad (6)$$

где  $\tau$  – постоянная времени процесса:

$$\tau = 1/\mu_i^2 a_i. \quad (7)$$

Заметим, что скорость изменения температуры в слое будет тем меньше, чем больше будет постоянная времени процесса  $\tau$ , или чем меньше коэффициент температуропроводности слоя  $a_i$ . Отсюда следует важный вывод о том, что при резкой смене внешних температур на поверхности объекта (стенки) определяющая роль отводится не коэффициенту теплопроводности  $\lambda_i$ , а коэффициенту температуропроводности слоя  $a_i$ , который согласно (2) зависит от коэффициента теплопроводности  $\lambda_i$ , плотности  $\rho_i$  и массовой теплоемкости  $c_i$  слоя.

Ниже в таблицах 1 и 2 приведены характеристики некоторых видов теплоизоляционных материалов [3, 4].

На рисунках 1 и 2 приведены номограммы расчетных значений коэффициента температуропроводности  $a_i$ , рассчитанные с учетом таблиц 1 и 2 по выражению (2).

**Таблица 1 – Теплофизические характеристики некоторых видов теплоизоляционных материалов**

Изоляция	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Теплопроводность, Вт/м °С	Теплоемкость, Дж/кг·°С
Газобетон	500	0,14	1000
Керамзитобетон	800	0,35	840
Железобетон	2500	2,04	840
Полнотелый кирпич	1800	0,81	880
Пустотелый кирпич	1000	0,44	880
Полнотелый силикат	1800	0,87	880
Дерево	500	0,18	2300
Минеральная вата	150	0,045	840
Пенополистирол	35	0,028	1340

Представленные данные свидетельствуют, что наименьшая температуропроводность у таких материалов, как дерево и композитные материалы на основе дерева. Из искусственных материалов ближе к ним можно отнести пенополиуретан. Таким образом, для условий нестационарного теплообмена на внешних ограждающих поверхностях эти материалы подходят лучше всего.

**Таблица 2 – Теплофизические характеристики некоторых видов теплоизоляционных материалов**

Изоляция	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Теплопроводность, Вт/м °С	Теплоемкость, Дж/кг·°С
Древесноволокнистая плита	160	0,04	1800
Щепа	90	0,055	2520
Пробка дробленая	100	0,045	1512
Целлюлозная вата	70	0,045	2160
Целлюлозная вата	55	0,04	2160
Пенополиуретан	30	0,03	1560
Перлит вспученный	90	0,05	800
Шерсть овечья	20	0,04	1800
Полистирол	20	0,04	1440
Полиэфирные волокна	15	0,045	480
Хлопок	25	0,04	576
Минеральная вата	18	0,04	1200
Сталь углеродистая	7800	29,1	690

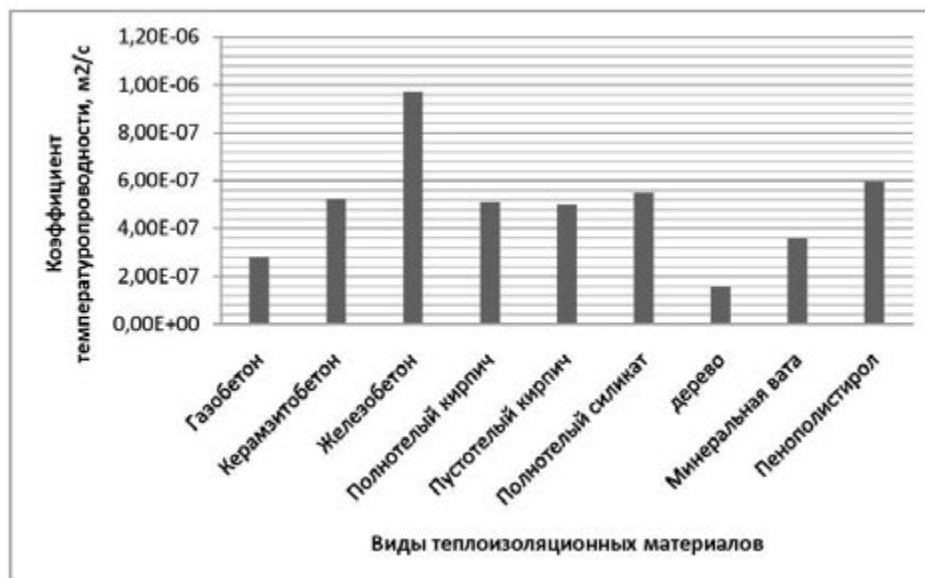


Рисунок 1 – Коэффициент температуропроводности (рассчитано по данным таблицы 1)

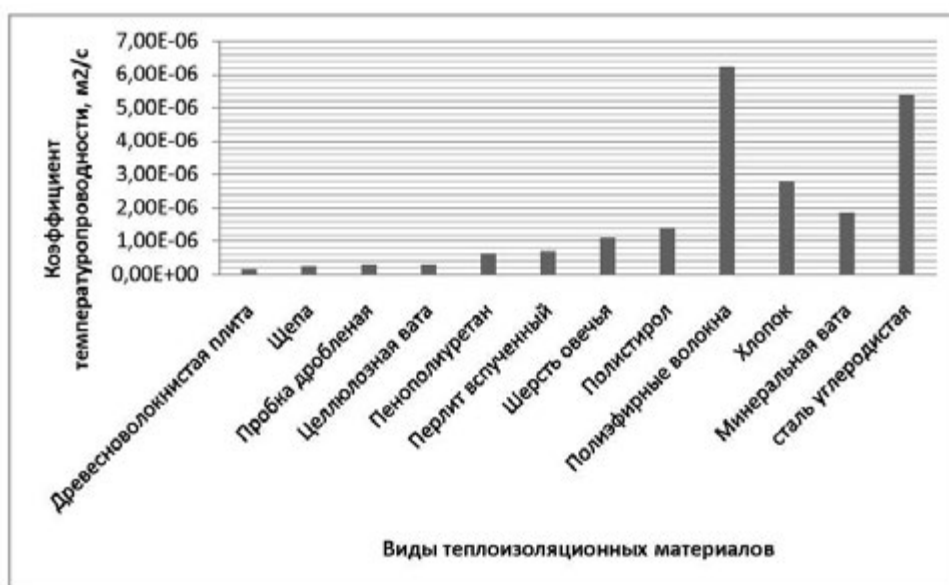


Рисунок 2 – Коэффициент температуропроводности (рассчитано по данным таблицы 2)

**Выводы.** В современном мире рост потребления различных видов энергии опережает рост генерирующих тепловых и электрических мощностей. Следовательно, необходимость экономии энергоресурсов актуальна практически во всех сферах человеческой деятельности. Энергосбережение можно планировать, как на стадии создания объектов и производств, а также в процессе повседневной эксплуатации и за счет реконструкции введенных в эксплуатацию зданий и сооружений.

Любое утепление предназначено для предотвращения тепловых потерь из обогреваемых изнутри конструкций, а также для задержки тепла извне при высоких температурах снаружи помещения. Поэтому необходимо индивидуально подходить к выбору теплоизоляционных материалов. В любом конкретном случае эффективность применения материалов для теплоизоляции будет зависеть от их теплофизических характеристик.

В настоящее время на рынок поставляются слоистые теплоизоляционные материалы, так называемые «сэндвичи». Однако оценка эффективности их теплоизоляционных свойств проводится при стационарных условиях с учетом суммарного коэффициента теплопередачи.

В результате анализа установлено, что скорость изменения температуры в слое будет тем меньше, чем больше будет постоянная времени процесса  $\tau$ , или чем меньше коэффициент температуропроводности слоя  $a_i$ . Отсюда следует важный вывод о том, что при резкой смене внешних температур на поверхности объекта (стенки) определяющая роль отводится не коэффициенту теплопроводности  $\lambda_i$ , а коэффициенту температуропроводности слоя  $a_i$ , который зависит от коэффициента теплопроводности  $\lambda_i$ , плотности  $\rho_i$  и массовой теплоемкости слоя. Согласно полученным результатам, можно заключить, что наименьшая температуропроводность у таких материалов, как дерево и композитные материалы на основе дерева. Из искусственных материалов ближе к ним пенополиуретан. Таким образом, для условий нестационарного теплообмена на внешних ограждающих поверхностях эти материалы подходят лучше всего.

#### Список литературы:

1. Литвинюк, Н. Ю. Энергосбережение на предприятиях АПК / Н. Ю. Литвинюк, В. В. Касаткин, Ф. М. Бурлакова, М. В. Свалова // В сборнике: Инновационное развитие АПК. Итоги и перспективы: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА 2007. – С. 76–80.
2. Шумилова, И. Ш. Методы оценки эффективности мер по энергосбережению / И. Ш. Шумилова, В. В. Касаткин, И. Г. Поспелова, Н. И. Собин // Современные проблемы аграрной науки и пути их решения Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2005. – С. 591–594.
3. Горелик, П. И. Современные теплоизоляционные материалы и особенности их применения / П. И. Горелик, Ю. С. Золотова // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2014. – № 3 (18). – С.93–103.
4. Гуров, А.В. Измерение теплофизических свойств материалов методом плоского «мгновенного» источника теплоты: монография / А. В. Гуров,



С. В. Пономарев; под науч. Ред. С. В. Пономарева. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 100 с.

5. Карташов, Э. М. Аналитические методы в теории теплопроводности твердых тел / Э. М. Карташов. Учеб. пособие. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2001. 550 с.: ил.

6. Вендин, С. В. К расчету нестационарной теплопроводности в многослойных объектах при граничных условиях третьего рода / С. В. Вендин // ИФЖ, 1993. – Т.65, № 2. – С.249–251.

7. Вендин, С. В. К решению некоторых краевых задач нестационарной теплопроводности в слоистых средах методом разделения переменных / С. В. Вендин // Актуальные проблемы сушки и термовлажностной обработки материалов в различных отраслях промышленности и агропромышленном комплексе сборник научных статей Первых Международных Лыковских научных чтений, посвящённых 105-летию академика А. В. Лыкова. – Курск, 2015. – С. 78–80.

8. Vendin, S. V. Calculation of nonstationary heat conduction in multilayer objects with boundary conditions of the third kind / S. V. Vendin // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 1993. – Т. 65. – № 2. – С. 823.

9. Вендин, С. В. К решению задач нестационарной теплопроводности в слоистых средах / С. В. Вендин, И. А. Щербинин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2016. – № 3. – С. 96–99.

10. Vendin, S. On the Solution of Problems of Transient Heat Conduction in Layered Media / S. Vendin// International Journal of Environmental and Science Education. – 2016. – V. 11. N. 18. – p.12253–12258.

УДК 331.45:001.89

**С. П. Игнатьев**

*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **ТЕХНОЛОГИЯ ЭКСТРУДИРОВАНИЯ ВЛАЖНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ**

Предложено технологическое решение, направленное на решение актуальной проблемы птицеводческих предприятий, а именно утилизации помета. Проанализированы технологии переработки помета в удобрение. Предложено объединить процессы сорбционной сушки, высокотемпературной экструзии и вакуумной сушки при производстве сухого гранулированного удобрения из помета.

Одна из актуальных проблем на животноводческих предприятиях – это утилизация навоза/помета [1]. Зачастую птичий помет накапливается вблизи птицефабрик в помехохранилищах, где выдерживается определенное время с целью обеспечения процесса компостирования, а затем вывозится на поля и разбрасывается с последующей заделкой в почву.

При использовании описанной технологии не исключено загрязнение окружающей среды [2], а при транспортировке на расстояния более 10 км затраты на внесение в почву такого удобрения не окупаются прибавкой урожайности.

Современные технологии подготовки органических удобрений к внесению позволяют получать гранулированную продукцию. Использование органических удобрений в гранулированной форме позволяет снизить транспортные расходы, облегчает внесение органики в почву, упрощает расчет дозировки.

Одним из способов получения гранул с одновременным обеззараживанием помета является высокотемпературная экструзия. В виду избыточной влажности помета данная обработка невозможна. Для решения этой проблемы предлагается выполнять обезвоживание поступающего на переработку материала за счет ранее обработанного помета, имеющего пониженную влажность [3], то есть за счет его рекуперации.

Целью исследования является изучение процесса снижения влажности помета, перед его гранулированием методом экструзии, с использованием рекуперации.

Задачи исследований:

- изучить различные технологии переработки и утилизации помета;
- обосновать потребность в рекуперации помета.

При утилизации и переработке помета используются биологические и физические способы [4]. Биологический способ осуществляется компостированием, анаэробной ферментацией, переработкой при помощи вермикультуры и муссакультуры. Физический способ осуществляется механическим обезвоживанием, сушкой (термической, вакуумной) и гранулированием.

Компостирование осуществляется в буртах высотой 2...4 м, в которых под воздействием микроорганизмов-аэробов органические вещества постепенно разлагаются [5].

Анаэробная ферментация осуществляется в метантенке без доступа воздуха, в котором поддерживается определенная температура и влажность субстрата. В результате деятельности анаэробных микроорганизмов можно получать не только удобрение, но и биогаз [6].

Вермикомпостирование основано на переработке помета с помощью калифорнийского червя [7].

Выращивание на органическом субстрате личинок мух «мускакультуры» позволяет получать из помета биогуmus.

Механическое обезвоживание осуществляется прессованием или центрифугированием. Для интенсификации сушки и сохранения полезных элементов в органическом удобрении может быть использован вакуум.

Термическая сушка птичьего помета в сушильных установках делает его удобным для транспортирования, длительного хранения. Термическая обработка помета уничтожает патогенные микроорганизмы и доводит его практически до стерильной чистоты. Однако в настоящее время многие птицефабрики не имеют возможности использовать этот энергоемкий способ.

Вакуумная сушка помета может быть использована при производстве сухого помета, поступающего из клеточных батарей. Разумеется, затраты на получение сухого помета будут тем меньше, чем ниже влажность пометной массы. Следует отметить, что при производстве вакуумных сушилок в основе лежит непрерывный экологически безопасный одностадийный технологический процесс сушки, позволяющий обеспечивать обработку помета в режиме шадящих температур с сохранением полезных элементов в органическом удобрении.

Сорбционная сушка – это один из методов переработки птичьего помета, который включает в себя уменьшение влажности исходного продукта путем добавления в него сорбента, имеющего более низкую влажность.

При гранулировании помета гранулы формируются сухим или влажным способом с последующим досушиванием.

В матричных грануляторах, при влажном способе получения гранул, осуществляется дозированная подача, захватывание смеси в зазоре матрицы и роллера, сжатие ее в суживающемся пространстве, проталкивание материала вдоль матричного канала, разделение на отдельные гранулы.

Экструзия, при сухом способе получения гранул, включает в себя несколько процессов: температурная обработка под давлением до 40 атмосфер, механохимическое деформирование и «взрыв» продукта при выходе гранул из матрицы экструдера. Достижение требуемой влажности для осуществления высокотемпературной экструзии возможно при предварительной сушке или смешивании с наполнителем, имеющем пониженную влажность.

Проведенный сравнительный анализ технологий переработки и утилизации помета показал, что эффективность обработки макси-

мальна при высокотемпературной экструзии и сушке. Слабой стороной технологии сухого способа получения гранул из помета методом экструзии является то, что осуществление химического преобразования и термического обеззараживания невозможно без снижения влажности сырья [8].

Интересное решение предложено в патенте экструдера с вакуумной камерой [9]. В предлагаемом устройстве исходное сырье направляется в шнековую часть экструдера. Захваченный шнеком продукт последовательно проходит зоны прессования и дозирования машины, а затем выводится через фильеру матрицы в вакуумную камеру. В условиях быстрого перехода экструдата из области высоких давлений в условия пониженного давления, происходит декомпрессионный взрыв: вода, находящаяся в продукте, переходит в парообразное состояние.

Недостатком предложенного способа для гранулирования является то, что технологический процесс невозможен без снижения влажности исходного продукта до 30 %.

Для решения данной проблемы на начальном этапе переработки помета предлагается смешивать исходное сырье с сорбирующим материалом, в качестве которого в период запуска линии может быть использована солома, торф или отходы деревообработки. В период установившихся режимов работы линии осуществлять рекуперацию помета, то есть в качестве сорбента использовать часть сухого помета на выходе с технологической линии, гранулированный помет, не реализованный в установленные сроки или пылевидные частицы, уловленные системами очистки производственного воздуха. Блок-схема предложенного способа переработки помета представлена на рисунке 1 [10].

Схема установки для переработки помета приведена на рисунке 2 [10]. Первым этапом переработки помета является сорбционная сушка. Подача сорбента осуществляется дозирующим устройством 1. Объем поступающей в установку дозы регулируется исходя из влажности материала. При помощи шнекового устройства 2 помет поступает в рабочую камеру, в которой при помощи мешалки 3 происходит интенсивное смешивание сорбента с пометом. Начавшийся в блоке сорбционной сушки процесс влагопереноса между сорбирующим материалом и пометом завершается в экструдере, где произойдет механическое перемалывание за счет трения, высокотемпературное воздействие при высоком давлении. При продавливании обрабатываемого продукта шнеком 4 через фильеру экструдера 5 осуществится резкий сброс давления, что приведет к взрывному испарению воды и снижению влажности готового продукта. Для интенсификации процесса экструзионного обезвоживания взрывное испарение будет выполняться

ся в вакуумной камере. Пониженное давление в вакуумной камере будет обеспечиваться конденсатором 7 и вакуумным насосом 8.

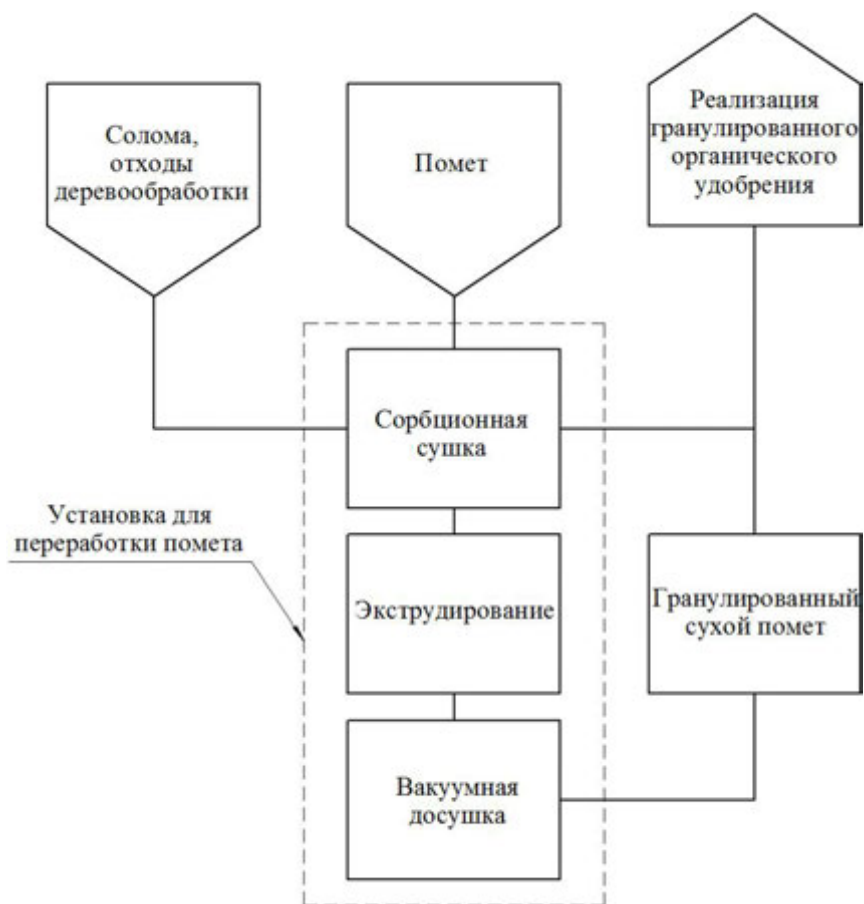


Рисунок 1 – Блок-схема технологического решения

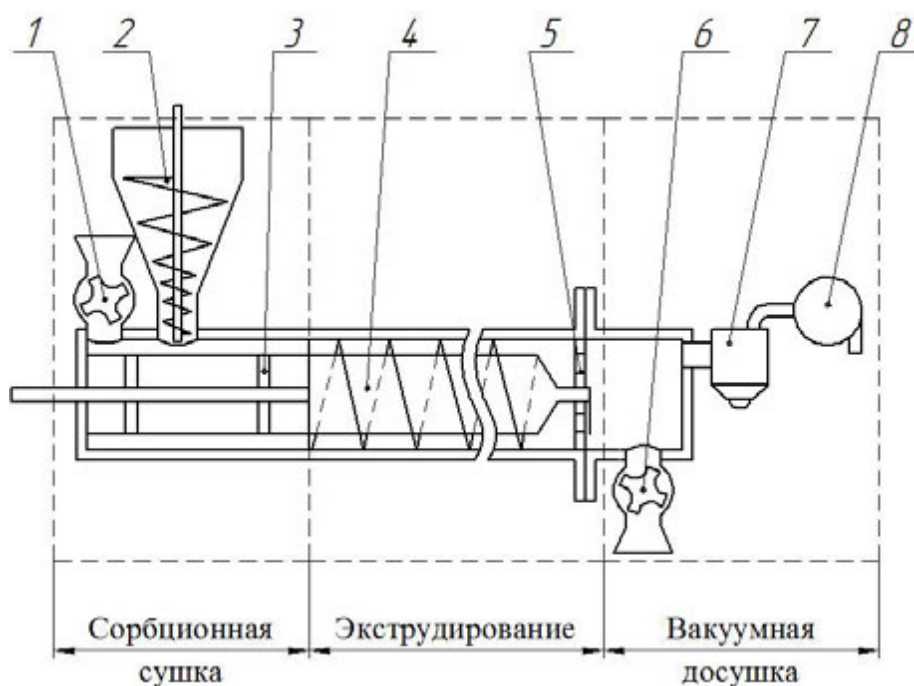


Рисунок 2 – Схема установки для переработки помета

Применение представленного технологического решения позволит устранить зависимость производства от поставщиков сорбирующего материала и уменьшить загруженность складов готовой продукцией в сезоны, когда востребованность в гранулированном органическом удобрении низкая. Переработка в экструдере позволит создать более экологичный продукт и снизить затраты на утилизацию, так как в процессе переработки помета с использованием экструдера, а именно под воздействием высокой температуры и давления, исходный влажный продукт превращается в продукт с минимальной влажностью, позволяющий использовать его в дальнейшем для удобрения сельскохозяйственных земель. В связи с этим облегчается вовлечение помета в производство товарной продукции, что улучшает экологическую ситуацию вблизи птицеводческих предприятий.

### Список литературы

1. Файзуллин, М. И. Регрессионный анализ исследования процесса закрытого компостирования подстилочного навоза методом искусственной аэрации / М. И. Файзуллин, А. Г. Иванов, Ю. Г. Корепанов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 2. – С. 198–203.
2. Лабораторные исследования навоза в ходе аэробного компостирования / М. И. Файзуллин [и др.]. – (Сельскохозяйственные науки) // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 1 (57). – С. 32–42.
3. Игнатьев, С. П. Сорбционная сушка – первый этап переработки птичьего помета / С. П. Игнатьев // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: материалы Международной научно-практической конференции: в 3 т. / ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – Ижевск, 2018. – Т. 2. – С. 133–137.
4. Игнатьев, С. П. Экструдирование помета / С. П. Игнатьев // Сельский механизатор. – 2019. – № 8. – С. 20 – 21.
5. Исследование процесса закрытого компостирования подстилочного навоза методом искусственной аэрации / А. Г. Иванов, М. И. Файзуллин, Р. Р. Шакиров [и др.] // АГРОЭКОИНФО. – 2019. – № 2. – С. 27.
6. Игнатьев, С. П. Органические отходы – источник дополнительного вида топлива / С. П. Игнатьев, А. Г. Ларионова // АвтоГазоЗаправочный комплекс + Альтернативное топливо. – 2009. – № 5 (47). – С. 30–33.
7. Обоснование технологической схемы линии переработки помета в удобрение / В. В. Касаткин [и др.] // Вестник Ижевской ГСХА. – 2010. – № 2 (23). – С. 70–73.
8. Игнатьев, С. П. Синтез технологий переработки помета / С. П. Игнатьев // Аспекты безопасности жизнедеятельности и медицины: материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные направления ин-



новационного развития животноводства и современных технологий продуктов питания, медицины и техники» –2017. – С. 140–142.

9. RU 2561934 МПК: А23Р1/12; В29С47/38 Экструдер с вакуумной камерой / Р. В. Шабанов [и др.]. – № 2014125348/13, заявлено 23.06.2014

10. Патент 193201 Российская Федерация, МПК А23Р 10/25. Экструдер для переработки влажной массы в виде птичьего помета или навоза: № 2019113281: заявл. 29.04.2019: опубл. 16.10.2019 / Игнатъев С.П.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 6 с.: ил.

УДК 331.45:001.89

**С. П. Игнатъев, А. В. Храмешин, А. А. Мякишев**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Проведен анализ вредных и опасных производственных факторов при проведении научных исследований по специальности «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» с целью разработки мер, направленных на снижение риска получения травм и развития заболеваний при проведении исследований. Проведенный графический анализ показал, что с более широким спектром опасностей исследователь сталкивается при проведении полевых и производственных испытаний. Предложены мероприятия, повышающие безопасность проведения научных исследований.

Обеспечение безопасности научных исследований требует максимальной однозначности. Приоритетные направления развития аграрной науки и научного обеспечения АПК России направлены не только на развитие аграрного комплекса страны, но и включают вопросы обеспечения безопасности [1]. В соответствии с ГОСТ 12.0.002-2014 безопасность – это обеспечение состояния объекта или процесса, при котором отсутствует недопустимый риск, связанный с возможностью причинения вреда. Оценка профессиональных рисков, т. е. определение вероятности причинения вреда здоровью работников в результате воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов. В настоящее время является актуальным вопросом [2].

При проведении научных изысканий в сфере сельского хозяйства исследователи сталкиваются с перечнем опасностей, которые охватывают трудовые функции многих работников. Например, при проведении изысканий по научной специальности «Технологии

и средства механизации сельского хозяйства» исследователь работает как проектировщик, изготовитель экспериментальных образцов и работник, осуществляющий их эксплуатацию. Опасные и вредные производственные факторы (ОВПФ), воздействующие при этом на работника, имеют очень широкий спектр действия.

Своевременно устранять возникающую опасность возможно в случае адекватных методов, направленных на борьбу с ней. Выработка таких методов немыслима без подробного и всеобъемлющего изучения причин, ее порождающих [3, 12].

**Целью** исследований является снижения риска получения травм и развития заболеваний при проведении научных исследований по специальности «Технологии и средства механизации сельского хозяйства».

**Задачи** исследований:

- анализ опасных и вредных производственных факторов;
- выявление моментов, повышающих вероятность травматизма и развития заболеваемости;
- разработка рекомендаций, повышающих безопасность проведения научных исследований.

**Предметом исследований** являются вредные и опасные производственные факторы, с которыми взаимодействуют исследователи.

При проведении научных исследований должна быть обеспечена безопасная эксплуатация производственных зданий, сооружений, машин, инструментов, оборудования, безопасность производственных процессов, сырья и материалов.

Классификация ОВПФ представлена в ГОСТ 12.0.003-2015. Информация о факторах, негативно влияющих на исследователей, сведена в таблицу 1.

Таблица 1 – Сводная таблица ОВПФ воздействующих на работника при проведении исследований по специальности «Технологии и средства механизации сельского хозяйства».

Признак/ группа ОВПФ	Условное обозначение	Физические ОВПФ	
		Признак/ группа ОВПФ	Условное обозначение
по характеру обнаружения	ХО	связанные с силами и энергией механического движения	ПВ.Ф.1
на обнаруживаемые органолептически	ХО.О	падение объектов на исследователя	ПВ.Ф.1(1)
не обнаруживаемые органолептически	ХО.Н	падение исследователя	ПВ.Ф.1(2)
		падение исследователя с высоты	ПВ.Ф.1(3)

Признак/ группа ОВПФ	Условное обозначение	Физические ОВПФ	
		Признак/ группа ОВПФ	Условное обозначение
по источнику происхождения	ИП	части твердых объектов, при воздействии на исследователя приводящие к механическим травмам	ПВ.Ф.1(4)
природные	ИП.П	струи жидкости, воздействующие на исследователя	ПВ.Ф.1(5)
технические	ИП.Т	твердые объекты, о которые может удариться исследователь	ПВ.Ф.1(6)
по природе воздействия	ПВ	движущиеся объекты, наносящие удар по телу исследователя	ПВ.Ф.1(7)
физическая природа	ПВ.Ф	чрезмерно высокие/низкие температуры объектов	ПВ.Ф.2
химическая природа	ПВ.Х	аномальные микроклиматические параметры	ПВ.Ф.3
биологическая природа	ПВ.Б	электрический ток	ПВ.Ф.4
		механические колебания твердых тел	ПВ.Ф.5
Химические ОВПФ (примеры)		общая вибрация	ПВ.Ф.5(1)
оксид углерода	ПВ.Х.СО	локальная вибрация	ПВ.Ф.5(2)
сварочный аэрозоль	ПВ.Х.Св/А	связанные со световой средой	ПВ.Ф.6
Биологические ОВПФ		отсутствие или недостаток освещения	ПВ.Ф.6(1)
возбудители инфекционных заболеваний	ПВ.Б.1	слепящий свет	ПВ.Ф.6(2)
		пониженная контрастность	ПВ.Ф.6(3)
макроорганизмы животного мира	ПВ.Б.2	пульсация света	ПВ.Ф.6(4)
макроорганизмы растительного мира	ПВ.Б.3	акустические колебания в производственной среде	ПВ.Ф.7

Проведем графический анализ ОВПФ воздействующих на работников при проведении научных исследований по специальности «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» на каждом этапе деятельности, начиная с анализа состояния вопроса и завершая обработкой полученных результатов.

Проведение анализа состояния вопроса исследования и проектная деятельность осуществляется, как правило, при использовании компьютера.

Схема воздействия ОВПФ на пользователя компьютера представлена на рисунке 1.

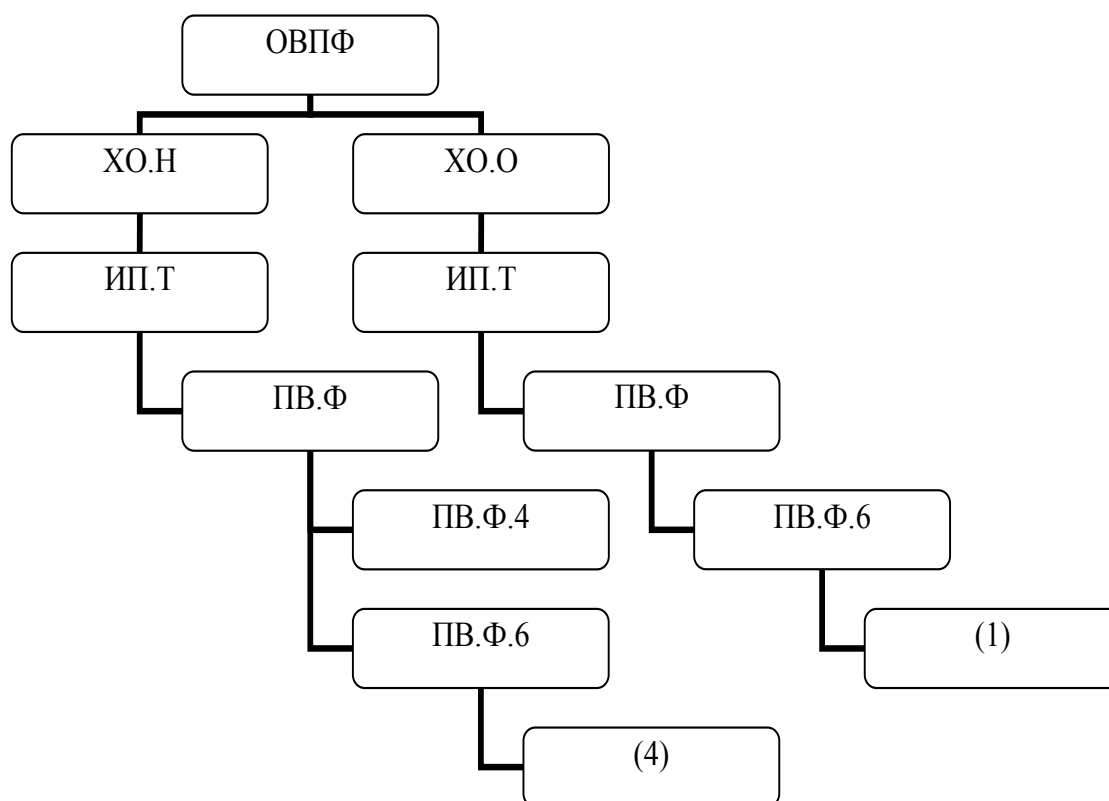


Рисунок 1 – Схема воздействия ОВПФ на пользователя компьютера

При изготовлении экспериментальных установок разработчик взаимодействует с оборудованием и инструментами для металлообработки, перемещает тяжелые элементы конструкций. Работы выполняются преимущественно в помещениях, влияние природных факторов минимально. В связи с этим в схеме воздействия ОВПФ при изготовлении экспериментальной установки, представленной на рисунке 2, факторы природного происхождения не приводятся.

При проведении полевых и производственных испытаний исследователь помимо ОВПФ техногенного происхождения взаимодействует с факторами природного происхождения. На исследователя кроме ранее рассмотренных факторов физического и химического происхождения воздействуют биологические факторы.

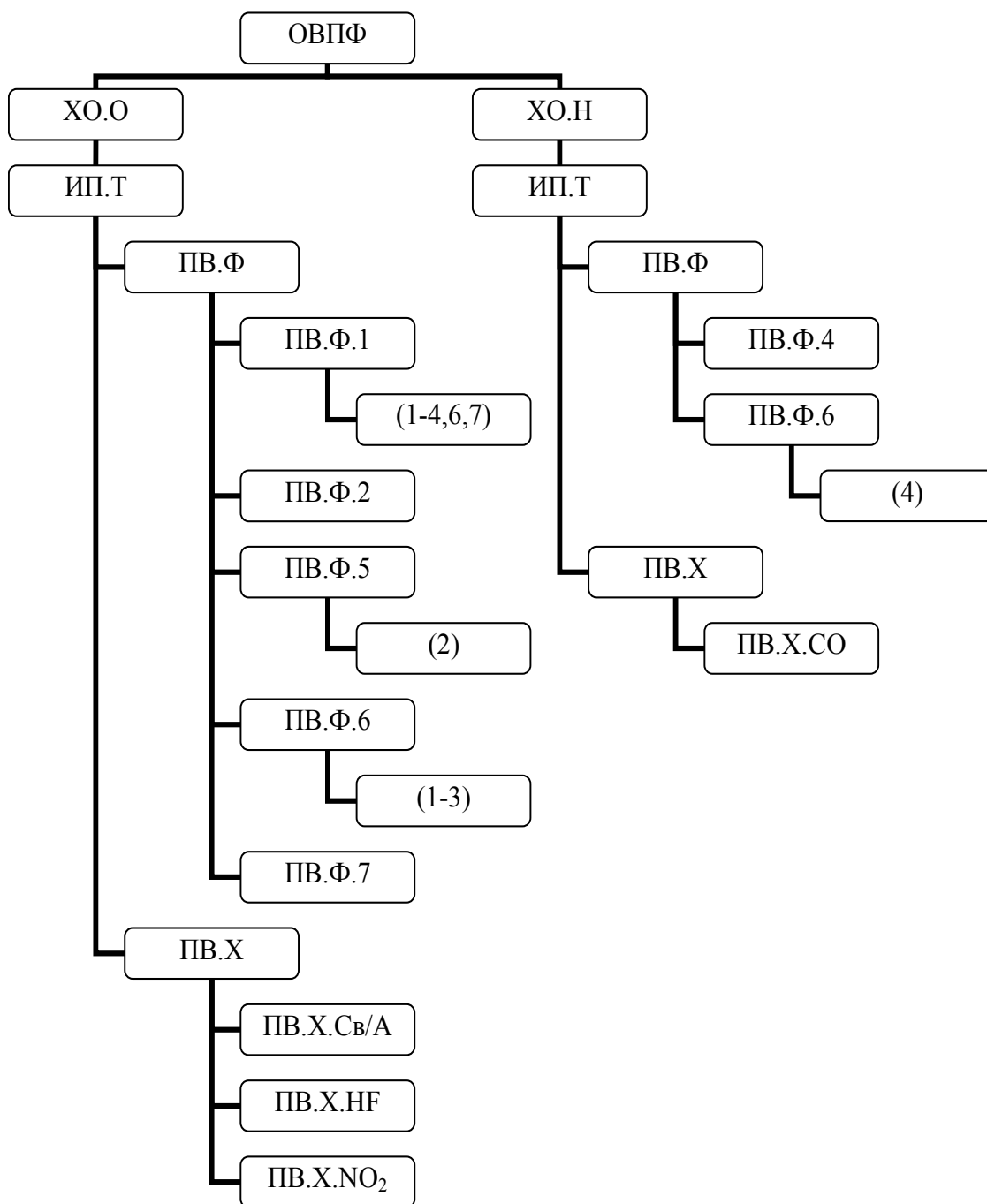


Рисунок 2 – Схема воздействия ОВПФ при изготовлении экспериментальной установки:

ПВ.Х.HF – фтористый водород; ПВ.Х.NO<sub>2</sub> – диоксид азота

Анализируя структуру ОВПФ при проведении теоретических исследований и проектной деятельности, производственной деятельности по изготовлению экспериментальных образцов и проведения исследований в полевых и производственных условиях

Схема воздействия ОВПФ при полевых испытаниях представлена на рисунке 3.

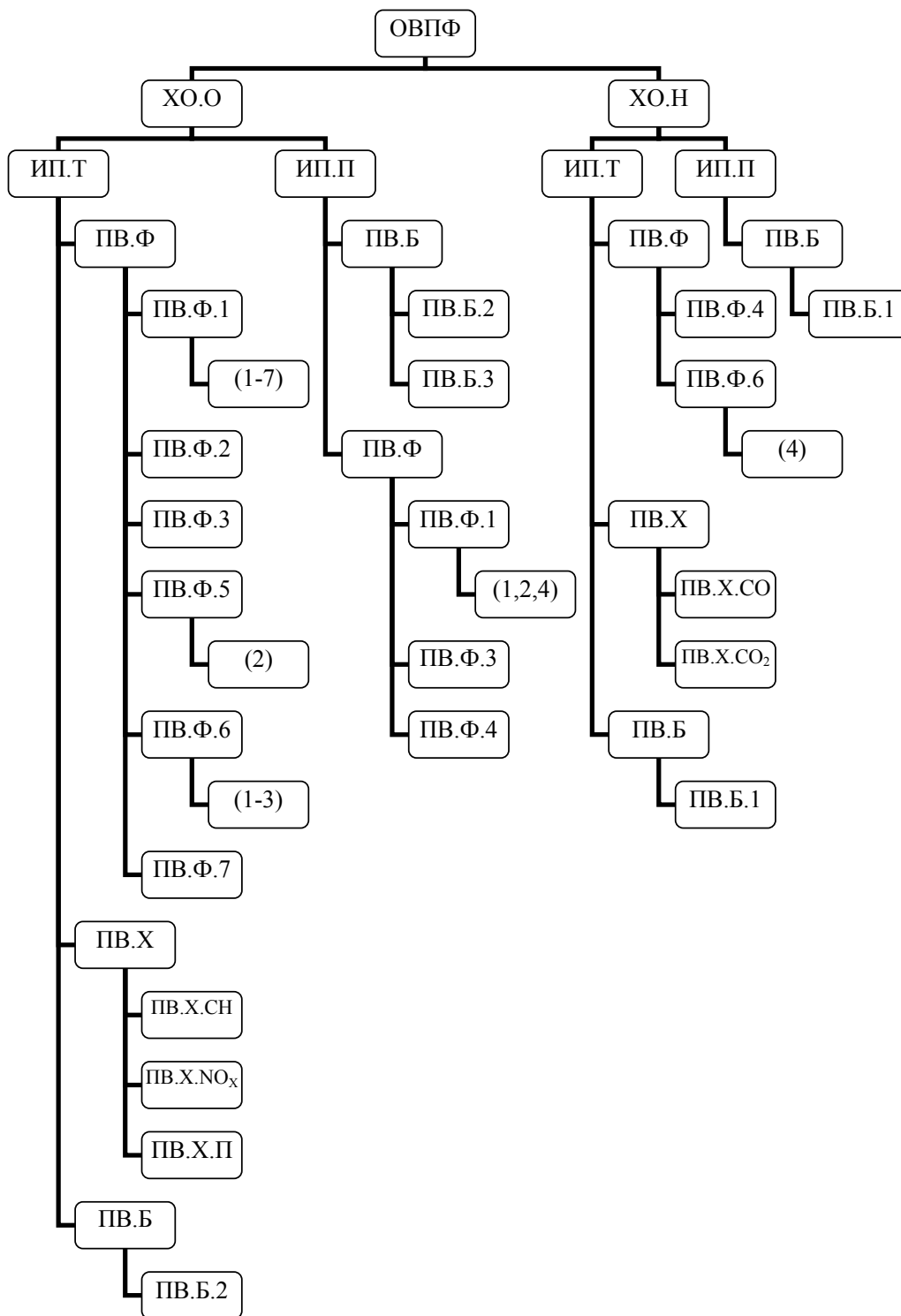


Рисунок 3 – Схема воздействия ОВПФ при полевых и производственных испытаниях:

ПВ.Х.СН – газообразные углеводороды; ПВ.Х.НО<sub>x</sub> – окислы азота;  
 ПВ.Х.П – минеральная и органическая пыль

Для обеспечения безопасности при организации и проведении научных исследований должно быть обеспечено выполнение следующих мероприятий:



- прогнозирование проявления опасностей и условий, при которых они могут воздействовать на работников [4] и включение этих вопросов в методику проведения экспериментов;
- применение ограждений опасных зон, эффективных предохранительных устройств, использование блокировочных устройств [1, 4, 5, 13, 11, 14];
- использование в окраске изделий сигнальных цветов в соответствии с требованиями ГОСТ, нанесение на изготавливаемую конструкцию предупреждающих надписей и знаков [1, 4, 5, 11, 14];
- обеспечение надлежащей герметизации технологического оборудования [8];
- устранение непосредственных контактов исследователей с исходными материалами, полуфабрикатами и отходами производства, оказывающими вредное воздействие [5];
- использование дистанционного управления;
- создание безопасных условий труда (снижение опасных и вредных производственных факторов до нормативных величин; нормализация освещения и микроклимата в помещениях [6]; эффективная вентиляция производственных помещений и др.) [7];
- использование эффективных средств коллективной защиты;
- совершенствование методов организации труда [8, 9] (качественное обучение и аттестация работников, проведение инструктажей по охране труда; эффективный распорядок режимов труда и отдыха; разработка планов профилактики производственного травматизма и ликвидации аварийных ситуаций [10] и др.);
- использование в производственной и экспериментальной деятельности сертифицированных средств индивидуальной защиты.

### **Список литературы**

1. Мякишев, А. А. Производственный травматизм в агропромышленном комплексе Удмуртской Республики / А. А. Мякишев, С. П. Игнатъев, М. В. Павлова. – (Экономические науки) // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: материалы Международной научно-практической конференции, 12–15 февраля 2019 года, г. Ижевск : в 3 т. / ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – Ижевск, 2019. – Т. 1. – С. 239–242.
2. Игнатъев, С. П. Управление профессиональными рисками при вхождении в ВТО / С. П. Игнатъев // Инновационному развитию АПК и аграрному образованию – научное обеспечение : материалы Всероссийской научно-практической конференции (Ижевск, 14–17 февр. 2012 г.) / ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. – Ижевск, 2012. – Т. 2. – С. 200–203.
3. Мякишев, А. А. Оценка условий труда на рабочих местах в сельскохозяйственных предприятиях / А. А. Мякишев, С. Н. Тюбина // Инновационно-

му развитию АПК и аграрному образованию – научное обеспечение: материалы Всероссийской научно-практической конференции (Ижевск, 14–17 февр. 2012 г.) / ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. – Ижевск, 2012. – Т. 2. – С. 225–226.

4. Игнатъев, С. П. Алгоритм определения вероятности возникновения пожара (взрыва) / С. П. Игнатъев // Аграрная наука – инновационному развитию АПК в современных условиях : материалы Международной научно-практической конференции, 12–15 февраля / ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. – Ижевск, 2013. – Т. II. – С. 163–167.

5. Арсланов, Ф. Р. Выбор технологии и оборудования при переработке картофеля / Ф. Р. Арсланов, Л. Я. Лебедев, А. В. Храмешин – Ижевск: ОАО Ижевский электромеханический завод «Купол», 2006. – 150 с.

6. Игнатъев, С. П. Влияние фактора холода на умственную деятельность / С. П. Игнатъев, З. М. Хаертдинова // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: материалы Международной научно-практической конференции. (12–15 февраля 2019 г.) / ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – Ижевск, 2019. – С. 203–207.

7. Мякишев, А. А. Специальная оценка условий труда в сельскохозяйственном производстве / А. А. Мякишев, С. Н. Тюбина // Наука, инновации и образование в современном АПК : материалы Международной научно-практической конференции, 11–14 февраля 2014 г. / ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. – Ижевск, 2014. – Т. II. – С. 107–109.

8. Мякишев, А. А. Повышение безопасности труда работника путем проведения аттестации рабочих мест / А. А. Мякишев // Научное обеспечение реализации национальных проектов в сельском хозяйстве : материалы Всерос. науч.-практ. конф., 28.02–03.03. 2006 г. / ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. – Ижевск, 2006. – Т. 3. – С. 229–231.

9. Игнатъев, С. П. Повышение безопасности изготавливаемой сельскохозяйственной техники / С. П. Игнатъев // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 3 (44). – С. 7–14.

10. Игнатъев, С. П. Аппаратурное обеспечение пожарной безопасности биогазовых установок / С. П. Игнатъев // Научное обеспечение развития АПК в современных условиях : материалы Всерос. науч.-практ. конф. (15–18 февр. 2011 г.) / ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. – Ижевск, 2011. – Т. 3. – С. 22–25.

11. Мякишев, А. А. Улучшение условий труда путем повышения безопасности сельскохозяйственной техники / А. А. Мякишев. – (Секция механизации и электрификации сельского хозяйства) // Молодые ученые в XXI веке : материалы Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов, 16–17 нояб. 2004 г. / ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. – Ижевск, 2005. – Т. 2. – С. 229–231.

12. Игнатъев, С. П. Рекомендации по приведению конструкции копателя-сборщика картофеля КСК-2М в соответствии с требованиями ГОСТ Р 53489-2009 / С. П. Игнатъев, Е. В. Кузнецова // Теория и практика – устойчивому развитию агропромышленного комплекса : материалы Всероссийской научно-

практической конференции, 17–20 февраля 2015 г. / ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. – Ижевск, 2015. – Т. 2. – С. 165–167.

13. Веретенникова, Ю. Г. Повышение безопасности универсальной машины для производства компоста «СКИБЕР» / Ю. Г. Веретенникова ; науч. рук. С. П. Игнатъев. – // Научные труды студентов Ижевской ГСХА : сборник статей / учредитель ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия». – Ижевск, 2016. – № 2 (3). – С. 150–151.

14. Храмешин, А. В., Совершенствование технологий переработки картофеля/ А. В. Храмешин, Л. Я. Лебедев, Ф. Р. Арсланов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – № 6. – С. 17–19.

УДК 614.8

**С. П. Игнатъев, А. В. Храмешин, Р. А. Храмешин**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ ПРИ ПРОВЕРКЕ ЗНАНИЙ В СФЕРЕ БЕЗОПАСНОСТИ**

Описаны инновации в учебном процессе, осуществляемом на кафедре «Безопасность жизнедеятельности». Рассмотрены вопросы организации контроля и самоконтроля, усвоения теоретического материала, практических навыков и умений, основные проблемные моменты, факторы, приводящие к заинтересованности и мотивации изучения материала в различных формах, в том числе в виде самостоятельной работы обучающихся. Проанализированы результаты.

В настоящее время ведущим методом педагогической работы становится комплексный подход к формированию устойчивых знаний и практических умений студентов. Важную роль в этом процессе имеет постоянный контроль усвоения учебной информации и за сформированными практическими умениями, позволяющими оценить степень применения теоретических знаний в практической деятельности.

В настоящее время становится распространенным средством контроля усвоения теоретических знаний проведение тестирования [1, 2, 3], в том числе и дистанционного [4]. Одна из самых популярных в мире систем управления дистанционным обучением, предлагающая огромное количество возможностей для созданий и распространения учебных материалов, оценивания учащихся, а также взаимодействия между учащимися и преподавателем – это система Moodle. В Ижевской ГСХА данная система широко используется при подготовке студентов по направлениям «Техносферная безопасность» [5] и «Агроин-

женерия» [6, 7, 8]. Указанная система дистанционного обучения позволяет уйти от проверки знаний только с использованием тестов, реализуя возможности интерактивного обучения, например, организовав электронный семинар. При реализации данной возможности студенты выступают не только в качестве автора сообщения, но и в качестве проверяющего работы одногруппников. В этом случае у преподавателя появляется возможность оценивать студента не только как автора работы, но и как рецензента. В этом реализуется инновационность при проверке знаний студентов в сфере безопасности.

Другая возможность привлечения студентов в активный процесс проверки знаний осуществляется при проведении деловых игр [9] и при выполнении групповых лабораторных работ в условиях, имитирующих производственную деятельность [10]. Проверка навыков студентов также осуществляется при использовании специализированных программ по расчету пожарного риска Fenix+2 [11] и специализированного оборудования для проверки навыков проведения сердечно-легочной реанимации.

Новые подходы при проверке знаний в сфере безопасности были реализованы и при проведении форума «Безопасность жизнедеятельности» с приглашением школьников городских и сельских школ Удмуртии и студентов техникумов. Форум представлял собой дискуссионную площадку, мастер-классы и состязания, предусматривающие выполнение конкретных заданий с последующей оценкой качества выполнения, времени, затрачиваемого участниками на выполнение задания и других критериев.

При работе площадки форума «Безопасность в чрезвычайных ситуациях, первая помощь пострадавшим». Команды участников на выданных поэтажных планах учебного корпуса отображали информацию, зафиксированную во время экскурсии. К такой информации относились: места расположения эвакуационных выходов, кнопок пожарной сигнализации ручного включения, размещения плазменных панелей системы информирования и оповещения населения во время экстренных ситуаций, места нахождения источников опасностей и информационных источников, сигнализирующих об опасностях.

По заданию руководителя площадки команды участников разрабатывали порядок действий в случае возникновения угрозы для жизни и здоровья, находящихся в корпусе людей.

Список угроз, в соответствии с которыми разрабатывались планы действий:

- открытое пламя, сильное задымление;
- обнаруженный подозрительный предмет;
- продолжительный звук сирены;

– человек с огнестрельным оружием, ведущий беспорядочную стрельбу;

– зеленовато-желтый туман (облако), приближающийся к зданию корпуса по поверхности земли.

Участники форума отображали планы действий на поэтажных планах. Впоследствии происходила публичная защита разработанных планов.

Работа площадки «Безопасность в Интернете. Безопасность в быту» была реализована в формате викторины «ЧТО? ГДЕ? КОГДА?». Организационно работа данной площадки была разбита на следующие этапы:

- выбор капитанов;
- представление экспертной группы;
- просмотр видеоинформации;
- ответы на вопросы по просмотренной видеоинформации:
  - ведущего площадки;
  - команд соперников;

Наименование видеофрагментов:

- электробезопасность (электроприборы, обращение, последствия);
- пожарная безопасность (обращение с приборами отопления, газовыми приборами – последствия);
- безопасность в соцсетях (личные странички, фото);
- безопасность при осуществлении покупок в сети Интернет;
- безопасность персональных данных.

Анализ работы площадок форума «Безопасность жизнедеятельности» показал, что наибольшая заинтересованность участников проявилась в случае, когда использовался командный формат проверки знаний в сфере безопасности участия в игровой форме, а именно игры-викторины «ЧТО? ГДЕ? КОГДА?».

В то же время было отмечено, что данный формат требует согласованной работы как организаторов, так и подготовленных команд. Ответственного подхода к выполнению заданий, хронометража времени, поддержки и монтажа звуко- и видеоинформации. Ведущий площадки должен поддерживать атмосферу викторины, чтобы она была для участников именно игрой, а не превращалась в обыкновенную беседу. Кроме того, он является «судьей» между «знатоками» и «экспертами».

### Список литературы

1. Русских, И. Т. Разработка и апробация тестовых заданий по курсу физики для агрономического факультета / И. Т. Русских, В. Н. Костылев // Научное

обеспечение инновационного развития АПК : материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию государственности Удмуртии, 16–19 февр. 2010 г. / ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. – Ижевск, 2010. – Т. 2. – С. 327–331.

2. Торохова, Е. А. Тестирование как форма промежуточного контроля успеваемости студентов на занятиях по русскому языку и культуре речи [Текст] / Е. А. Торохова // Молодые ученые в реализации национальных проектов : материалы Всерос. науч.-практ. конф. посвящ. 450-летию вхождения Удмуртии в состав России, 24–27 окт. 2006 г. / ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. – Ижевск, 2006. – Т. 1. – С. 328–332.

3. Зубков, В. С. Тестовый контроль при изучении дисциплины «Клиническая диагностика и рентгенология» / В. С. Зубков // Материалы XX научно-практической конференции Ижевской ГСХА / Ижевская ГСХА. – Ижевск, 2000. – С. 283–284.

4. Игнатъев, С. П. Опыт использования дистанционного обучения по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» / С. П. Игнатъев // Безопасность жизнедеятельности. – 2016. – № 3. – С. 54–58.

5. Игнатъев, С. П. Опыт применения структурно-организационной модели обучения в системе MOODLE по дисциплинам направления «Техносферная безопасность» / С. П. Игнатъев, А. В. Храмешин, А. А. Мякишев, З.М. Хаертдинова // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства материалы Международной научно-практической конференции: в 3 томах. – ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2018. – С. 196–200.

6. Игнатъев, С. П. Виртуальная обучающая среда MOODLE в учебном процессе направлений «Техносферная безопасность» и «Агроинженерия» / С. П. Игнатъев, А. В. Храмешин, Р. А. Храмешин // Безопасность жизнедеятельности. – 2019. – № 6 (222). – С. 52–57.

7. Игнатъев, С. П. Аппроксимация результатов данных использования виртуальной системы MOODLE по направлениям «Агроинженерия» и «Техносферная безопасность» / С. П. Игнатъев, А. В. Храмешин, Р. А. Храмешин // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству материалы Международной научно-практической конференции: в 3 томах. – ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – С. 207–211.

8. Храмешин, А. В. Моделирование технологических процессов. [Электронный ресурс] Учебное пособие – электронное издание. – Ижевск, 2018.

9. Сергеева, Е. А. Деловые игры при изучении дисциплины безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях / Е. А. Сергеева // Наука, инновации и образование в современном АПК : материалы Международной научно-практической конференции, 11–14 февраля 2014 г. / ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. – Ижевск, 2014. – Т. II. – С. 71–73.

10. Чурин, С. М. Лабораторный практикум по охране труда / С. М. Чурин. – Ижевск, 2012– Режим доступа: <http://portal.izhgsha.ru/index.php?q=docs&parent=13066> (дата обращения: 17.12.2019).



11. Храмешин, А. В. Анализ и оценка пожарной опасности производственных процессов по дисциплине «Пожарная безопасность» / А. В. Храмешин, С. П. Игнатъев// Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства материалы Международной научно-практической конференции: в 3 томах. – ФГБОУ ВО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. – С. 299–301.

УДК [631.158:658.345]:635.132–155

**А. А. Мякишев, Я. А. Анисимова**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ПРИ УБОРКЕ МОРКОВИ**

Безопасность условий труда – важнейший аспект в области охраны труда. Каждый работодатель в любой сфере деятельности, должен четко понимать, что обеспечение безопасных условий труда работников – одна из главных задач. Рассмотрены примеры повышения безопасности труда для работников, занятых при уборке моркови.

Сельское хозяйство занимает второе место по производственному травматизму и несчастным случаям, уступая место только промышленности. Основная часть несчастных случаев приходится на работы, связанные с эксплуатацией и ремонтом сельскохозяйственной техники. Много производственных травм работники получают при возделывании сельскохозяйственных культур, где используется различная сельскохозяйственная техника. Исключением не является и уборка моркови [1, 2, 12].

Морковь – трудоемкая культура, а ее уборка – сложный процесс. На больших сельскохозяйственных предприятиях уборка моркови производится теребильными или выкапывающими техническими устройствами (комбайнами) [3].

В процессе механизированной уборки моркови на работника оказывает влияние ряд вредных и опасных производственных факторов:

- движущие машины и механизмы;
- конструктивные недостатки машин и оборудования;
- расположение рабочего места на высоте;
- открытые вращающиеся и движущиеся части машин и оборудования;
- запыленность рабочей зоны;

- колебания температуры воздуха;
- шум;
- вибрация общая и локальная;
- тяжесть трудового процесса [4, 5].

Все перечисленные производственные факторы тем или иным образом действуют на работника, занимающегося уборкой моркови. Их постоянное и длительное действие в дальнейшем может привести к профессиональным заболеваниям или несчастным случаям на производстве. Как этого избежать и как повысить безопасность труда при уборке моркови? Рассмотрим несколько способов [6, 7].

Влияние вредных и опасных производственных факторов при уборке моркови на работника весьма велико и неоднозначно. Работа, связанная с эксплуатацией морковуборочного комбайна или выкапывающего технического устройства, предполагает влияние на работника общей и локальной вибрации, постоянного шума. Для снижения данных вредных производственных факторов и повышения безопасности труда работника следует соблюдать меры техники безопасности, использовать средства индивидуальной защиты и спецодежду. Также для уменьшения шума предлагается нанести специальный слой материала на внутреннюю сторону корпуса кабины технического устройства [8, 9].

Тяжесть трудового процесса как вредный производственный фактор тоже имеет место быть при уборке моркови. Уборка производится в несколько этапов: удаление ботвы, выкапывание корнеклубнеплодов, загрузка в цепное устройство, выгрузка в склад. Вся технологическая схема имеет своих работников, которые могут получить травмы, приводящие к несчастным случаям на производстве. Чтобы уменьшить количество производственного травматизма и повысить безопасность труда, необходимо улучшать и вносить изменения в конструкцию технических средств. Так, например, можно поставить современные камеры, где необходимость в помощнике снизится, и работник сможет выполнять свою работу один, что приведет к минимальному травматизму [10, 11, 13].

С каждым годом количество современной сельскохозяйственной техники увеличивается и совершенствуется. Она становится все удобнее и безопаснее для людей, тем самым повышается безопасность труда на производстве.

#### **Список литературы**

1. Максимов, Л. М. Бич срезает ботву моркови/ Л. М. Максимов, П. Л. Максимов, А. А. Неустроев. – Текст: непосредственный // Сельский механизатор. – 2006. – № 8. – С. 17.

2. Максимов, Л. М. Новые машины для уборки моркови на малых участках / Л. М. Максимов, П. Л. Максимов, А. А. Мякишев // Картофель и овощи. – 1999. – № 4. – С. 24.
3. Максимов, П. Л. Комплекс машин для уборки моркови / П. Л. Максимов, А. А. Неустроев, А. А. Мякишев // Картофель и овощи. – 2003. – № 2. – С. 23–24.
4. Мякишев, А. А. Специальная оценка условий труда: учебное пособие / А. А. Мякишев. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2015. – 108 с.
5. Мякишев, А. А. Повышение эффективности мероприятий по охране труда на сельскохозяйственных предприятиях Удмуртской Республики / А. А. Мякишев // Теория и практика – устойчивому развитию агропромышленного комплекса: материалы Всероссийской научно-практической конференции / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2015. – С. 174–176.
6. Мякишев, А. А. Специальная оценка условий труда в сельскохозяйственном производстве / А. А. Мякишев, С. Н. Тюбина // Наука, инновации и образование в современном АПК: материалы Международной научно-практической конференции / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2014. – С. 107–109.
7. Мякишев, А. А. Обоснование основных параметров и режимов работы сепарирующего рабочего органа для отделения корнеплодов моркови от примесей: дис. ... к. т. н. / Мякишев Андрей Александрович; Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого РАСХН. – Киров, 2002. – 146 с.
8. Кузнецова, Е. В. Требования безопасности при подготовке к работе машинно-тракторного агрегата с картофелекопалелем сборщиком / Е. В. Кузнецова, А. А. Мякишев // Наука, инновации и образование в современном АПК: материалы Международной научно-практической конференции / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2014. – С. 207–210.
9. Мякишев, А. А. Улучшение условий труда путем повышения безопасности сельскохозяйственной техники / А. А. Мякишев. – Текст: непосредственный // Молодые ученые в XXI веке: материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2005. – С. 229–231.
10. Мякишев, А. А. Безопасность труда при ремонте и обслуживании техники: учебное пособие / А. А. Мякишев, О. Ю. Ушкова. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2015. – 87–89 с.
11. Мякишев, А. А. Оценка условий труда на рабочих местах в сельскохозяйственных предприятиях / А. А. Мякишев, С. Н. Тюбина // Инновационному развитию АПК и аграрному образованию – научное обеспечение: материа-

лы Всероссийской научно-практической конференции. – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2012. – С. 225.

12. Мякишев, А. А. Производственный травматизм в агропромышленном комплексе Удмуртской Республики / А. А. Мякишев, С. П. Игнатьев, М. В. Павлова // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: материалы Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 239–242.

13. Мякишев, А. А. Подготовка специалистов по охране труда / А. А. Мякишев // Научное обеспечение АПК. Итоги и перспективы: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. – ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2013. – С. 152–153.

УДК 631.158:658.345

**А. А. Мякишев, Я. А. Анисимова**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Проведение специальной оценки условий труда не отражает в полном объеме травмобезопасность рабочего места. Чтобы оценить травмоопасность, необходимо проводить оценку рисков. В статье рассмотрены вопросы оценки профессиональных рисков в сельскохозяйственном производстве.

Базовой целью обеспечения охраны труда, в том числе и на предприятиях сельскохозяйственной отрасли, является безопасность сотрудников, сохранение их жизни и здоровья. Именно на сельскохозяйственных производствах охрана труда предполагает защиту работников от воздействия вредных и опасных производственных факторов: физических, химических, биологических и психофизических.

При этом такое производство характеризуется целым рядом структурных, организационных, технологических особенностей, которые влияют на уровень производственных рисков и делают эту отрасль одной из наиболее травмоопасных, не считая угольной промышленности.

Так, согласно отчетам Министерства труда и социальной защиты России, по итогам 2018 года сельскохозяйственная отрасль наряду со строительством, обрабатывающей промышленностью, добывающей промышленностью и транспортной сферой традиционно остается лидером по количеству погибших на производстве.

Роструд отмечает, что 13 % погибших в 2018 году – это представители сельского и лесного хозяйства, охоты и рыболовства, 21 % – строительства, 8 % – добывающей промышленности [1–4, 15].

Тот факт, что сельское хозяйство на протяжении последних лет остается в списке отраслей, представляющих наибольшую опасность для жизни и здоровья работников, говорит о необходимости модернизировать и совершенствовать технологию охраны труда, в том числе внедряя оценку профессиональных рисков и управление ими.

Сегодня на крупных предприятиях (компаниях), занимающих ведущие позиции в энергетике, металлургии, угольной и других отраслях экономики России, внедряют стратегию «нулевого травматизма», согласно которой декларируют, что можно осуществлять производственную деятельность без травмирования работников. Принципами такой политики является не голословное провозглашение «абсолютной безопасности», а взвешенная трудовоохранная деятельность руководства предприятия по оценке и управлению профессиональными рисками, последовательного снижения уровней допустимого риска.

Состояние охраны труда в большинстве сельскохозяйственных предприятий России еще не позволяет внедрить концепцию «нулевого травматизма» на производстве. Высокие уровни профессиональных рисков в сельском хозяйстве связаны с большим количеством травм различной степени тяжести, которые ежегодно случаются в аграрном производстве [5, 6, 7].

Основными источниками смертельных травм в растениеводстве являются мобильные машины (около 70 %), основную опасность представляют колесные тракторы, зерноуборочные и кормоуборочные комбайны и грузовые автомобили. Около трети всех несчастных случаев происходит по причине ошибочных действий работников при исполнении механизированных процессов, в частности, из-за низкой профессиональной подготовки работников и их недостаточной квалификации [8, 9, 10].

Особенностью условий выполнения механизированных процессов в сельском хозяйстве является неустойчивость параметров производственной окружающей среды, что является следствием как природных процессов, так и, в частности, профессиональной деятельности механизатора. Возможности приспособления работников и машин к изменениям производственной окружающей среды достаточно ограничены. Возникшие несогласованности между элементами технологической системы «человек-машина-окружающая среда» приводят к внезапному росту числа отказов в узлах машин, снижается безопасность технологических процессов и, как след-

ствие, – безопасность механизатора (оператора мобильной сельскохозяйственной машины) [11, 12, 13]. Безопасность технологической системы «человек-машина-окружающая среда» зависит от факторов опасности, заложенных в каждой из ее подсистем, то есть механизатора, машины и производственной окружающей среды [14]. Каждая из подсистем охватывает большое количество опасных и вредных факторов. Поэтому сейчас для сельского хозяйства Российской Федерации актуальным является внедрение системы управления профессиональными рисками, в которой нужно реализовать принципы предотвращения, приемлемости и минимизации рисков, учет всех потенциальных опасностей на рабочем месте [5]. Это должно гарантировать со стороны руководителя предприятия (работодателя) допустимый уровень безопасности для работников.

Декларирование концепции «нулевого травматизма» в сельском хозяйстве без применения действенной системы снижения имеющихся профессиональных рисков не приведет в ближайшее время к уменьшению уровней производственного травматизма. Необходимо прежде всего научно обосновать методологию оценки профессиональных рисков на рабочих местах сельскохозяйственного производства и конкретизировать ее для отдельных технологических процессов, прежде всего механизированных.

Управление профессиональными рисками должно осуществляться на основе следующих принципов:

- приемлемости риска, который заключается в определении и достижении социально, экономически и технически обоснованных нормативных значений рисков для работников;
- предотвращение рисков, что предусматривает заблаговременное выявление опасных значений параметров производственной окружающей среды, которые могут вызвать наступление опасных ситуаций, и внедрение мероприятий, направленных на предупреждение этой угрозы и (или) уменьшения ее последствий;
- снижение риска, когда риск наступления опасной ситуации необходимо максимально уменьшать, добиваясь достижения разумного компромисса между уровнем безопасности труда и объемом расходов на ее обеспечение;
- полноты выявления рисков, согласно которому риск для работника или по функционированию техники является обобщенной величиной, которую необходимо определять с учетом всех угроз возникновения аварий и опасных ситуаций, в том числе и человеческого фактора;
- выбора целесообразного значения риска, согласно которому руководитель предприятия (субъект управления риском) обеспе-



чивается в пределах от минимального до максимально допустимого такого значения риска, которое он считает целесообразным, исходя из имеющихся на предприятии экономических, технических и материальных ресурсов;

- гарантирование со стороны руководителя предприятия (работодателя) определенного уровня безопасности для работников, что не превышает допустимых значений;

- информирование, которое заключается в том, что руководитель предприятия (работодатель) обязан регулярно предоставлять органам государственного надзора за охраной труда реальные значения производственных рисков на предприятии и доводить эту информацию до работников.

Согласно Трудовому кодексу Российской Федерации, приоритетом на производстве должна быть жизнь и здоровье работников, а не результаты труда. Если же от выявленной опасности невозможно избавиться полностью, то необходимо снизить вероятность производственного риска до допустимого уровня путем выбора соответствующего оптимального решения. Достичь этой цели в системе управления профессиональными рисками в сельском хозяйстве можно, как правило, несколькими путями. К ним, например, относятся:

- полный или частичный отказ от работ, технологий и систем, которые характеризуются высокой степенью производственного риска;

- замена опасных технологических операций другими – менее опасными;

- совершенствование технических систем и объектов по критерию безопасности;

- использование эффективных средств защиты (коллективного, индивидуального);

- внедрение мероприятий организационно-управленческого характера: контроль уровня безопасности на рабочих местах, обучение работников по вопросам охраны труда, стимулирование за соблюдение безопасных методов выполнения работ.

В настоящее время в России нет утвержденной методики оценки профессиональных рисков. Поэтому в сельскохозяйственном производстве можно предложить разные методы оценки рисков. Наиболее приемлем для сельскохозяйственного производства метод пяти шагов. Для этого необходимо:

- выявить опасности для здоровья или безопасности, присущие виду деятельности или рабочему месту;

- выявить тех, кто и в какой степени может пострадать от выявленных опасностей;

- оценить риски и принять решение относительно достаточности принимаемых профилактических мер;
- вести записи;
- корректировать проведенные оценки по мере необходимости.

Управление профессиональными рисками предполагает выявление опасностей, оценки риска травмирования и заболевания работников, внедрение мер по снижению рисков и информирования об остаточном риске. Снижение опасности, своевременное и качественное обучение работников в сельскохозяйственном производстве позволит сохранить жизнь и здоровье на каждом рабочем месте, в подразделении и на предприятии в целом. Это на сегодняшний день остается актуальной задачей.

### Список литературы

1. Войналович, А. Вероятностная оценка риска острого профессионального заболевания (отравления) работников сельского хозяйства при обращении с ядовитыми химическими веществами / А. Войналович, Т. Билькова, В. Голод // Международный журнал по эксплуатации машин для сельскохозяйственной промышленности. – 2015. – Т. 15. – № 3. – С. 90–97.

2. Войналович, А. В. Анализ и оценка риска в профессиональной деятельности работников на механизированных процессах в области земледелия и растениеводства / А. В. Войналович, Г. Г. Гогиташвили, В. Н. Лапин // Сборник научных трудов 10-й международной научно-методической конференции «Безопасность жизни и деятельности человека – образование, наука, практика». – М.: Центр учебной литературы, 2016. – Т. 1. – С. 112–115.

3. Войналович, А. Применение дефектоскопического контроля для предотвращения аварийных ситуаций на механизированных процессах в сельском хозяйстве / А. Войналович, М. Мотрич, Д. Кофто // Международный журнал по эксплуатации машин для сельскохозяйственной промышленности. – 2015. – Т. 15. – № 3. – С. 157–162.

4. Лехман, С. Д. Индивидуальные риски механизаторов на производственных процессах АПК (и их вероятностная оценка) / С. Д. Лехман // Научный Вестник Национального аграрного университета. Вып. 115: Сборник научных трудов – М.: НАУ, 2017. – С. 132–137.

5. Мякишев, А. А. Производственный травматизм в агропромышленном комплексе Удмуртской Республики / А. А. Мякишев, С. П. Игнатьев, М. В. Павлова // В сборнике: Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: материалы Международной научно-практической конференции. – Ижевск, 2019. – С. 239–242.

6. Мякишев, А. А. Повышение безопасности труда работника путем проведения аттестации рабочих мест / А. А. Мякишев // Научное обеспечение реализации национальных проектов в сельском хозяйстве: материалы Всерос-

сийской научно-практической конференции. – Ижевск, ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2006. – С. 229–231.

7. Мякишев, А. А. Повышение эффективности мероприятий по охране труда на сельскохозяйственных предприятиях Удмуртской республики / А. А. Мякишев // Теория и практика – устойчивому развитию агропромышленного комплекса: материалы Всероссийской научно-практической конференции. –Ижевск, ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2015. – С. 174–176.

8. Мякишев, А. А. Подготовка специалистов по охране труда / А. А. Мякишев // Научное обеспечение АПК. Итоги и перспективы: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. – Ижевск, ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2013. – С. 152–153.

9. Мякишев, А. А. Специальная оценка условий труда: учебное пособие / А. А. Мякишев. – Ижевск, ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2015.

10. Мякишев, А. А. Особенности проведения аттестации рабочих мест в сельскохозяйственных предприятиях / А. А. Мякишев, С. Н. Тюбина // Аграрная наука – инновационному развитию АПК в современных условиях: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Ижевск, ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2013. – С. 288–290.

11. Мякишев, А. А. Оценка условий труда на рабочих местах в сельскохозяйственных предприятиях / А. А. Мякишев, С. Н. Тюбина // Инновационному развитию АПК и аграрному образованию – научное обеспечение: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Ижевск, ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2012. – С. 225–226.

12. Мякишев, А. А. Специальная оценка условий труда в сельскохозяйственном производстве / А. А. Мякишев, С. Н. Тюбина // Наука, инновации и образование в современном АПК: материалы Международной научно-практической конференции в 3-х томах. – Ижевск, ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2014. – С. 107–109.

13. Мякишев, А. А. Улучшение условий труда путем повышения безопасности сельскохозяйственной техники / А. А. Мякишев // Молодые ученые в XXI веке: материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – Ижевск, ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2005. – С. 229–231.

14. Мякишев, А. А. Безопасность труда при ремонте и обслуживании техники: учебное пособие / А.А. Мякишев, О. Ю. Ушкова. – Ижевск, ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2012.

15. Статистический бюллетень «Травматизм на производстве в 2017 году». – М.: Государственная служба статистики РФ. – 2018. – 150 с.

**Р. А. Храмешин, А. В. Храмешин**

*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **КЛИНИНГ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КАРТОФЕЛЕПРОДУКТОВ**

Проведен анализ операции очистки технологического оборудования при производстве продукции из картофеля. Описаны основные задачи и проблемы, а также факторы, приводящие к снижению качества выпускаемых полуфабрикатов в процессе производства. Проанализирована взаимосвязь результатов.

Сегодня залогом успешного и быстрого продвижения на рынке пищевых продуктов являются их качество, отличные органолептические свойства и продовольственная безопасность для потребителя [1]. Производство безопасных продуктов и полуфабрикатов зависит от нескольких факторов – санитарно-гигиенического состояния технологического оборудования, исходного качества сырья, технологии производства, и производственных помещений.

Без применения современных средств мойки и дезинфекции обеспечение высокого уровня санитарной безопасности невозможно [2].

Основная задача санитарной безопасности на предприятиях, производящих продукты питания заключается в полном удалении остатков продуктов, многочисленных загрязнений и микробов с поверхностей оборудования, необходимого для производства, и производственных помещений.

Качество очистки поверхности оценивают по микробиологическим и физико-химическим показателям [3].

Для соответствия производственного процесса и обработки продуктов питания всем необходимым санитарным нормам, необходимо наличие моечного оборудования [4]. Достижение гигиенических показателей чистоты, обеспечение необходимого уровня стерилизации и дезинфекции вручную невозможно. Большой объем и характер загрязнений объясняет наличие профессиональных установок.

Необходимые концентрации растворов для очистки зависят от степени загрязненности очищаемых поверхностей и составляют 5...20 г/л. Максимальное действие моющих растворов обеспечивается при температуре раствора  $80 \pm 5$  °С [5]. При уменьшении температуры до 70 °С сильно уменьшается способность очищения (при 60 °С – в 2 раза, при 50 °С – в 4 раза).

При очистке струей моющего раствора, механический фактор проявляется как удар струей на удаляемые загрязнения, что приводит к их размыву и разрушению [6].

Силу удара струи рассчитывают по формуле:

$$P = m_0 \cdot v_0 \cdot (1 - \cos\alpha) \cdot \psi, \quad (1)$$

где  $m_0$  – секундная масса моющей жидкости, кг/с;

$v_0$  – скорость потока раствора, м/с;

$\alpha$  – угол падения струи, рад;

$\psi$  – коэффициент, учитывающий изменение силы удара при удалении очищаемой поверхности от сопла.

Анализ этой формулы показывает, что использование струйных устройств высокого давления позволяет достичь необходимой очистки поверхностей оборудования.

При очистке погружным методом самым эффективным фактором воздействия на загрязнения следует считать колебания очищаемых объектов и моющего раствора [7].

**Очистка сухим льдом – криогенный бластинг.** Очистка с применением сухого льда заключается в распылении струей высокого давления маленьких частиц сухого льда. Способ похож на пескоструйную обработку, только вместо песка – кристаллы льда малого размера. Под словом «лед» имеется в виду твердая фаза двуокиси углерода, а застывает  $\text{CO}_2$  при температуре около  $-80^\circ\text{C}$ . При попадании на очищаемую поверхность, лед нагревается и испаряется.

Двуокись углерода нетоксична, не поддерживает горение и не проводит электричество. Она так же не имеет запаха, цвета и вкуса. При ударе струи об очищаемую поверхность, верхний слой загрязнения становится ломким, и легко отделяется от поверхности (рис. 1).

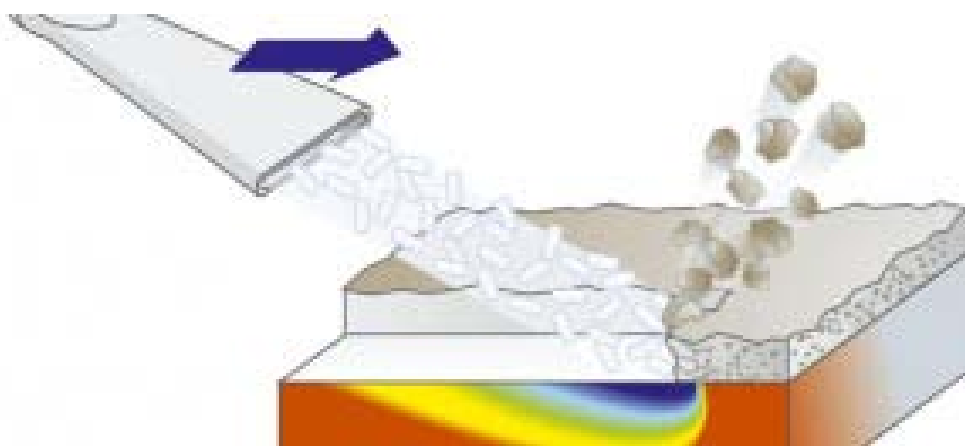


Рисунок 1 – Процесс очистки сухим льдом

Частицы льда при ударе об объект многократно расширяются от исходного размера, отделяя налипшую грязь от основания. При этом, сам очищаемый объект практически не охлаждается, и не меняются его механические свойства.

Достоинства метода очистки сухим льдом:

- способ экологически безопасный;
- не требуется разборка оборудования, оно не требует сушки;
- высокое качество очистки поверхностей;
- возможность очистки электрооборудования, находящегося под напряжением;
- отсутствие абразивного износа и коррозии поверхности;
- сухой лед уничтожает большинство микроорганизмов.
- высокая рентабельность.
- быстрота очистки.
- недостатки:
- высокая стоимость оборудования;
- необходимость применения качественного воздушного компрессора с большой производительностью;
- необходимость закупки углекислого газа в больших количествах;
- большие размеры применяемых установок.

**Процесс санитарной обработки оборудования.** Процесс санитарной обработки оборудования осуществляется за два этапа: сначала поверхность моется моющими растворами, а затем, после ополаскивания водой, дезинфекция. Иногда этапы совмещаются, если для очистки применять моюще-дезинфицирующие смеси.

Мойка – это процесс, направленный на очищение загрязнений с поверхности. Проводится с использованием специальных средств.

Дезинфекция – на предприятиях, производящих продукты питания, основная функция дезинфекции заключается в предупреждении заражения микробами готовой продукции, обеззараживания поверхностей. Дезинфекцию проводят химическими и физическими методами [8].

К физическим способам дезинфекции относят обработку горячей водой; обдувку горячим воздухом, паром, кипячением; пастеризацию ультрафиолетовыми лучами, ультразвуком. Значительная часть патогенных микроорганизмов погибает в воде температурой 60–90 °С в течение 25–30 мин.

На производстве чаще всего применяют химические препараты, обладающие дезинфицирующим действием. Это водные растворы, имеющие в составе активный хлор, четвертично – аммонийные соединения, перекись водорода или надуксусная кислота.



Под воздействием жесткой воды, температуры, и различных частиц продукта происходит постепенное образование отложений, прочно связанных между собой и с поверхностью. Очистка подобных отложений является сложным процессом.

Твердые загрязнения являются основным источником заражения продукции. Микробы и токсины находятся во всех слоях отложений.

Для получения стерильного оборудования [9] требуется абсолютная очистка поверхностей от органики, остатков продукта, и тем самым создание оптимальных условий для полного контакта дезинфицирующего препарата с микробной клеткой. Эффективно продезинфицировать можно только хорошо вымытое оборудование.

**Принципы дезинфекции.** Термическая дезинфекция проводится подачей пара в трубопроводы и танки. В данном случае проблема состоит в том, что необходимо обеспечить высокую температуру поверхности (не менее 90 °С), в течение длительного времени (не менее 10 минут).

При химической дезинфекции на очищаемые поверхности наносится химический состав, который в течение некоторого времени смывается чистой водой, до того, как эти поверхности (например, рабочие столы, емкости) вступают в контакт с продуктами.

При химико-термической дезинфекции совмещаются два механизма воздействия. При использовании моющего средства с содержанием активного хлора, достаточно малой концентрации при температуре 50–70 °С, для получения надежного результата.

**Процесс мойки и дезинфекции.** Санитарная мойка на предприятии считается эффективной при правильном определении целей и задач мойки, грамотно организованном процессе и наладке контроля за выполнением программы мойки, [10].

Факторы, влияющие на качество мойки и дезинфекции:

- грамотный подбор моющих и дезинфицирующих составов;
- изучение характера и свойства загрязнений;
- особенности микробов и токсинов;
- особенности материалов, из которых изготовлено оборудование;
- жесткость воды;
- соблюдение периодов и режимов очистки.

**Выводы, обсуждение.** Таким образом, изучив состояние вопроса, для очистки технологического оборудования для производства картофелепродуктов, в условиях Удмуртской Республики, струйный метод очистки отвечает необходимым требованиям. При этом важным условием является температура моющих растворов, которая должна быть не ниже 80 °С.

По данным ГосНИТИ, повышение давления воды с 2,5 до 15 МПа при удалении наружных загрязнений приводит к увеличению производительности процесса очистки до 20 раз, расхода воды в 10 раз снижению энергозатрат – в 4 раза.

### Список литературы

1. Храмешин, А. В. Качество полуфабрикатов из картофеля можно улучшить / А. В. Храмешин, Ф. Р. Арсланов, А. Н. Васильев // Хранение и переработка сельхозсырья. – № 11. – С. 41–44.
2. Храмешин, А. В. Качество картофельных полуфабрикатов, как управляемый фактор / А. В. Храмешин, Р. А. Храмешин // International Scientific Review – № 4 (14). – С. 44–49
3. Храмешин, А. В. Разработка проекта реализации технологии производства картофельных полуфабрикатов / А. В. Храмешин, М. С. Волхонов, А. Н. Васильев // Техника и технология пищевых производств № 1 (28). – С. 154–158.
4. Лебедев, Л. Я. Совершенствование технологий переработки картофеля / Л. Я. Лебедев, А. В. Храмешин, Ф. Р. Арсланов // Механизация и электрификация сельского хозяйства – № 6. – С. 17–19.
5. Храмешин, А. В. Ультразвуковая водно-воздушная очистка узла сортировки установки сублимационной сушки мелкокусковых растительных материалов / А. В. Храмешин, Р. А. Храмешин, Ф. Р. Арсланов // Международный научный институт «Educatio». – № 11–2. – С. 91–96.
6. Храмешин, Р. А. Моделирование функционирования вакуумно-сортировально-сушильной машины с учетом факторов перерабатываемого сырья при производстве картофелепродуктов. / Р. А. Храмешин, М. А. Эндерс // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. Ижевск, 2018. – С. 595–602.
7. Храмешин, Р. А. Повышение эффективности защиты картофеля от вредителей и болезней в Удмуртской Республике / Р. А. Храмешин, Ф. Р. Арсланов, А. В. Храмешин // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения: материалы Международной научно-практической конференции. – Марийский государственный университет, 2016. – С. 50–52.
8. Храмешин, А. В. Вакуумно-сортировально сушильная машина в составе линии по производству продукции из картофеля / А. В. Храмешин, Р. А. Храмешин // Научные перспективы XXI века. Достижения и перспективы нового столетия труды международной научно-практической конференции. Сер. «технические науки» Международный научный институт «EDUCATIO», ответственный редактор: Вершинин Б. М. – 2015. – С. 73–76
9. Храмешин, Р. А. Адаптивные технологии как инструмент прогнозирования урожайности, размерно-массовых и качественных характеристик кор-

неклубнеплодов / Р. А. Храмешин, А. В. Храмешин // Наука, образование, общество: тенденции и перспективы Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: В 7 частях. – ООО «Ар-Консалт». 2014. – С. 157–161.

10. Храмешин, Р. А. Средства защиты растений на основе адаптивных технологий // Студенческая наука: современные технологии и инновации в АПК Материалы Всероссийской студенческой научной конференции. – ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2014. – С. 206–211.

# ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА И ЖИВОТНОВОДСТВА

УДК 631.1

**Е. А. Авершин, Е. А. Рябинин**

*ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ им. В. Я. Горина*

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ В АПК РОССИИ

Приведена структура агропромышленного комплекса. Выполнен анализ развития крупных сельскохозяйственных комплексов, повышения эффективности национального и регионального производства.

Агропромышленный комплекс Российской Федерации представляет собой совокупность нескольких отраслей промышленности, включающих определенное количество отраслей народного хозяйства, перерабатывающих и производящих сельскохозяйственную продукцию, удовлетворяющую все потребности сельскохозяйственного производства. Сельское хозяйство является основой жизни страны, поскольку именно в этой сфере деятельности находятся отрасли экономики, которые отвечают за конечное производство продуктов питания. Именно от эффективности сельского хозяйства зависит продовольственная обеспеченность страны сырьем и кормами, а также транспортно-логистические предприятия по поставкам продукции для жизнедеятельности населения. Скоординированное функционирование сельскохозяйственных организаций напрямую зависит от грамотной координации административно-регулятивного механизма во всем агропромышленном комплексе [1, 2].

Модернизация всех управленческих организаций агропромышленного комплекса, особенно государственного управления, является основным резервом для существенного повышения эффективности их деятельности, поскольку экономика является конечным результатом деятельности отдельных сельскохозяйственных структур. С постепенным развитием рыночных отношений возрастает существенное значение управления экономическими организациями. Настоятельная необходимость развития государственного управления и контроля обычно обусловлена изменениями, как внутренними, так и внешними, в функционировании сельскохозяйственных организаций [3].

Сегодня сельское хозяйство России постепенно выходит из затяжного экономического и финансового кризиса. В последние годы

российская аграрная политика претерпела серьезные изменения, благодаря которым сельское хозяйство является приоритетной отраслью. Входит в состав агропромышленного комплекса национального проекта «Развитие агропромышленного комплекса». Таким образом, повышается внимание к аграрным органам на всех уровнях государственного управления, а также повышается их ответственность за решение актуальных проблем сельскохозяйственного производства [4].

На протяжении многих лет агропромышленный комплекс России претерпевает трудности от непрекращающихся проблем, препятствующих эффективной, рентабельной деятельности и планомерному развитию [5].

Имеет место слабая обеспеченность сельскохозяйственной техникой, поэтому следует учитывать, что большинство предприятий до сих пор эксплуатируют морально устаревшую сельскохозяйственную технику и оборудование. При этом степень износа зачастую составляет более 55 %. Стоит отметить, что обеспеченность техникой на единицу обрабатываемой площади в России на недостаточно высоком уровне и составляет не более 65 % по технологическим требованиям [6].

Это приводит к повышенной нагрузке на технику и увеличение коэффициента выбытия техники по причине выхода из строя. Это напрямую связано с потерями продукции. Например, потери собранного зерна могут составлять до 30 % урожая, а овощей – до 45 %. При этом на современное оборудование и технику у большинства предприятий просто нет средств. Хотя на сегодняшний день большинство отечественных компаний производят вполне добротную сельскохозяйственную технику по приемлемым ценам и готовы обеспечить высокий уровень сервисного обслуживания и технического обеспечения техники [7].

Для эффективного и планомерного развития сельского хозяйства необходимо создать программу государственной помощи с целью привлечения инвестиций и инноваций. При грамотном подходе все проблемы можно решить, но для этого требуется длительное время. Именно сейчас, когда Россия находится в тисках европейских санкций, самое время взглянуть на сельское хозяйство. Сектор, способный обеспечить продовольственную безопасность страны и основной сегмент реализации политики импортозамещения. По мнению многих экспертов, агропромышленный комплекс России в целом превзошел кризис 90-х годов, когда снизилось производство по большинству направлений и огромный процент продуктов питания импортировался. Сейчас же вектор развития агропро-

мышленного комплекса повернул свое направление обратно, к импортозамещению. Прежде всего, как отмечают аналитики, правительству России предстоит большая работа в области стимулирования государственно-частного партнерства в АПК [8].

Можем видеть, что мотив значительного повышения эффективности национального и регионального производства, который постоянно растет, напрямую связан с конкуренцией различных хозяйствующих субъектов. В современных условиях предстоящий выход на внешние рынки значительно увеличивается, так как эффективность национального производства возрастает, становясь высшим приоритетом, который должен быть активен у производителей и, следовательно, у государства, как объекта экономической политики. Концепция социально-экономического развития России до 2027 года предусматривает полное возвращение нашей страны к мировым лидерствам рынка по производству сельскохозяйственной продукции, а также четырехкратное повышение производительности труда в основных отраслях экономики, значительное увеличение доли среднего класса до 75 % от общей численности населения и значительное увеличение продолжительности жизни до 80 лет. Концепция, в свою очередь, является основным приоритетом государственной агропромышленной политики: определен ряд инвестиций в сельское хозяйство, рост образования, науки и здравоохранения, строительство национальной инновационной системы агропромышленного комплекса, освоение всех многочисленных преимуществ модернизации экономики, развитие новых конкурентоспособных секторов экономики реконструкция и значительное расширение производственной, финансовой и социальной инфраструктуры. Поскольку целью государственной системы управления сельским хозяйством является максимально эффективное использование ресурсов для получения высокой прибыли, необходимо осуществлять мониторинг оценки эффективности использования ресурсов агропромышленными предприятиями и сельскохозяйственными организациями [9].

Несмотря на наличие у государства ряда нерешенных проблем в части импортозамещения, мы видим, что многие механизмы государственного регулирования агропромышленного комплекса в современной практике органов государственной власти являются действительно важной составляющей развития государственной аграрной политики, в том числе защиты интересов своих производителей сельскохозяйственной продукции. Совершенствование механизмов государственного регулирования аграрного сектора экономики должно быть непосредственно направлено на существенное улучшение использования им как природных, человеческих и материаль-



ных ресурсов, так и на создание эффективной институциональной среды, устойчивого роста, инноваций и инвестиций различных производителей многих видов продукции [10].

### Список литературы

1. Радоуцкий, В. Ю. Основы защиты в чрезвычайных ситуациях / В. Ю. Радоуцкий, В. Н. Шульженко, Н. В. Нестерова. – Белгород, 2008.
2. Бондаренко, А. Е. Совершенствование системы технического сервиса и повышение эффективности работы сельских электроустановок / А. Е. Бондаренко, Н. В. Нестерова // Материалы Междунар. студен. науч. конф. – Белгородский ГАУ им. В. Я. Горина. – 2016. – С. 164.
3. Васюткина, Д. И. Архитектура комплекса технических средств безопасности / Д. И. Васюткина, Н. В. Нестерова, Е. Г. Ковалева // Научные механизмы решения проблем инновационного развития: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 4 ч. – 2017. – С. 6–8.
4. Вендин, С. В. Способы защиты от излучений при СВЧ обработке сельскохозяйственной продукции / С. В. Вендин, Н. В. Нестерова // Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения: м-лы XIV Междунар. науч.-производ. Конференции, 2010. – С. 218.
5. Нестерова, Н. В. Электроэнергетика. Проблемы и перспективы / Н. В. Нестерова, Л. С. Острова // Молодежный аграрный форум-2018: м-лы Междунар. студ. науч. конференции, 2018. – С. 280.
6. Нестерова, Н. В. Математические методы анализа эффективности технических средств безопасности / Н. В. Нестерова, С. А. Кеменов, Н. Б. Кутергин. // Вестник Белгородского ГТУ им. В. Г. Шухова. – 2016. – С. 152–156.
7. Нестерова, Н. В. Обоснование единой системы обеспечения комплексной безопасности / Н. В. Нестерова, Д. И. Васюткина, А. В. Павленко // Наука: прошлое, настоящее, будущее: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 2015. – С. 68–70.
8. Трофимов, Р. В. Анализ влияния качества электроэнергии на работу электроприемников / Р. В. Трофимов, Н. В. Нестерова // Материалы международной студенческой научной конференции, 2017. – С. 210.
9. Юдин, В. В. Специфика надежности сельских электросетей / В. В. Юдин, Н. В. Нестерова // Молодежный аграрный форум-2018: м-лы Междунар. студ. науч. конференции, 2018. – С. 299.
10. Страхов, В. Ю. Энергосбережение в Белгородской области / В. Ю. Страхов, Н. В. Нестерова // Материалы междунар. студенческой научной конференции, 2015. – С. 238.

**И. А. Дерюшев**

*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ РАССАДОПОСАДОЧНЫХ МАШИН**

Рассмотрены полуавтоматические рассадопосадочные машины зарубежного производства. Выявлены их достоинства и недостатки.

В настоящее время набирает популярность механизированное возделывание сельскохозяйственных культур. Одним из способов выращивания культур является рассадный способ. Наиболее трудоемкий этап в данном способе – высадка рассады в почву. В связи с этим возникает необходимость провести обзор рассадопосадочных машин. На сегодняшний день во всем мире завоевали популярность полуавтоматические рассадопосадочные машины.

Как правило, полуавтоматические рассадопосадочные машины применяются для высадки кассетной рассады с торфяным кубиком кубической, цилиндрической, конической или пирамидной формы. В овощеводстве рассадопосадочные машины используются для высадки рассады на открытый или покрытый пленкой грунт рассаду помидоров, салата, клубники, капусты, цветов, табака и т. д. В садоводстве и лесоводстве эти машины используются для высадки роз, кустарников, саженцев ели, сосны и т. д.

Одной из наиболее интересных машин является SFOGGIA PLANTEC ONE (рис. 1). Машина производится в Италии.



**Рисунок 1 – Полуавтоматическая рассадопосадочная машина  
SFOGGIA PLANTEC ONE**

PLANTEC ONE – полуавтоматическая рассадопосадочная машина для высадки кассетной рассады непосредственно на открытую почву или на участки поля, покрытые нейлоновой пленкой или бумагой.

Операция высадки на открытый или покрытый пленкой грунт происходит путем спуска, пробивания пленки и входа в почву заостренного устройства из алюминия, закрепленного между дисками посадочного аппарата. После этого происходит спуск рассады в грунт и ее окучивание задними резиновыми колесами. К основным достоинствам данной машины можно отнести конструкцию удерживающего устройства для ящиков с рассадой. В то же время одним из основных недостатков является низкая производительность и не способность одного оператора работать на два рядка одновременно.

Следующий представитель – рассадопосадочная машина с захватами S241, представленная на рисунке 2. Производителем машины является Польша.

Полуавтоматическая рассадопосадочная машина с захватами S241 предназначена для высадки рассады с непокрытой корневой системой, а также для высадки других саженцев с корневищем или без него.



Рисунок 2 – Рассадопосадочная машина с захватами S241

В зависимости от необходимой плотности посадки рассады изготавливается в двух версиях S (минимальное расстояние между рассадой в ряду – 10 см) и T (минимальное расстояние между рассадой в ряду 25 см).

Машина гарантирует равномерную глубину посадки, точное вертикальное направление саженцев и заданное расстояние между растениями в ряду. Машина оснащена захватами для удержания саженцев и независимыми секциями (от 1 до 7), смонтированными на несущей балке, что позволяет изменять расстояния между секциями. Одна секция обслуживается одним человеком. Конструкция рамы сажалки позволяет разместить на ней рядный подсеиватель минеральных удобрений. Основными недостатками машин с посадочным аппаратом с захватами является невозможность посадки горшечной рассады, а также сложность конструкции.

Рассадопосадочные машины с посадочным аппаратом револьверного типа S219K и S219P, производителем является Польша.

Наиболее важным преимуществом этой машины является точность и скорость высадки. Машина оснащена независимыми секциями, смонтированными на несущей балке, что позволяет изменять расстояния между секциями. Одна секция обслуживается одним оператором. Распределение рассады производится из металлических посадочных стаканов, расположенных в обойме посадочного аппарата. Конструкция рамы позволяет разместить на ней рядный подсеиватель минеральных удобрений.



а



б

Рисунок 3 – Рассадопосадочная машина карусельного типа:  
а – S219K, б – S219P

Машины S219K и S219P предназначены для полуавтоматической высадки кассетной рассады. Среди недостатков стоит отметить возможное повреждение корневой системы рассады при прохождении по рассадопроводу к месту падения на дно борозды под действием силы тяжести. Также перенастройка машины на другое междурядье требует настройки каждой секции в отдельности, что ведет к снижению использования времени смены. В данной машине один оператор работает на один высаживаемый ряд, что повышает энерго – трудозатраты.



Рассадопосадочная машина двухрядная D-pol, производитель Белоруссия (рис. 4), агрегатируется с тракторами с трехточечной навеской и не требует подключения к валу отбора мощности.



Рисунок 4 – Рассадопосадочная машина 2-рядная D-POL

В действие машина приводится от приводного колеса, рассада подается в прижимные диски и высвобождается в момент попадания корня в борозду, которая сразу же зарывается. Также есть всевозможные настройки как глубины посадки, так и ширины междурядий и частоты посадки. Основным недостатком является конструкция посадочного аппарата, которая состоит из двух прижимных дисков, что ведет к травмированию рассады в момент посадки, а оператор вынужден контролировать свои действия, подстраиваясь под постоянно вращающиеся диски посадочного аппарата.

Проведенное исследование существующих рассадопосадочных машин позволяет сделать вывод о необходимости выбора направления развития, которое позволит объединить достоинства существующих машин без каких бы то ни было недостатков.

#### Список литературы

1. Касимов, Н. Г. Применение новой техники и технологий – основа конкурентоспособности в сельскохозяйственном производстве / Н. Г. Касимов, В. И. Константинов, П. Л. Максимов // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2018. – С. 143–145.
2. Касимов, Н. Г. Совершенствование способа посадки овощных культур / Н. Г. Касимов // Современному АПК – эффективные технологии: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию д-ра с.-х. наук, профессора, засл. деят. науки РФ, почет. раб. ВПО РФ В. М. Макаровой. – 2019. – С. 32–34.

3. Константинов, В. И. Особенности возделывания капусты / В. И. Константинов // Наука: современные технологии и инновации в АПК: м-лы Всеросс. студ. науч. конф. 18–21 марта 2014 г. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2014. – 456 с.

4. Марков, М. В. Перспективы развития рассадного способа возделывания овощных культур/ М. В. Марков, Д. Л. Степанов, В. И. Константинов // Научные труды студентов Ижевской ГСХА: сб. ст. [Электронный ресурс] / Отв. за вып. Н. М. Итешина. – Электрон. дан. (1 файл). – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2015. – № 1(1). – Режим доступа к сборнику: свободный. – С. 76.

5. Константинов, В. И. Повышение эффективности рассадопосадочной машины / В. И. Константинов // Студенческая наука – устойчивому развитию агропромышленного комплекса: м-лы Всеросс. студ. науч. конф. 17–20 марта 2015 г. – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2015. – С. 231.

6. Константинов, В. И. Повышение эффективности механизированной посадки рассады за счет совершенствования конструкции рассадопосадочных машин / В. И. Константинов // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Майский ФГБОУ ВО Белгородский. – 2018. – С. 93 – 96.

7. Константинов, В. И. Конструктивные особенности распределительно-высаживающего аппарата новой рассадопосадочной машины / В. И. Константинов // Научные труды студентов Ижевской ГСХА: сб. ст. [Электронный ресурс] / Отв. за вып. Н. М. Итешина. – Электрон. дан. (1 файл). – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2016. – № 1(2). – Режим доступа к сборнику: свободный. – С. 213.

8. Смеситель для получения биологически активной кормовой добавки / П. Л. Максимов, Ю. Г. Крысенко, Л. Я. Лебедев, И. А. Охотникова, А. В. Костин, Н. Г. Касимов // патент на полезную модель RUS 180675 07.03.2018.

9. Классификация ротационных рабочих органов сельскохозяйственных машин / В. Ф. Первушин, А. Г. Левшин, М. З. Салимзянов, Н. Г. Касимов, Е. В. Шамаев, И. Ю. Лебедев // Вестник Ижевской ГСХА. – 2015. – № 3 (44). – С. 38–43.

10. Касимов, Н. Г. К вопросу о повышении эффективности технического обслуживания колесных тракторов / Н. Г. Касимов, А. В. Стрелков, О. П. Танаев // Наука, инновации и образование в современном АПК: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. – 2014. – С. 173–175.

11. Патент 2647857 Российская Федерация, МПК А01С 11/02, А01С 7/00 Способ посадки клубней и рассады овощных культур / Н. Г. Касимов, О. Н. Крылов; заявитель и патентообладатель Касимов Н. Г. – № 2017112237; заявл. 04.10.2017; опубл. 03.21.2018. Бюл. № 9.

12. Пат. № 2606792 Российская Федерация, МПК 01/02 Рассадопосадочная машина / Н.Г. Касимов, В. И. Константинов, А. В. Ботин, О. Н. Крылов, А. Г. Иванов, В. Ф. Первушин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – № 2014149532/13; заявл. 08.12.2014; опубл. 10.01.2017. Бюл. № 1.



13. Метрологическое обеспечение и технические измерения при эксплуатации машинно-тракторных агрегатов новых технологий в агроинженерии / Н. Г. Касимов, В. Ф. Первушин, М. З. Салимзянов, В. И. Константинов // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 75–78.

УДК 631.332.5.02

**Н. Г. Касимов, В. И. Константинов**

*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

### **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНО-ВЫСАЖИВАЮЩЕГО АППАРАТА МАШИНЫ ДЛЯ ПОСАДКИ РАССАДЫ**

Рассмотрен основной рабочий орган рассадопосадочных машин – посадочный аппарат. В условиях современного развития рассадопосадочных машин определенный интерес представляет распределительно-высаживающий аппарат, который позволяет одному оператору работать на два рядка одновременно.

Как было отмечено ранее [1–7], немаловажную роль в процессе посадки играет траектория движения рассады до места высадки, которая в свою очередь зависит от конструкции посадочного аппарата. В связи с этим им предложена наиболее рациональная схема посадочного аппарата со смешанной траекторией перемещения рассады в пространстве. Это достигается за счет того, что посадочный аппарат имеет два вертикальных и два горизонтальных участка перемещения (рис. 1).

При этом движение распределительно-высаживающего аппарата перпендикулярно к движению машины по полю, что обеспечивает возможность работы одним оператором на несколько рядков. Также присутствует возможность путем добавления дополнительных посадочных стаканов усовершенствовать двухрядный транспортер в более производительный, если возникнет такая необходимость, без каких-либо серьезных изменений в конструкции как посадочного аппарата, так и самой машины.

Конструкция представленного посадочного аппарата включает в себя: цепи распределительно-высаживающего транспортера 1, звенья стаканов 2, ведущие звездочки 3.

В таком аппарате совмещены преимущества двух типов известных посадочных аппаратов, револьверного и вертикального.

При этом отсутствует обоснование некоторых геометрических параметров аппарата такого типа.

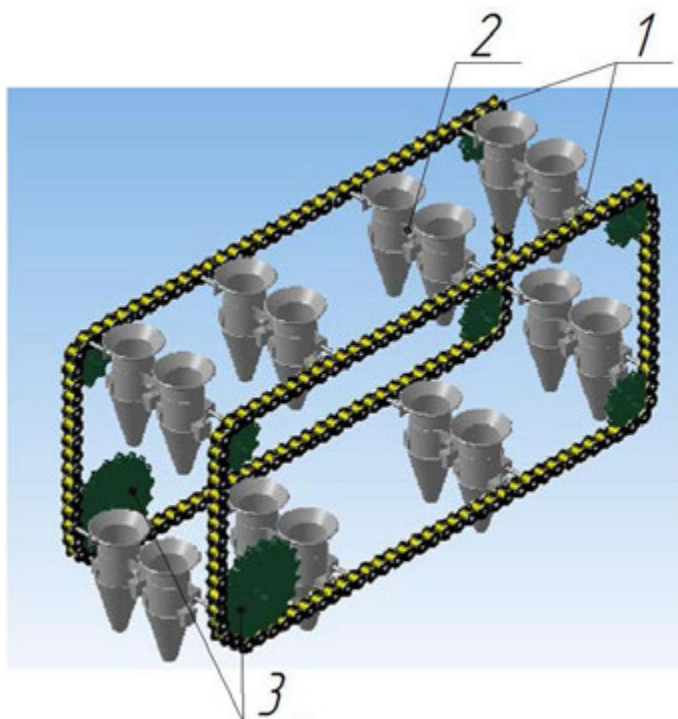


Рисунок 1 – 3D модель распределительно-высаживающего аппарата

Геометрические параметры распределительно-высаживающего аппарата напрямую зависят от размерно-массовых характеристик рассады: высоты рассады, диаметра кроны, массы рассады, диаметра торфопочвенного горшочка, высоты торфопочвенного горшочка. На сегодняшний день ГОСТ на рассаду, как объект механизированной посадки, не разработан, а следовательно есть необходимость в уточнении данных характеристик.

В таблице 1, на основе анализа литературных источников, выявлены основные размерно-массовые характеристики рассады капусты, готовой к механизированной посадке.

Таблица 1 – Размерно-массовые характеристики рассады капусты

Наименование показателя	Единицы измерения	Горшечная рассада	Безгоршечная рассада
Высота растения	м	0,08...0,15	0,08...0,15
Диаметр кроны	м	0,01...0,15	0,01...0,15
Масса растения без земли	г	8...10	8...10
Масса растения	г	80...130	20...30
Диаметр горшочка	мм	48...62	–
Высота горшочка	мм	41...55	–

В связи с исследованными данными, принимаем диаметр стакана под рассаду 80 мм, высота посадочного стакана 110 мм, ширина распределительно-высаживающего аппарата двухрядной рассадопосадочной машины 500 мм. Такие параметры обусловлены тем, что, с одной стороны, необходимо обеспечить беспрепятственное перемещение рассады из посадочного стакана на дно борозды, а с другой – эргономикой и экономической целесообразностью, вызванной снижением себестоимости.

Полученные геометрические параметры распределительно-высаживающего аппарата позволяют уточнить геометрические параметры машины, в частности – ширину рамы машины 600 мм.

Таким образом, анализируя конструкцию распределительно-посадочного аппарата, стоит отметить, что его конструкция базируется на основных характеристиках рассады, готовой для механизированной высадки. Кроме того, такая конструкция аппарата способствует бережной доставке и высадке рассады в почву и является наиболее перспективной с точки зрения повышения эффективности технологического процесса посадки рассады.

#### Список литературы

1. Касимов, Н. Г. Влияние абиотических факторов на развитие капусты белокочанной при механизированной посадке / Н. Г. Касимов, В. И. Константинов // Научно обоснованные технологии сельскохозяйственного производства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2017. – Т. 2. – С. 86–90.
2. Касимов, Н. Г. К вопросу выращивания капусты на территории Российской Федерации и импортозамещении / Н. Г. Касимов, В. И. Константинов, У. И. Константинова // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. 16–19 февраля 2016 года, г. Ижевск. – В 3-х т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2016. – Т. 3. – 256 с.
3. Касимов, Н. Г. К вопросу о применении рассадопосадочных машин в условиях УР / Н. Г. Касимов, А. В. Ботин // Наука, инновации и оборудование в современном АПК: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. 11–14 февр. 2014 г. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. – 2014. – Т. 3. – 240 с.
4. Касимов, Н. Г. Совершенствование способа посадки овощных культур / Н. Г. Касимов // Современному АПК – эффективные технологии: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию д-ра с.-х. наук, профессора, заслуж. деят. науки РФ, почет. раб. ВПО РФ В. М. Макаровой. – 2019. – С. 32–34.
5. Касимов, Н. Г. К вопросу о проведении лабораторных исследований ротационного рабочего органа по уходу за растениями картофеля / Н. Г. Касимов // Материалы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. – 2005. – С. 425–428.

6. Касимов, Н. Г. Основные закономерности взаимодействия ротационного рабочего органа / Н. Г. Касимов, А. Г. Иванов // Научное обеспечение реализации национальных проектов в сельском хозяйстве: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. 28 февр. – 03 марта 2006 г.– Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. – 2006. – 324 с.

7. Касимов, Н. Г. Технические измерения и метрологическое обеспечение научных исследований ротационной бороны при взаимодействии с почвой / Н. Г. Касимов, В. Ф. Первушин // Динамика механических систем: м-лы I Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти профессора А. К. Юлдашева. – Казанский ГАУ; Ижевская ГСХА. – 2018. – С. 263 – 267.

8. Патент 191572 Российская Федерация, МПК А01С 11/02 Рассадопосадочная машина / В. И. Константинов, Н. Г. Касимов; заявитель и патентообладатель Константинов В.И. – № 2019100375; заявл. 09.01.2019; опубл. 13.08.2019. Бюл. № 23.

9. Пат. № 2606792 Российская Федерация, МПК 01/02 Рассадопосадочная машина / Н. Г. Касимов, В. И. Константинов, А. В. Ботин, О. Н. Крылов, А. Г. Иванов, В. Ф. Первушин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – № 2014149532/13; заявл.08.12.2014; опубл. 10.01.2017. Бюл. № 1.

10. Патент 2647857 Российская Федерация, МПК А01С 11/02, А01С 7/00 Способ посадки клубней и рассады овощных культур / Н. Г. Касимов, О. Н. Крылов; заявитель и патентообладатель Касимов Н.Г. – № 2017112237; заявл. 04.10.2017; опубл.03.21.2018. Бюл. № 9.

11. Тютин, И. Э. Калибратор клубней картофеля / И. Э. Тютин, Н. Г. Касимов // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Международ. науч.-практ. конф. в 3 т. – ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 155–157.

12. Разработка функционально-морфологической модели машины для посадки рассады капусты / Н. Г. Касимов, В. И. Константинов, Р. Р. Шакиров, А. Л. Шкляев, К. Л. Шкляев, И. А. Дерюшев, А. В. Костин // Вестник НГИ-ЭИ. – 2019. – № 8(99). – С. 5–17.

УДК 631.356.022.

**Ю. Г. Корепанов, А. Г. Иванов, Ф. Р. Арсланов, А. Ю. Алексеева**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО РАБОЧЕГО ОРГАНА КОРНЕКЛУБНЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ**

Приведена методика определения размеров звеньев нового механизма. Получены уравнения для определения параметров звеньев.

При рассмотрении современных технологий возделывания корнеклубнеплодов и патентном поиске выкапывающих рабочих органов корнеклубнеуборочных машин для снижения энергозатрат необходимо использовать энергосберегающий способ и устройство для выкапывания корнеклубнеплодов за счет деформаций растяжения и сдвига пласта [1, 4, 5, 9, 12, 14, 18].

Проведенный анализ работы активного копача позволил предложить рациональный алгоритм его работы [7, 8, 13]. В начале прямого хода (рассматривая его по ходу движения машины) лемех копача заглубляется в почву (рис. 1 а, б). затем, примерно с середины фазы прямого хода, лемех движется прямолинейно, горизонтально. В конце прямого хода необходимо обеспечить подъем лемеха копача с тем, чтобы оторвать пласт земли от основного массива почвы. При разрушении связи с массой почвы резко уменьшаются силы сопротивления на перемещение пласта земли по лемеху [2, 11].

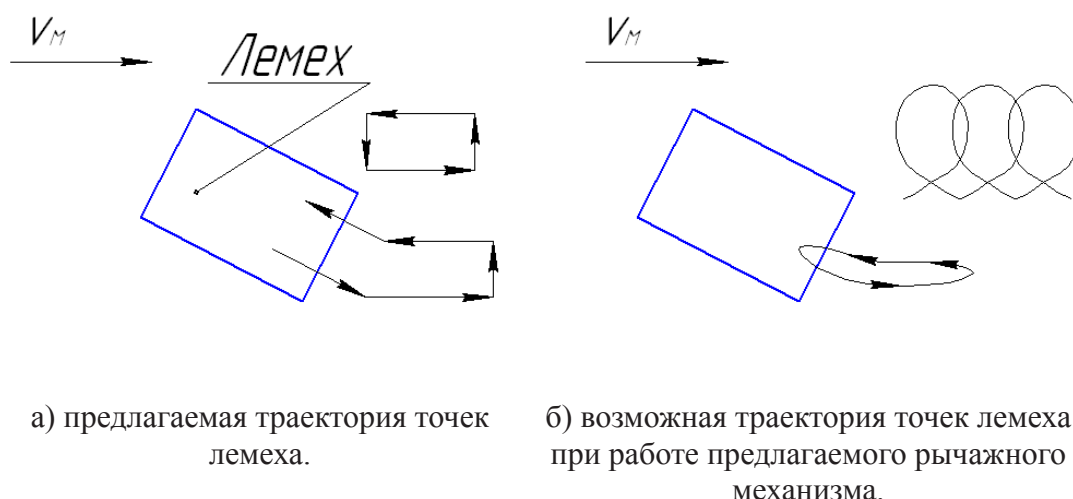


Рисунок 1 – Варианты траектории точек лемеха

На обратном ходе лемех вместе с пластом движется назад, подавая корнеклубненосный пласт в зону отделения корнеклубнеплодов от почвенных примесей. Одновременно происходит дробление пласта на задней части лемеха, что облегчает отделение корнеклубнеплодов [6, 10, 15, 16].

Для реализации выбранного закона движения предлагается усовершенствованный механизм привода активного копателя, состоящий из 6-ти звеньев. Механизм состоит из стандартного 4-звенника, к которому добавлена группа Асура второго класса второго порядка 1 вида. Данная группа присоединена к исходному механизму, образует второй шарнирный 4-звенник (рис. 2).

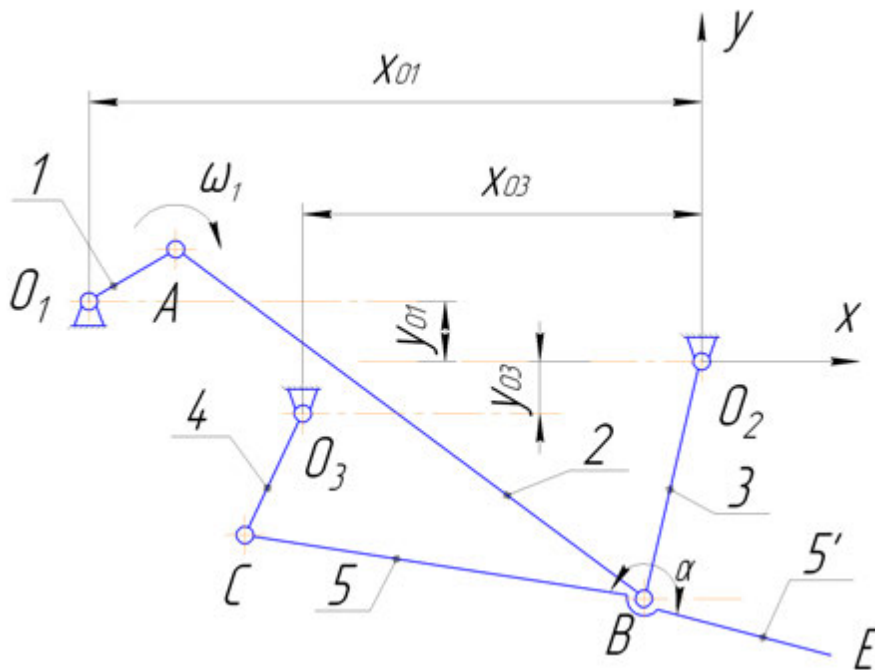


Рисунок 2 – Схема механизма привода лемеха

Исходный механизм привода лемеха не изменяется. Задачей синтеза является определение параметров механизма второго 4-звенника. Для решения этой задачи определим крайние положения коромысла  $O_2B$ , определяемые углом поворота  $\varphi_3$  звена 3 (рис. 3).

Выбор системы отчета связан с удобством совместного рассмотрения двух частей исследуемого механизма привода копача [3, 17]. Кроме того, ось  $O_2X$  совпадает с направлением поступательного движения всей машины по полю, что облегчает вывод уравнений абсолютного движения точек лемеха.

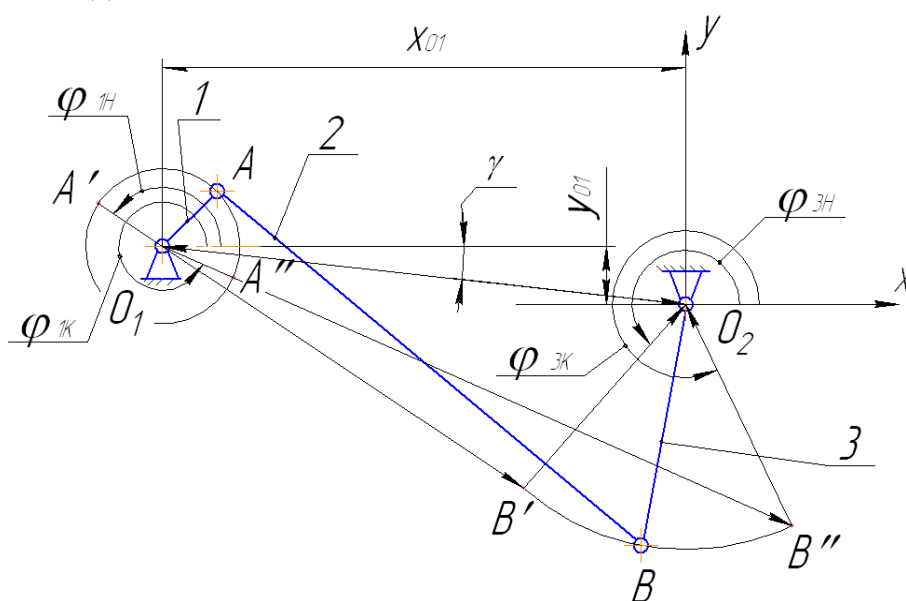


Рисунок 3 – Схема механизма первого 4-звенника с крайним положением



Рассматривая контур, образованный треугольником  $\Delta O_1 B' O_2$ . Исходя из теоремы косинусов, имеет выражение для стороны  $O_2 B'$ .

$$l_{O_2 B'}^2 = (l_{AB} - l_{O_1 A})^2 + l_{O_1 O_2}^2 - 2 \cdot (l_{AB} - l_{O_1 A}) \cdot l_{O_1 O_2} \cdot \cos(\pi - \varphi_{1H} + \gamma),$$

где  $\gamma$  – угол наклона линии центров  $O_1 O_2$  к горизонту:

$$\gamma = \arctg \frac{Y_{0_1}}{X_{0_1}} \text{ (рад);}$$

где  $\varphi_{1H}$  – угол поворота кривошипа 1, определяющий первое крайнее положение механизма, рад.

Выразим угол  $\varphi_{1H}$  при учете того, что  $l_{O_2 B'} = l_{O_2 B''} = l_{O_2 B}$ :

$$\varphi_{1H} = \pi - \arccos \left[ \frac{l_{O_2 B}^2 - (l_{AB} - l_{O_1 A})^2 - l_{O_1 O_2}^2}{2 \cdot (l_{AB} - l_{O_1 A}) \cdot l_{O_1 O_2}} \right] + \gamma \quad (1)$$

Для данного контура имеем векторное уравнение:

$$\vec{O_1 B'} + \vec{B' O_2} + \vec{O_1 O_2} = 0.$$

Проецируем данное уравнение на оси выбранной системы координат, получаем два скалярных выражения:

$$\text{по оси } O_2 X \rightarrow (l_{AB} - l_{O_1 A}) \cdot \cos(\varphi_{1H} - \pi + \gamma) + l_{O_2 B} \cdot \cos(\varphi_{3H} - \pi) + X_{0_1} = 0; \quad (2)$$

$$\text{по оси } O_2 Y \rightarrow -(l_{AB} - l_{O_1 A}) \cdot \sin(\varphi_{1H} - \pi) + l_{O_2 B} \cdot \sin(\varphi_{3H} - \pi) + Y_{0_1} = 0,$$

где  $\varphi_{3H}$  – угол, определяющий положение коромысла 3 в начальном крайнем положении, рад.

Выражаем из системы уравнений (2) искомый угол  $\varphi_{3H}$ :

$$\varphi_{3H} = \pi + \arctg \left[ \frac{(l_{AB} - l_{O_1 A}) \cdot \sin(\varphi_{1H} - \pi + \gamma) + Y_{0_1}}{(l_{AB} - l_{O_1 A}) \cdot \cos(\varphi_{1H} - \pi + \gamma) + X_{0_1}} \right] \quad (3)$$

Аналогично рассматриваем контур, образованный треугольником  $\Delta O_1 B'' O_2$ . Углы  $\varphi_{1K}$  и  $\varphi_{3K}$  определяют крайние положения звеньев 1 и 3.

По теореме косинусов находим:

$$\varphi_{3H} = 2\pi - \arccos \left[ \frac{(l_{AB} + l_{0_1A})^2 + l_{0_1O_2}^2 - l_{0_2B}^2}{2 \cdot (l_{AB} + l_{0_1A}) \cdot l_{0_1O_2}} \right] + \gamma \quad (4)$$

Проецируем векторное уравнение  $\vec{O_1B''} + \vec{B''O_2} + \vec{O_1O_2} = 0$  на оси системы координат:

$$\text{по оси } O_2X \rightarrow (l_{AB} + l_{0_1A}) \cdot \cos(2\pi - \varphi_{1K} + \gamma) + l_{0_2B} \cdot \cos(\varphi_{3K} - \pi) + X_{0_1} = 0; \quad (5)$$

$$\text{по оси } O_2Y \rightarrow (l_{AB} - l_{0_1A}) \cdot \sin(\varphi_{1K} - 2\pi + \gamma) + l_{0_2B} \cdot \sin(\varphi_{3K} - \pi) + Y_{0_1} = 0.$$

Угол  $\varphi_{3K}$  выражаем из системы уравнений (5):

$$\varphi_{3K} = \pi + \operatorname{arctg} \left[ \frac{(l_{AB} - l_{0_1A}) \cdot \sin(\varphi_{1K} - 2\pi + \gamma) + Y_{0_1}}{(l_{AB} - l_{0_1A}) \cdot \cos(2\pi - \varphi_{1K} + \gamma) + X_{0_1}} \right] \quad (6)$$

Подставив числовые значения в уравнения, получили следующие результаты:

- $\varphi_{1H} = 173,121^\circ$ ,
- $\varphi_{1K} = 352,815^\circ$ ,
- $\varphi_{3H} = 244,910^\circ$ ,
- $\varphi_{3K} = 279,733^\circ$ .

Следующий этап заключается в непосредственном синтезе схемы второго шарнирного 4–звенника (рис. 4). Механизм имеет начальное звено – коромысло 3, выходное звено – шатун 5, к которому жестко прикреплен лемех 5' под углом  $\alpha$ . Длина коромысла 3 и лемеха 5' известны. Следует подобрать размеры звеньев 4 и 5, межосевое расстояние  $O_2O_3$ , чтобы траектория движения точки Е носика лемеха удовлетворяла поставленным задачам. Следует учесть, что механизм следует расположить на раме существующей машины, поэтому для размеров звеньев существуют некоторые конструктивные ограничения. Так, центр шарнирно-неподвижной опоры  $O_3$  удобно разместить на дуговом кронштейне, удерживающем шарнирно-неподвижную опору  $O_2$  коромысла 3. При этом точки  $O_2$  и  $O_3$  можно расположить вдоль горизонтальной прямой, совпадающей с осью абсцисс. Длина  $l_{0_2O_3}$  может изменяться в этом случае в пределах 0,17...0,23м. Механизм, образованный звеньями 3, 4, 5 и стойкой (неподвижное звено, представляющее собой раму машины), является двухкоромысловым, т.к. при вращении кривошипа 1 звенья 3 и 4 не могут совершить полный оборот вокруг своих осей вращения.

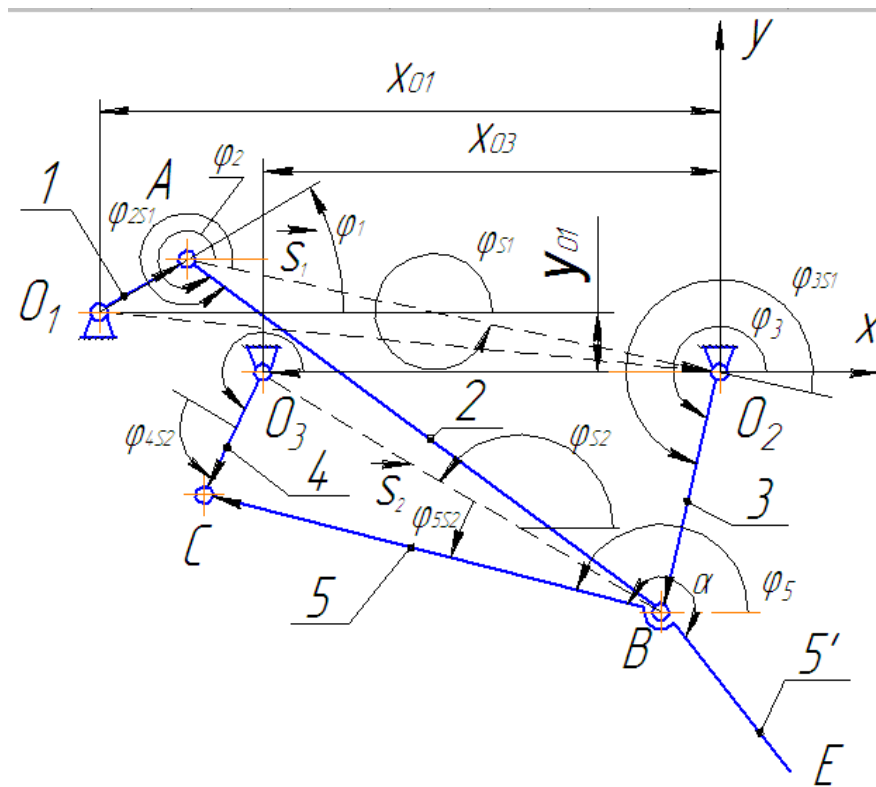


Рисунок 4 – Схема предлагаемого механизма 4-звенника с крайними положениями

Для обеспечения работы механизма следует вписать длину коромысла 4 в габариты машины необходимо принять величину  $l_{0_3C} < l_{0_2B}$ . С другой стороны, длина коромысла 4 не должна быть слишком малой, иначе в предельном случае звено 4 станет кривошипом, а механизм станет нестабильным. Возникнут новые крайние положения, проходя через которые будет теряться однозначность движения. Эти положения называются сингулярными (особыми положениями) или точками бифуркации.

При дальнейшем уменьшении длины  $l_{0_3C}$  механизм не сможет существовать, т.к. при повороте кривошипа  $O_1A$  между крайними положениями звено 4 должно повернуться на угол, который больше фазы вращения между его крайними положениями. Таким образом, длина звена 4 должна находиться в пределах  $0,1 \dots 0,175$  м.

Длина шатуна 5 проверяется по неравенству, выражающему условие существования механизма  $l_{0_3C} + l_{0_2O_3} \leq l_{0_2B} + l_{BC}$ . Из данного неравенства выразим:

$$l_{BC} \geq l_{0_3C} + l_{0_2O_3} - l_{0_2B} \quad (7)$$

Задачу синтеза механизма приведем к классической постановке. Для определения трех параметров механизма (длины  $l_{0_3C}$ ,  $l_{0_2O_3}$ ,  $l_{BC}$ ) следует задать три положения механизма с заданными углами, опре-

деляющими положения звеньев 3 и 4 [2, 6]. Начальным звеном (звеном, которому приписана обобщенная координата) является коромысло 3. Фазу прямого хода  $\varphi_{PX}$ , определяемого углами  $\varphi_{3H}$  и  $\varphi_{3K}$ , разбиваем на две части промежуточным положением  $\varphi_{3П}$  в соотношении 2:1. На первом, более продолжительном этапе движения, составляющем  $2/3$  от фазы  $\varphi_{PX}$ , лемех должен заглубиться в почву, подрывая пласт под корненесущим слоем. Затем, на втором этапе, составляющем  $1/3$  от фазы  $\varphi_{PX}$ , лемех должен двигаться практически поступательно прямолинейно в горизонтальном направлении. На фазе обратного хода  $\varphi_{XX}$ . Трём положениям коромысла  $\varphi_{3HP}$   $\varphi_{3IP}$   $\varphi_{3KP}$  задаются три положения коромысла 4:  $\varphi_{4HP}$   $\varphi_{4IP}$   $\varphi_{4KP}$ . Введем безразмерные параметры, определяющие искомые размеры проектируемого механизма:

$$a = \frac{l_{BC}}{l_{0_2B}}; \quad b = \frac{l_{0_3C}}{l_{0_2B}}; \quad c = \frac{l_{0_20_3}}{l_{0_2B}}. \quad (8)$$

Представим стороны шарнирного 4-звенника в виде векторов  $\vec{i}$ ,  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$  и  $\vec{c}$  (рис. 5.), причем  $i = 1$ .

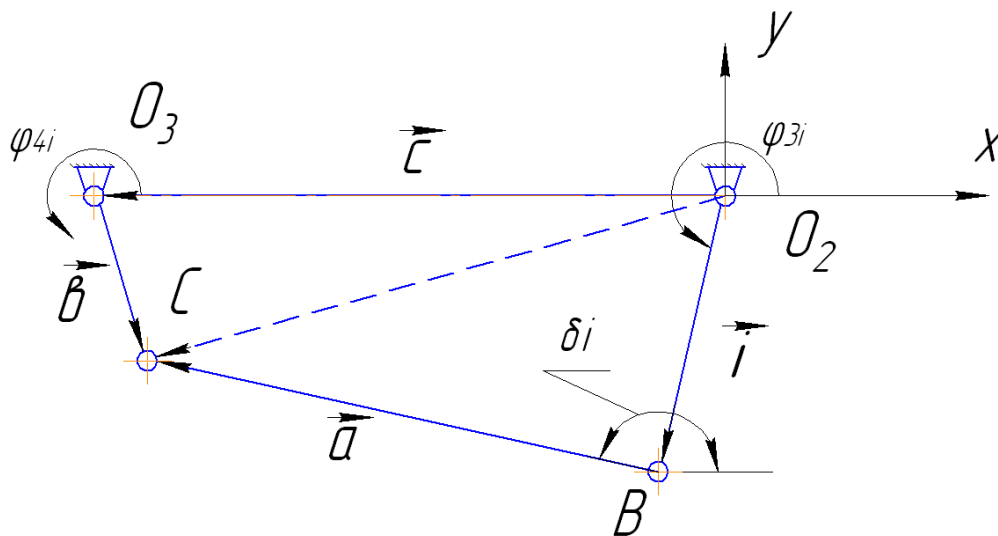


Рисунок 5 – Проектирование схемы механизма шарнирного 4-звенника по трем положениям

Имеет место векторное равенство:

$$\vec{i} + \vec{a} = \vec{c} + \vec{b} \quad (9)$$

Проецируем обе части уравнения (9) на оси системы координат. Обозначим угол, образованный шатуном BC с осью  $O_2X$ , через  $\delta$

получаем для произвольного  $i$ -го положения механизма уравнения на оси проекций  $O_2X$  и  $O_2Y$  в виде:

$$\begin{aligned}\cos \varphi_{3i} + a \cdot \cos \delta_i &= c + \nu \cdot \cos \varphi_{4i}, \\ \sin \varphi_{3i} + a \cdot \sin \delta_i &= \nu \cdot \sin \varphi_{4i}.\end{aligned}\quad (10)$$

или

$$\begin{aligned}a \cdot \cos \delta_i &= c + \nu \cdot \cos \varphi_{4i} - \cos \varphi_{3i}, \\ a \cdot \sin \delta_i &= \nu \cdot \sin \varphi_{4i} - \sin \varphi_{3i}.\end{aligned}\quad (11)$$

Возводим уравнения системы (11) в квадрат и складываем их между собой. Тогда получаем:

$$\begin{aligned}a^2 \cdot \cos^2 \delta_i &= c^2 + 2c \cdot \nu \cdot \cos \varphi_{4i} + \nu^2 \cdot \cos^2 \varphi_{4i} - 2c \cdot \cos \varphi_{3i} - \\ &- 2\nu \cdot \cos \varphi_{4i} \cdot \cos \varphi_{3i} + \cos^2 \varphi_{3i}\end{aligned}$$

$$a^2 \cdot \sin^2 \delta_i = \nu^2 \cdot \sin^2 \varphi_{4i} - 2\nu \cdot \sin \varphi_{4i} \cdot \sin \varphi_{3i} + \sin^2 \varphi_{3i}.$$

$$\begin{aligned}a^2 (\cos^2 \delta_i + \sin^2 \delta_i) &= c^2 + \nu^2 (\cos^2 \varphi_{4i} + \sin^2 \varphi_{4i}) + (\cos^2 \varphi_{3i} + \sin^2 \varphi_{3i}) + \\ &+ 2c \cdot \nu \cdot \cos \varphi_{4i} - 2c \cdot \cos \varphi_{3i} - 2\nu (\cos \varphi_{4i} \cdot \cos \varphi_{3i} + \sin^2 \varphi_{4i} \cdot \sin^2 \varphi_{3i})\end{aligned}$$

После преобразований получаем:

$$a^2 = c^2 + \nu^2 + 1 + 2c \cdot \nu \cdot \cos \varphi_{4i} - 2c \cdot \cos \varphi_{3i} - 2\nu (\varphi_{4i} \cdot \varphi_{3i}) \quad (12)$$

Переносим  $a^2$  в правую часть и делим все члены уравнения (12) на  $2c$ . Решаем уравнение относительно  $\cos \varphi_{3i}$ , получаем:

$$\cos \varphi_{3i} = \nu \cdot \cos \varphi_{4i} - \frac{\nu}{c} \cos(\varphi_{4i} - \varphi_{3i}) + \frac{c^2 + \nu^2 + 1 - a^2}{2c} \quad (13)$$

Сделаем следующие обозначения:

$$p_1 = \nu; \quad p_2 = -\frac{\nu}{c}; \quad p_3 = \frac{c^2 + \nu^2 + 1 - a^2}{2c}. \quad (14)$$

Тогда уравнение (13) станет линейным относительно параметров  $p_1, p_2, p_3$ :

$$\cos \varphi_{3i} = p_1 \cdot \cos \varphi_{4i} - p_2 \cdot \cos(\varphi_{4i} - \varphi_{3i}) + p_3. \quad (15)$$

Подставляем в выражение (15) заданные значения углов  $\varphi_{3HP}$ ,  $\varphi_{3IP}$ ,  $\varphi_{3K}$ ,  $\varphi_{4HP}$ ,  $\varphi_{4IP}$ ,  $\varphi_{4K}$ , получаем систему 3-линейных уравнений с тремя неизвестными параметрами  $p_1$ ,  $p_2$ ,  $p_3$ :

$$\begin{aligned} \cos \varphi_{3H} &= p_1 \cdot \cos \varphi_{4H} - p_2 \cdot \cos(\varphi_{4H} - \varphi_{3H}) + p_3, \\ \cos \varphi_{3\Pi} &= p_1 \cdot \cos \varphi_{4\Pi} - p_2 \cdot \cos(\varphi_{4\Pi} - \varphi_{3\Pi}) + p_3, \\ \cos \varphi_{3K} &= p_1 \cdot \cos \varphi_{4K} - p_2 \cdot \cos(\varphi_{4K} - \varphi_{3K}) + p_3. \end{aligned} \quad (16)$$

Решаем систему (16) методом Крамера, который удобно реализовать в компьютерной программе. Находим главный определитель системы:

$$\Delta = \begin{vmatrix} \cos \varphi_{4H} & -\cos(\varphi_{4H} - \varphi_{3H}) & 1 \\ \cos \varphi_{4\Pi} & -\cos(\varphi_{4\Pi} - \varphi_{3\Pi}) & 1 \\ \cos \varphi_{4K} & -\cos(\varphi_{4K} - \varphi_{3K}) & 1 \end{vmatrix} \quad (17)$$

Если определитель системы отличен от нуля ( $\Delta \neq 0$ ), то система имеет одно решение, в противном случае система решений либо не имеет, либо имеет бесконечное множество решений.

Составляем побочные определители системы, заменяя соответствующие столбы главного определителя  $\Delta$  столбцом свободных членов:

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} \cos \varphi_{4H} & -\cos(\varphi_{4H} - \varphi_{3H}) & 1 \\ \cos \varphi_{4\Pi} & -\cos(\varphi_{4\Pi} - \varphi_{3\Pi}) & 1 \\ \cos \varphi_{4K} & -\cos(\varphi_{4K} - \varphi_{3K}) & 1 \end{vmatrix} \quad (18)$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} \cos \varphi_{4H} & \cos \varphi_{3H} & 1 \\ \cos \varphi_{4\Pi} & \cos \varphi_{3\Pi} & 1 \\ \cos \varphi_{4K} & \cos \varphi_{3K} & 1 \end{vmatrix} \quad (19)$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} \cos \varphi_{4H} & -\cos(\varphi_{4H} - \varphi_{3H}) & \cos \varphi_{3H} \\ \cos \varphi_{4\Pi} & -\cos(\varphi_{4\Pi} - \varphi_{3\Pi}) & \cos \varphi_{3\Pi} \\ \cos \varphi_{4K} & -\cos(\varphi_{4K} - \varphi_{3K}) & \cos \varphi_{3K} \end{vmatrix} \quad (20)$$

Тогда определяем промежуточные параметры:



$$p_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta}; p_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta}; p_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta}. \quad (21)$$

Используя замену (14), находим безразмерные параметры длин звеньев:

$$\begin{aligned} v &= p_1; \\ c &= -\frac{v}{p_2} = -\frac{p_1}{p_2}; \end{aligned} \quad (22)$$

$$a = \sqrt{c^2 + v^2 + 1 - 2c \cdot p_3} = \sqrt{\left(\frac{-p_1}{p_2}\right)^2 + p_1^2 + 1 + 2\frac{p_1}{p_2} \cdot p_3}.$$

Используя соотношения (8), определяем искомые длины звеньев:

$$\begin{aligned} l_{BC} &= l_{0_2B} \cdot a; \\ l_{0_3C} &= l_{0_2B} \cdot v; \\ l_{0_20_3} &= l_{0_2B} \cdot c. \end{aligned} \quad (23)$$

#### Список литературы

1. Колчинский, Ю. Л. Механизация производства картофеля / Ю. Л. Колчинский, В. Ф. Первушин, Ю. Г. Корепанов; под ред. Ю. Л. Колчинского, В. Ф. Первушина, Ю. Г. Корепанова. – Ижевск: ИжГСХА, 2004.
2. Корепанов, Ю. Г. Анализ сил, действующих на корнеклубнеплод спаренным двухгранным клином / Ю. Г. Корепанов, Ф. Р. Арсланов // Наука, инновации и образование в современном АПК: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Ижевск, 2014. – С. 202–204.
3. Корепанов, Ю. Г. Методика исследования отрыва корнеклубненого пласта / Ю. Г. Корепанов, Ф. Р. Арсланов, В. Ю. Шатунов // Аграрная наука – инновационному развитию АПК в современных условиях: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. — Ижевск: ИжГСХА, 2013. – С. 92–95.
4. Корепанов, Ю. Г. Обоснование рабочего органа для выкапывания моркови / Ю. Г. Корепанов, В. Ю. Шатунов // Научное обеспечение инновационного развития АПК: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию государственности Удмуртии. – Ижевск: ИжГСХА, 2010. – С. 55–57.
5. Корепанов, Ю. Г. Прибор для исследования отрыва корнеклубненого пласта / Ю. Г. Корепанов, Ф. Р. Арсланов, В. Ю. Шатунов // Актуальные проблемы механизации сельского хозяйства: м-лы юбилейной научно-практ.

конф. 55 лет высшему агроинженерному образованию в Удмуртии; редколл.: П. Л. Максимов, А. Г. Иванов, О. С. Федоров. – Ижевск, 2010. – С. 66–67.

6. Корепанов, Ю. Г. Синтез механизма колеблющего лемеха корнеклубнеуборочной машины / Ю. Г. Корепанов, Ф. Р. Арсланов // Научное обеспечение инновационного развития АПК: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию государственности Удмуртии. – Ижевск, 2010. – С. 57–62.

7. Корепанов, Ю. Г. Систематизация выкапывающих рабочих органов корнеклубнеуборочных машин / Ю. Г. Корепанов // Исследования рабочих процессов машин в растениеводстве: сб. науч. тр. – Пермь: Пермский ГСХИ им. академика Д. Н. Прянишникова. – 1982. – С. 97–99.

8. Максимов, Л. М. Выкапывающие рабочие органы корнеклубнеуборочных машин / Л. М. Максимов, Ю. Г. Корепанов // Исследование рабочих процессов в растениеводстве: сб. науч. тр. – Пермь: Пермский ГСХИ им. академика Д. Н. Прянишникова. – 1982. – С. 90–96.

9. Максимов, Л. М. Картофель убирает мини-комбайн / Л. М. Максимов, Ю. Г. Корепанов, К. Л. Шкляев // Сельский механизатор. – 2007. – № 4. – С. 12–13.

10. Обоснование параметров энергосберегающего рабочего органа для выкапывания корнеклубнеплодов / Ю. Г. Корепанов, А. Г. Иванов, Ф. Р. Арсланов [и др.] // Новый университет. Серия: Технические науки. – 2016. – № 8–9 (54–55). – Ижевск, 2016. – С. 63–70.

11. Обоснование траектории движения лемеха корнеклубнеуборочной машины / Ю. Г. Корепанов, Ф. Р. Арсланов, Н. Ю. Касаткина [и др.] // Новый университет. Серия: Технические науки. – 2016. – № 8–9 (54–55). – С. 71–75.

12. Патент на изобретение RUS 135224 25.03.2013. / Картофелекопатель // В. Ф. Первушин, А. Г. Левшин, Н. П. Зверев, М. З. Салимзянов, И. Ш. Фатыхов, Ю. Г. Корепанов, Н. Г. Касимов, Ф. Р. Арсланов

13. Патент на изобретение RUS 2224394 13.03.2001. / Комбинированное почвообрабатывающее орудие // В. Ф. Первушин, В. Г. Медведев, Ю. Г. Корепанов, В. А. Мельников, В. А. Никитин.

14. Патент на изобретение RUS 2492621 08.07.2011. / Способ извлечения корнеклубнеплодов из почвы и устройство для его осуществления // Ю. Г. Корепанов, А. А. Сорокин, А. Г. Иванов, Ф. Р. Арсланов, И. Г. Поспелова.

15. Патент на полезную модель RUS 118507 23.05.2011. / Прибор для исследования отрыва корнеклубнеплода // Ю. Г. Корепанов, Ф. Р. Арсланов, В. Ю. Шатунов, М. Л. Феклина.

16. Патент на полезную модель RUS 189315 02.11.2018. / Прибор для исследования отрыва корнеклубнеплода // Ю. Г. Корепанов, Ф. Р. Арсланов, А. Ю. Алексеева, А. Г. Иванов, М. В. Шкляев, И. Н. Скурыгин, Д. А. Вахрамеев.

17. Теоретические предпосылки для обоснования параметров дискового энергосберегающего рабочего органа / Ю. Г. Корепанов, А. Г. Иванов, Ф. Р. Арсланов [и др.] // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственно-

го импортозамещения: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск: ИжГСХА. – 2016. – С. 33–39.

18. Техничко-экономическая оценка технологий возделывания картофеля в фермерских и личных подсобных хозяйствах / М. З. Салимзянов, В. Ф. Первушин, Н. Г. Касимов [и др.] // Вестник Ижевской ГСХА. – 2012. – № 1 (30). – С. 44–47.

УДК 631.356.022.

**Ю. Г. Корепанов, Ф. Р. Арсланов, А. Ю. Алексеева**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ЛЕМЕХА ДЛЯ ВЫКАПЫВАНИЯ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ**

Приведена методика расчета траектории движения лемеха корнеклубнеуборочной машины. Получены уравнения движения носка лемеха.

При оценке технико-экономических показателей возделывания корнеклубнеплодов необходимо рассмотреть операцию выкапывания корнеклубнеплодов как самую энергозатратную [1, 9, 12, 18]. Для снижения сопротивления почвы при выкапывании следует определить методику расчета траектории движения носка лемеха корнеклубнеуборочной машины и необходимые геометрические соотношения [7, 8, 10, 13, 14].

Согласно теоретическим исследованиям и опытным испытаниям отрыва пласта почвы, представим кинематическую схему всего механизма привода активного лемеха (рис. 1) [2, 5, 11, 15, 16]. Разбиваем механизм, состоящий из звеньев 1, 2, 3 и стойки, на два векторных треугольника  $\Delta O_1AO_2$  и  $\Delta ABO_2$ . Для контура  $O_1AO_2$  получаем векторное равенство

$$\vec{O_1A} + \vec{S}_1 - \vec{O_1O_2} = 0, \quad (1)$$

для контура  $ABO_2$

$$\vec{AB} - \vec{O_2B_1} - \vec{S}_1 = 0, \quad (2)$$

где  $\vec{S}_1 = \vec{AO_2}$  – переменный вектор, определяющий взаимное положение точек А и  $O_2$ .

Проецируем векторы уравнения (1) на оси координат:

$$X_{0_1} + l_{0_1,A} \cdot \cos \varphi_1 + S_1 \cdot \cos \varphi_{S_1} = 0;$$

$$Y_{0_1} + l_{0_1,A} \cdot \sin \varphi_1 + S_1 \cdot \sin \varphi_{S_1} = 0.$$

Отсюда получаем угол  $\varphi_{S_1}$  :

$$\operatorname{tg} \varphi_{S_1} = \frac{Y_{0_1} + l_{0_1,A} \cdot \sin \varphi_1}{X_{0_1} + l_{0_1,A} \cdot \cos \varphi_1}.$$

Угол  $\varphi_{S_1}$  может находиться в I или IV четвертях тригонометрического круга, поэтому

$$\varphi_{S_1} = \operatorname{arctg} \frac{Y_{0_1} + l_{0_1,A} \cdot \sin \varphi_1}{X_{0_1} + l_{0_1,A} \cdot \cos \varphi_1}. \quad (3)$$

Модуль вектора  $\vec{S}_1 = A\vec{O}_2$ :

$$S_1 = -\frac{Y_{0_1} + l_{0_1,A} \cdot \sin \varphi_1}{\sin \varphi_{S_1}}. \quad (4)$$

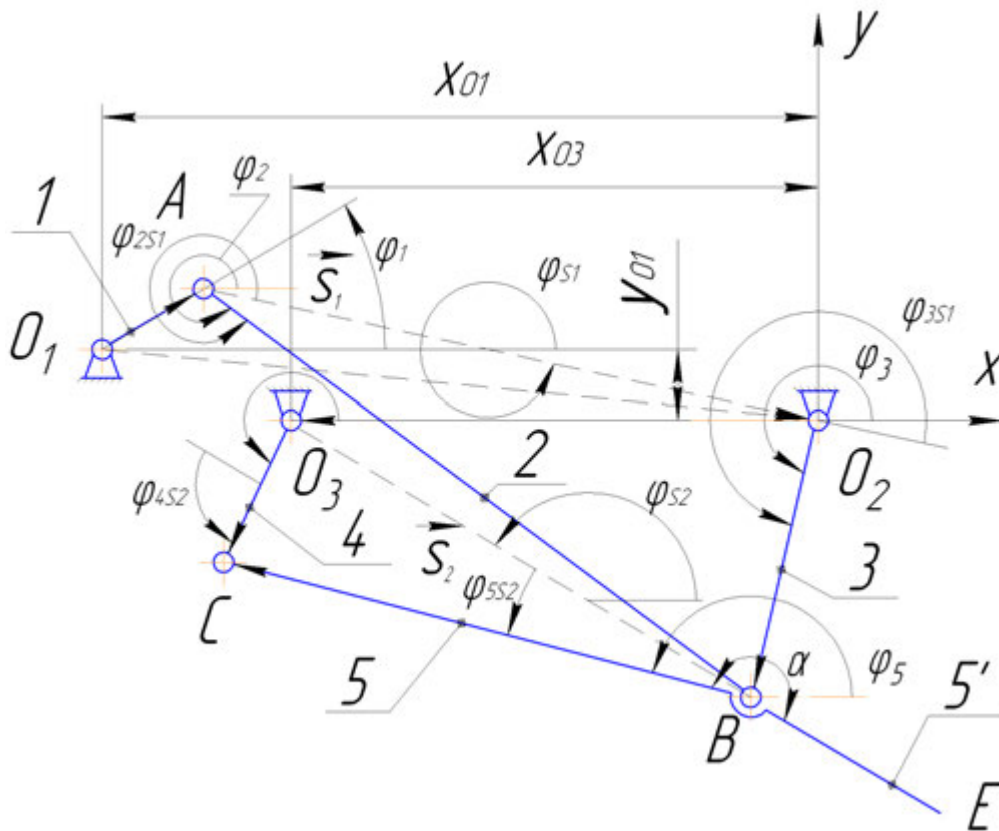


Рисунок 1 – Схема к выводу основных кинематических соотношений в механизме

При рассмотрении треугольника  $\Delta ABO_2$  удобно ввести углы наклона звеньев 2 и 3 к вектору  $\vec{S}_1$ , обозначив их  $\varphi_{2S_1}$  и  $\varphi_{3S_1}$  соответственно. Применяя теорему косинусов, получаем два соотношения:

$$l_{0_2B}^2 = l_{AB}^2 - S_1^2 - 2 \cdot l_{AB} \cdot S_1 \cdot \cos(2\pi - \varphi_{2S_1}),$$

$$l_{AB}^2 = S_1^2 + l_{0_2B}^2 - 2 \cdot S_1 \cdot l_{0_2B} \cdot \cos(\varphi_{3S_1} - \pi).$$

Из этих выражений находим углы:

$$\varphi_{2S_1} = 2\pi - \arccos\left[\frac{l_{AB}^2 + S_1^2 - l_{0_2B}^2}{2 \cdot l_{AB} \cdot S_1}\right], \quad (5)$$

$$\varphi_{3S_1} = \pi + \arccos\left[\frac{S_1^2 + l_{0_2B}^2 - l_{AB}^2}{2 \cdot l_{0_2B} \cdot S_1}\right], \quad (6)$$

Определяем углы, задающие положения звеньев:

$$\varphi_2 = \varphi_{2S_1} + \varphi_{S_1}, \quad (7)$$

$$\varphi_3 = \varphi_{3S_1} + \varphi_{S_1}, \quad (8)$$

Аналогично рассматриваем второй 4-звенник, образованный звеньями 3, 4, 5 и стойкой. Разбиваем механизм на два векторных контура: треугольники  $\Delta O_2BO_3$  и  $\Delta BCO_3$ . Для контура  $O_2BO_3$  имеем векторное равенство:

$$\vec{O_2B} + \vec{S}_2 - \vec{O_2O_3} = 0, \quad (9)$$

для контура  $BCO_3$

$$\vec{BC} - \vec{O_3C} - \vec{S}_2 = 0, \quad (10)$$

где  $\vec{S}_2 = \vec{BO_3}$  – переменный вектор, определяющий взаимное положение точек В и  $O_3$ .

Проецируем векторы уравнения (9) на оси координат:

$$l_{0_2B} \cdot \cos \varphi_3 + S_2 \cdot \cos \varphi_{S_2} - X_{O_3} = 0;$$

$$l_{0_2B} \cdot \sin \varphi_3 + S_2 \cdot \sin \varphi_{S_2} = 0.$$

Выразим тангенс  $\varphi_{S_2}$ :

$$\operatorname{tg} \varphi_{S_2} = \frac{-l_{0_2B} \cdot \sin \varphi_3}{X_{0_3} - l_{0_2B} \cdot \cos \varphi_3}.$$

Так как  $\cos \varphi_{S_2} = \frac{X_{0_3} - l_{0_2B} \cdot \cos \varphi_3}{S_2} < 0$ , то

$$\varphi_{S_2} = \pi + \operatorname{arctg} \left[ \frac{-l_{0_2B} \cdot \sin \varphi_3}{X_{0_3} - l_{0_2B} \cdot \cos \varphi_3} \right]. \quad (11)$$

Модуль вектора  $\vec{S}_2 = B\vec{O}_3$  равен:

$$S_2 = -\frac{l_{0_2B} \cdot \sin \varphi_3}{\sin \varphi_{S_2}}. \quad (12)$$

При рассмотрении второго контура треугольника  $\Delta BCO_3$  вводим углы наклона векторов  $B\vec{C}$  и  $O_3\vec{C}$  к вектору  $\vec{S}_2$ , обозначив их  $\varphi_{5S_2}$  и  $\varphi_{4S_2}$  соответственно. Применяя теорему косинусов, получаем два соотношения

$$l_{BC}^2 = l_{0_3C}^2 - S_2^2 - 2 \cdot l_{0_3C} \cdot S_2 \cdot \cos(2\pi - \varphi_{4S_2}),$$

$$l_{0_3C}^2 = S_2^2 + l_{BC}^2 - 2 \cdot l_{BC} \cdot S_2 \cdot \cos \varphi_{5S_2}.$$

Из данных выражений находим углы:

$$\varphi_{4S_2} = \pi - \arccos \left[ \frac{l_{0_3C}^2 + S_2^2 - l_{BC}^2}{2 \cdot l_{0_3C} \cdot S_2} \right], \quad (13)$$

$$\varphi_{3S_2} = \arccos \left[ \frac{l_{BC}^2 + S_2^2 - l_{0_3C}^2}{2 \cdot l_{BC} \cdot S_2} \right], \quad (14)$$

Находим углы, задающие положения звеньев:

$$\varphi_4 = \varphi_{S_2} + \varphi_{4S_2}, \quad (15)$$



$$\varphi_5 = \varphi_{S_2} + \varphi_{5S_2}. \quad (16)$$

Таким образом, определили положения всех звеньев механизма в зависимости от поворота кривошипа 1.

Выразим координаты точки E конца лемеха (рис. 1):

$$\begin{aligned} X_E &= l_{0_2B} \cdot \cos \varphi_3 + l_{BE} \cdot \cos(\varphi_5 - \alpha); \\ Y_E &= l_{0_2B} \cdot \sin \varphi_3 + l_{BE} \cdot \sin(\varphi_5 - \alpha). \end{aligned} \quad (17)$$

Если уборочная машина идет со скоростью  $v_M$ , а кривошип вращается со скоростью  $\omega$  (связана со скоростью через синхронизированный ВОМ трактора), то:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \omega \cdot t + \alpha_H; \\ \varphi_3 &= f(t); \\ \varphi_5 &= q(t), \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} X_E &= l_{0_2B} \cdot \cos \varphi_3 + l_{BE} \cdot \cos(\varphi_5 - \alpha) + v_M \cdot t, \\ Y_E &= l_{0_2B} \cdot \sin \varphi_3 + l_{BE} \cdot \sin(\varphi_5 - \alpha), \end{aligned} \quad (19)$$

где  $f(t)$  и  $q(t)$  – некоторые функции, зависящие от времени  $t$ .

Задавая шаг изменения времени  $t$  в течение одного периода (оборота кривошипа 1), получаем траекторию точки E согласно координат точки, полученных по зависимостям (19).

На основании всех расчетов по предложенной методике была выбрана схема со следующими размерами:  $l_{0_2O_3} = 0,2$  м,  $l_{O_3C} = 0,2$  м,  $l_{BC} = 0,188$  м. Угол наклона лемеха  $\alpha$  выбирается таким образом, чтобы угол атаки копача составлял 22...27°. Траектория точки E представлена на рисунок 2.

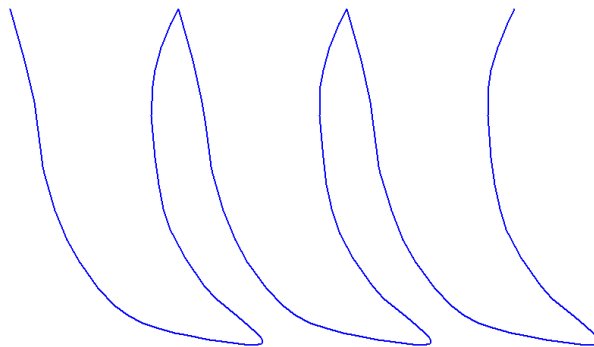


Рисунок 2 – Траектория точки E спроектированной схемы механизма при:  $l_{0_2O_3} = 0,2$  м,  $l_{O_3C} = 0,175$  м,  $l_{BC} = 0,188$  м  $v_M = 2,55$  м/с,  $\omega_I = 58,6$  рад/с

Таким образом, предложена инженерная методика, основанная на общем подходе к синтезу рычажных механизмов, которая позволяет по установленным ограничениям из большого количества вариантов отобрать конечное число рациональных схем механизма. А затем, пользуясь общим пониманием процесса копки корнеклубнеплодов, выбрать наиболее подходящую схему. Методика является простой, использует в некоторых местах прямолинейную зависимость при выборе углов, задающих положение коромысла 4.

### Список литературы

1. Колчинский, Ю. Л. Механизация производства картофеля / Ю. Л. Колчинский, В. Ф. Первушин, Ю. Г. Корепанов; под ред. Ю. Л. Колчинского, В. Ф. Первушина, Ю. Г. Корепанова. – Ижевск: ИжГСХА, 2004.
2. Корепанов, Ю. Г. Анализ сил действующих на корнеклубнеплод спаренным двухгранным клином / Ю. Г. Корепанов, Ф. Р. Арсланов // Наука, инновации и образование в современном АПК: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Ижевск: ИжГСХА, 2014. – С. 202–204.
3. Корепанов, Ю. Г. Методика исследования отрыва корнеклубнеплодного пласта / Ю. Г. Корепанов, Ф. Р. Арсланов, В. Ю. Шатунов // Аграрная наука – инновационному развитию АПК в современных условиях: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск: ИжГСХА, 2013. – С. 92–95.
4. Корепанов, Ю. Г. Обоснование рабочего органа для выкапывания моркови / Ю. Г. Корепанов, В. Ю. Шатунов // Научное обеспечение инновационного развития АПК: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию государственности Удмуртии. – Ижевск: ИжГСХА. – 2010. – С. 55–57.
5. Корепанов, Ю. Г. Прибор для исследования отрыва корнеклубнеплодного пласта / Ю. Г. Корепанов, Ф. Р. Арсланов, В. Ю. Шатунов // Актуальные проблемы механизации сельского хозяйства: м-лы Научно-практ. конф. 55 лет высшему агроинженерному образованию в Удмуртии. Ред.: П. Л. Максимов, А. Г. Иванов, О. С. Федоров. – Ижевск: ИжГСХА, 2010. – С. 66–67.
6. Корепанов, Ю. Г. Синтез механизма колеблющего лемеха корнеклубнеуборочной машины / Ю. Г. Корепанов, Ф. Р. Арсланов // Научное обеспечение инновационного развития АПК: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию государственности Удмуртии. – Ижевск: ИжГСХА. – 2010. – С. 57–62.
7. Корепанов, Ю. Г. Систематизация выкапывающих рабочих органов корнеклубнеуборочных машин / Ю. Г. Корепанов // Исследования рабочих процессов машин в растениеводстве: сб. науч. тр. – Пермский ГСХИ им. акад. Д. Н. Прянишникова. – Пермь, 1982. – С. 97–99.
8. Максимов, Л. М. Выкапывающие рабочие органы корнеклубнеуборочных машин / Л. М. Максимов, Ю. Г. Корепанов // Исследование рабочих процессов в растениеводстве: сб. науч. тр. – Пермский ГСХИ им. акад. Д. Н. Прянишникова. – Пермь, 1982. – С. 90–96.

9. Максимов, Л. М. Картофель убирает мини-комбайн / Л. М. Максимов, Ю. Г. Корепанов, К. Л. Шкляев // Сельский механизатор. – 2007. – № 4. – С. 12–13.
10. Обоснование параметров энергосберегающего рабочего органа для выкапывания корнеклубнеплодов / Ю. Г. Корепанов, А. Г. Иванов, Ф. Р. Арсланов [и др.] // Новый университет. Серия: Технические науки. – 2016. – № 8–9 (54–55). – Ижевск, 2016. – С. 63–70.
11. Обоснование траектории движения лемеха корнеклубнеуборочной машины / Ю. Г. Корепанов, Ф. Р. Арсланов, Н. Ю. Касаткина [и др.] // Новый университет. Серия: Технические науки. – 2016. – № 8–9 (54–55). – Ижевск, 2016. – С. 71–75.
12. Патент на изобретение RUS 135224 25.03.2013 / Картофелекопатель // В. Ф. Первушин, А. Г. Левшин, Н. П. Зверев, М. З. Салимзянов, И. Ш. Фатыхов, Ю. Г. Корепанов, Н. Г. Касимов, Ф. Р. Арсланов.
13. Патент на изобретение RUS 2224394 13.03.2001 / Комбинированное почвообрабатывающее орудие // В. Ф. Первушин, В. Г. Медведев, Ю. Г. Корепанов, В. А. Мельников, В. А. Никитин.
14. Патент на изобретение RUS 2492621 08.07.2011 / Способ извлечения корнеклубнеплодов из почвы и устройство для его осуществления // Ю. Г. Корепанов, А. А. Сорокин, А. Г. Иванов, Ф. Р. Арсланов, И. Г. Пospelова.
15. Патент на полезную модель RUS 118507 23.05.2011 / Прибор для исследования отрыва корнеклубненоносного пласта // Ю. Г. Корепанов, Ф. Р. Арсланов, В. Ю. Шатунов, М. Л. Феклина.
16. Патент на полезную модель RUS 189315 02.11.2018 / Прибор для исследования отрыва корнеклубненоносного пласта // Ю. Г. Корепанов, Ф. Р. Арсланов, А. Ю. Алексеева, А. Г. Иванов, М. В. Шкляев, И. Н. Скурыгин, Д. А. Вахрамеев.
17. Теоретические предпосылки для обоснования параметров дискового энергосберегающего рабочего органа / Ю. Г. Корепанов, А. Г. Иванов, Ф. Р. Арсланов [и др.] // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск: ИжГСХА. – 2016. – С. 33–39.
18. Техничко-экономическая оценка технологий возделывания картофеля в фермерских и личных подсобных хозяйствах / М. З. Салимзянов, В. Ф. Первушин, Н. Г. Касимов [и др.] // Вестник Ижевской ГСХА. – 2012. – № 1 (30). – Ижевск: ИжГСХА, 2012. – С. 44–47.

УДК 631.356.022.

**Ю. Г. Корепанов, Ф. Р. Арсланов, А. Ю. Алексеева**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ОТРЫВА КОРНЕКЛУБНЕНОСНОГО ПЛАСТА В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ**

Рассмотрено условие отделения корнеклубненосного пласта спаренным двухгранным клином за счет деформаций растяжения и сдвига. Составлено уравнение сил, действующих на корнеклубненосный пласт спаренным двухгранным клином.

Для внедрения энергосберегающих рабочих органов уборочных машин в современные технологии возделывания корнеклубнеплодов необходимо учитывать физико-механические свойства обрабатываемого материала, поэтому был проведен анализ методов и приборов для определения физико-механических свойств почвы [1, 6, 7, 9, 17].

Под воздействием рабочих органов сельскохозяйственных машин почва может испытывать деформации растяжения (отрыва), сжатия, сдвига, резания, кручения и изгиба [4, 8, 10, 11]. Для изучения деформации сдвига почвы в лабораторных условиях разработан прибор ГГП-30М [5, 13, 14].

Для исследования отрыва корнеклубненосного пласта в полевых условиях за счет деформации растяжениям и сдвига с измерением величины этих деформаций предложен прибор. Патент на полезную модель RU 118507U1 [15].

Недостатками механического прибора являются:

- невозможность фиксированного изменения скорости отрыва корнеклубненосного пласта, влияние скорости отрыва на параметры рабочего органа;
- запись динамограммы на бумажный носитель требует расшифровки показаний.

Новым в приборе является привод штока твердомера конструкции ВИСХОМ от двигателя постоянного тока через редуктор и вывод сигнала с записывающего устройства через сетевой кабель RJ – 45 на компьютер. Прибор представлен на рисунке 1 и состоит из устройства для захвата и отрыва корнеклубненосного пласта 1, рамы 2 и твердомера 3 конструкции ВИСХОМ с приводом штока от двигателя постоянного тока 4 через редуктор 5 и записывающего устройства 6 соединенного сетевым кабелем RJ – 45 с компьютером 7.

Устройство для захвата и отрыва корнеклубненосного пласта состоит из кронштейна 8, направляющих 9, ножей 10. На рисунке 2 представлена схема работы прибора.

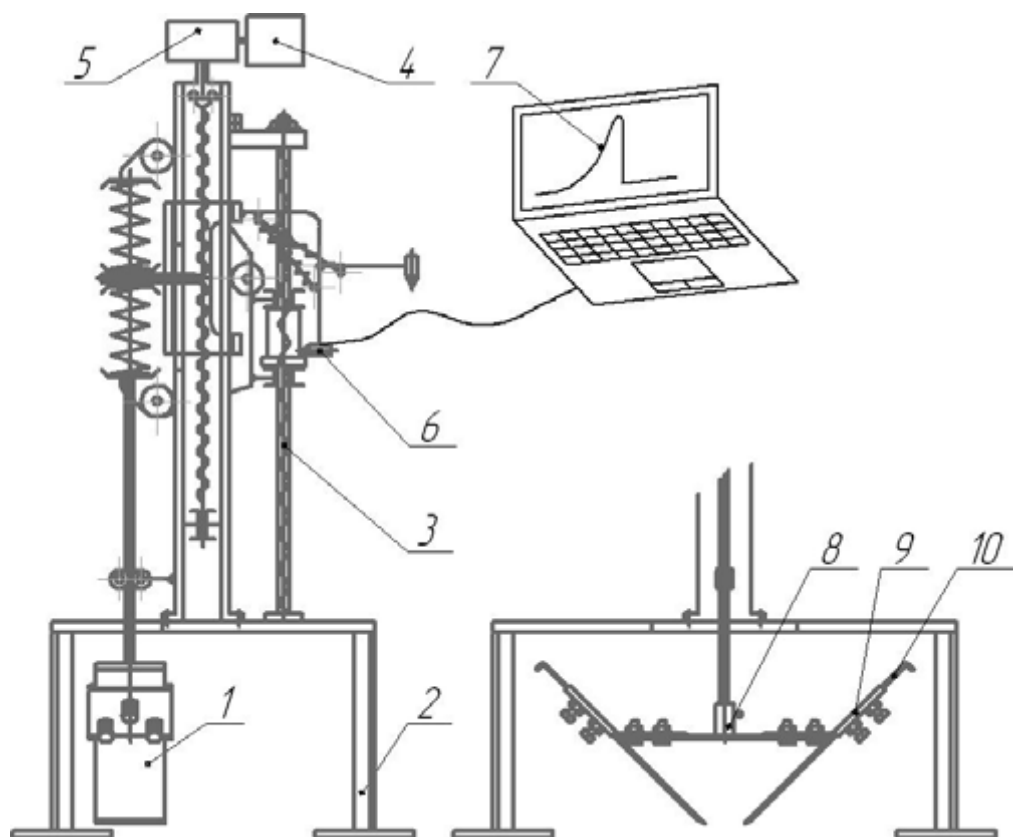


Рисунок 1 – Прибор для исследования отрыва корнеклубненосного пласта

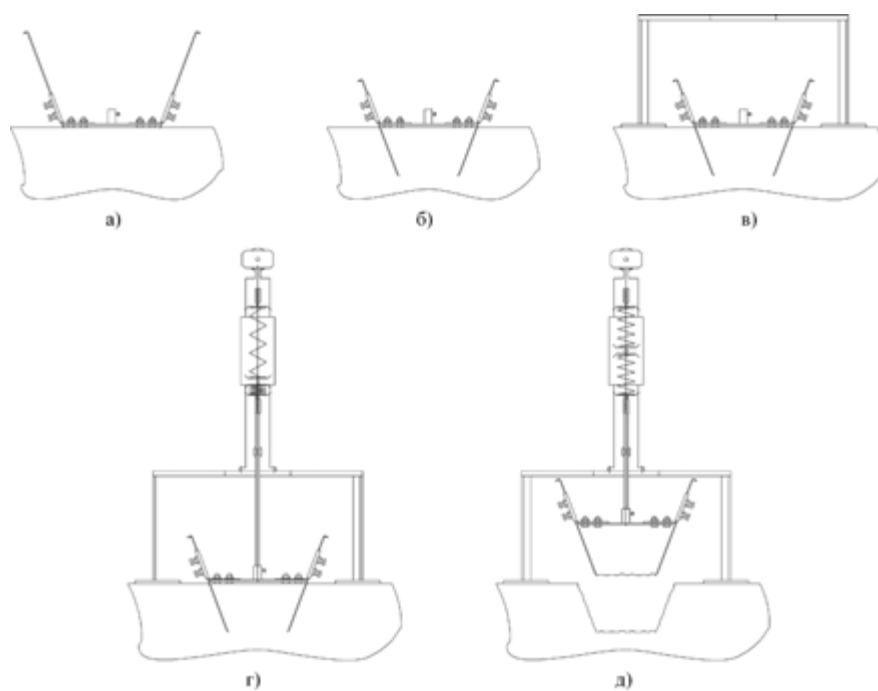


Рисунок 2 – Схема работы прибора

На рисунке 3 показана схема записи измерения отрыва корнеклубненосного пласта.

Перед проведением исследований производится тарирование прибора по методике тарирования пружины на растяжение.

Работа с прибором осуществляется следующим образом. Кронштейн с направляющими устройствами для захвата и отрыва корнеклубненосного пласта устанавливаются на корнеклубненосный пласт. Ножи, установленные на заданном расстоянии и под заданным углом в направляющих, принудительно заглубляются на необходимую глубину в почву и фиксируются в этом положении стопорными болтами. Затем над устройством для захвата и отрыва корнеклубненосного пласта устанавливается рама с опорными площадками, на раму устанавливается переоборудованный твердомер, который посредством втулки соединяется с устройством для отрыва корнеклубненосного пласта.

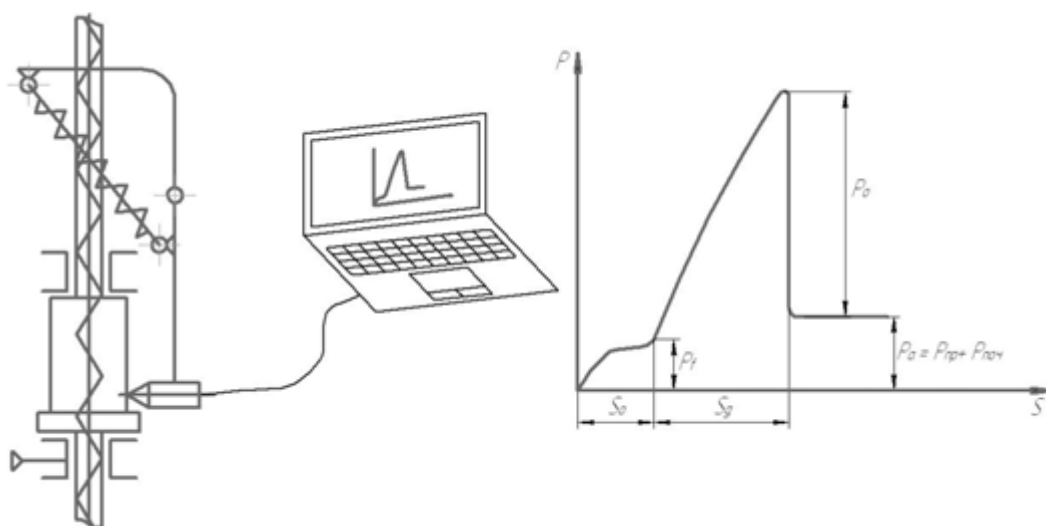


Рисунок 3 – Измерение отрыва корнеклубненосного пласта

Далее, устанавливая необходимую частоту вращения электродвигателя, поднимаем устройство для захвата и отрыва корнеклубненосного пласта и производим отрыв корнеклубненосного пласта от основного массива. Силовые характеристики отрыва записываются по динамограмме на компьютере.

На динамограмме расстояние  $S_0$  проходит прибор, выбирая зазоры до соприкосновения с почвой с отклонением от первоначального положения на величину  $P_f$ , соответствующую весу устройства для отрыва корнеклубненосного пласта, весу подвижной части прибора и силе трения в механизме прибора. Расстояние  $S_g$  соответствует деформации растяжения по плоскости  $abcd$  и деформации сдвига по плоскости  $cdef$  (в случае, когда пласт по плоскости  $abkp$  предва-



нительно отрезан) (рис. 4). Сила  $P_0$  соответствует суммарным силам на отрыв по плоскости  $abcd$  и сдвиг по плоскости  $cdef$  при отделении корнеклубненосного пласта от основного массива.

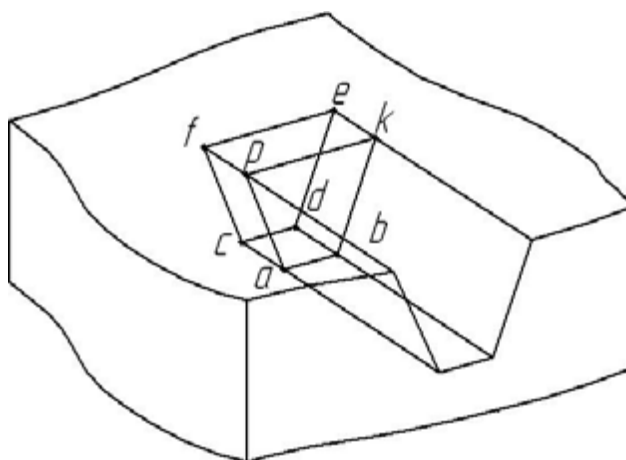


Рисунок 4 – Параметры отделяемого пласта

Сила  $P_a$  состоит из веса прибора  $P_{np}$  и веса отдельного корнеклубненосного пласта  $P_{ноч}$ . В случае когда пласт предварительно подрезан по плоскостям  $abkr$  и  $cdef$  сила  $P_0$  будет соответствовать силе отрыва по плоскости  $abcd$  [2, 3, 12, 16].

При изменении частоты вращения электродвигателя имеется возможность исследовать отрыв корнеклубненосного пласта при различной скорости.

#### Список литературы

1. Колчинский, Ю. Л. Механизация производства картофеля / Ю. Л. Колчинский, В. Ф. Первушин, Ю. Г. Корепанов; под ред. Ю. Л. Колчинского, В. Ф. Первушина, Ю. Г. Корепанова. – Ижевск: ИжГСХА, 2004.
2. Корепанов, Ю. Г. Анализ сил действующих на корнеклубнеплод спаренным двухгранным клином / Ю. Г. Корепанов, Ф. Р. Арсланов // Наука, инновации и образование в современном АПК: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Ижевск: ИжГСХА, 2014. – С. 202–204.
3. Корепанов, Ю. Г. Методика исследования отрыва корнеклубненосного пласта / Ю. Г. Корепанов, Ф. Р. Арсланов, В. Ю. Шатунов // Аграрная наука – инновационному развитию АПК в современных условиях: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск: ИжГСХА, 2013. – С. 92–95.
4. Корепанов, Ю. Г. Обоснование рабочего органа для выкапывания моркови / Ю. Г. Корепанов, В. Ю. Шатунов // Научное обеспечение инновационного развития АПК: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию государственности Удмуртии. – Ижевск: ИжГСХА, 2010. – С. 55–57.
5. Корепанов, Ю. Г. Прибор для исследования отрыва корнеклубненосного пласта / Ю. Г. Корепанов, Ф. Р. Арсланов, В. Ю. Шатунов // Актуальные про-

блемы механизации сельского хозяйства: м-лы юбилейной науч.-практ. конф. 55 лет высшему агроинженерному образованию в Удмуртии. Редколл.: П. Л. Максимов, А. Г. Иванов, О. С. Федоров. – Ижевск: ИжГСХА, 2010. – С. 66–67.

6. Корепанов, Ю. Г. Синтез механизма колеблющего лемеха корнеклубнеуборочной машины / Ю. Г. Корепанов, Ф. Р. Арсланов // Научное обеспечение инновационного развития АПК: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф., посв. 90-летию государственности Удмуртии. – Ижевск: ИжГСХА, 2010. – С. 57–62.

7. Корепанов, Ю. Г. Систематизация выкапывающих рабочих органов корнеклубнеуборочных машин / Ю. Г. Корепанов // Исследования рабочих процессов машин в растениеводстве: сб. науч. тр. – Пермь: Пермский ГСХИ им. академика Д. Н. Прянишникова. – 1982. – С. 97–99.

8. Максимов, Л. М. Выкапывающие рабочие органы корнеклубнеуборочных машин / Л. М. Максимов, Ю. Г. Корепанов // Исследование рабочих процессов в растениеводстве сборник научных трудов. – Пермь: Пермский ГСХИ им. академика Д. Н. Прянишникова. – 1982. – С. 90–96.

9. Максимов, Л. М. Картофель убирает мини-комбайн / Л. М. Максимов, Ю. Г. Корепанов, К. Л. Шкляев // Сельский механизатор. – 2007. – № 4. – С. 12–13.

10. Обоснование параметров энергосберегающего рабочего органа для выкапывания корнеклубнеплодов / Ю. Г. Корепанов, А. Г. Иванов, Ф. Р. Арсланов [и др.] // Новый университет. Серия: Технические науки. – 2016. – № 8–9(54–55). – Ижевск, 2016. – С. 63–70.

11. Обоснование траектории движения лемеха корнеклубнеуборочной машины / Ю. Г. Корепанов, Ф. Р. Арсланов, Н. Ю. Касаткина [и др.] // Новый университет. Серия: Технические науки. – 2016. – № 8–9(54–55). – Ижевск, 2016. – С. 71–75.

12. Патент на изобретение RUS 2224394 13.03.2001. / Комбинированное почвообрабатывающее орудие // В. Ф. Первушин, В. Г. Медведев, Ю. Г. Корепанов, В. А. Мельников, В. А. Никитин.

13. Патент на изобретение RUS 2492621 08.07.2011. / Способ извлечения корнеклубнеплодов из почвы и устройство для его осуществления // Ю. Г. Корепанов, А. А. Сорокин, А. Г. Иванов, Ф. Р. Арсланов, И. Г. Поспелова

14. Патент на полезную модель RUS 118507 23.05.2011. / Прибор для исследования отрыва корнеклубнеплода // Ю. Г. Корепанов, Ф. Р. Арсланов, В. Ю. Шатунов, М. Л. Феклина.

15. Патент на полезную модель RUS 189315 02.11.2018. / Прибор для исследования отрыва корнеклубнеплода // Ю. Г. Корепанов, Ф. Р. Арсланов, А. Ю. Алексеева, А. Г. Иванов, М. В. Шкляев, И. Н. Скурыгин, Д. А. Вахрамеев.

16. Теоретические предпосылки для обоснования параметров дискового энергосберегающего рабочего органа / Ю. Г. Корепанов, А. Г. Иванов, Ф. Р. Арсланов [и др.] // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск: ИжГСХА, 2016. – С. 33–39.

17. Технико-экономическая оценка технологий возделывания картофеля в фермерских и личных подсобных хозяйствах / М. З. Салимзянов, В. Ф. Первушин, Н. Г. Касимов [и др.] // Вестник Ижевской ГСХА. – 2012. – № 1(30). – Ижевск: ИЖГСХА, 2012. – С. 44–47.

УДК 631.31

**Л. Я. Лебедев, А. В. Костин, В. А. Скосырский**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

### **АГРЕГАТ ПОДГОТОВКИ СОВРЕМЕННЫХ ГРЯД ДЛЯ ПОСАДКИ САЖЕНЦЕВ КЛУБНИКИ**

Рассматриваются особенности технологического процесса в формировании гряд. Приведен анализ усовершенствованного агрегата для посадки саженцев клубники.

В настоящее время основной технологией по подготовки гряд предусматривается применение оптимальной технической конструкции, которая предназначена для формирования ровных гряд с рыхлой и однородной структурой почвы для посадки рассады ягод клубники, овощей, саженцев винограда.

Действующая конструкция способна формировать гряды на малых площадях, в теплицах и фермах. Агрегат успешно подходит для выполнения работы в небольших фермерских хозяйствах, удобно настраивается и не вызывает сложностей для технического обслуживания [1, 2, 3].

Основную работу на промышленных или мелких хозяйствах выполняет это устройство, оно не требует больших финансовых затрат.

Конструируемый механизм выполняет следующие рабочие процессы:

- укладывает ленту капельного полива;
- укрывает мульчирующей пленкой и делает в ней отверстия для саженцев;
- выполняет обкладку пленки грунтом по бокам посредством регулируемых по высоте и по ширине лемехов.

Все процессы выполняются одновременно, а при выполнении обкладки пленки передний прикатывающий ролик, изготовленный из нержавеющей стали, легко уплотняет почву перед укладкой на нее пленки.

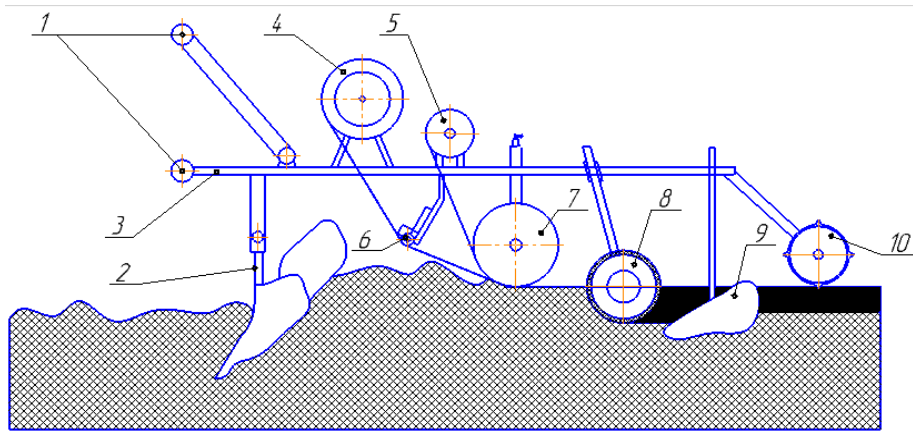


Рисунок 1 – Схема грядо пленкоукладчика

Механизм (рис. 1) представляет собой навесную машину, состоящую из несущей рамы (3), сварной конструкции из металлического профиля, на которую монтируются основные узлы и детали машины. На переднем бруске рамы закреплено навесное устройство (1) для присоединения машины к задней навесной системе трактора. К раме прикреплены окучивающие корпуса (2), формирующие почвенный волок, на двух стойках рамы устанавливается съемная ось для лент капельного полива (4) с подвижными упорами, лента фиксируется роликом для шланга (6), далее устанавливается ось для размещения рулона с пленкой (5), придавливающий барабан (7) для формирования ровной поверхности гряды, колеса для фиксации пленки (8), лемеха (9) и перфорирующее колесо (10).

В конце летнего сезона начинается подготовка почвы, а именно вспашка и последующее разрыхление слоя [4–7]. Подготовка почвы производится с помощью плугов, оборудованных предплужниками. Затем идет процесс возделывания гряд для будущего урожая клубники (рис. 2).

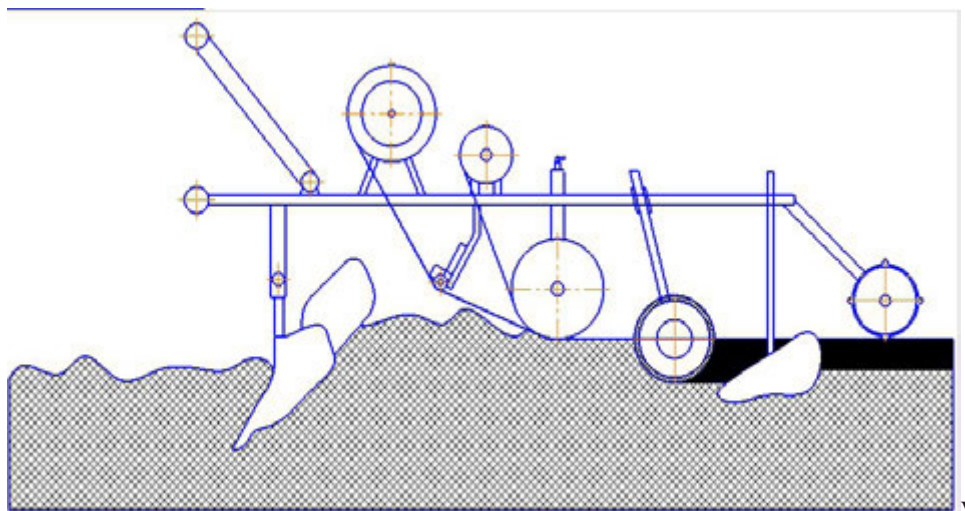


Рисунок 2 – Схема работы машины

Перед началом работы конструкции всего механизма фиксируется пленка и шланг в начале гряды, для того чтобы обеспечить натяжение. В дальнейшем производится регулировка прикапывающих лапок, фиксирующих колес по высоте и выставляется перфорирующее колесо. При движении агрегата окучивающие корпуса смещают взрыхленную почву на середину, насыпая валок. Одновременно на поверхность почвы укладывается оросительный трубопровод с фиксацией по центру при помощи закрепленного ролика. Пленка сматывается с рулона и попадает под барабан. Затем попадает под прижимные колеса. В завершение технологического процесса регулирующие лемехи по высоте уплотняют края пленки для надежной фиксации, а перфорирующие ножи с шагом по окружности, равным шагу посадки черенков, образуют отверстия в пленке промежутком 20 сантиметров и глубиной 4 сантиметра.

В результате выполнения технологической операции получаем готовую, полностью оснащенную, ровной правильной формы грядку, уже готовую для полива и посадки.

Модернизируемая модель грядопленкоукладчика экономически целесообразна по следующим причинам:

- поддается кустарному производству и установкой дополнительных операций для определенных видов работ, таких как автоматическая посадка семян и др.;

- минимальное количество комплектующих деталей для сборки конструкции механизма;

- устройство превосходит в разы запатентованного Государственным научным учреждением Всероссийского селекционного технологического института агрегата для укладки перфорированной пленки на грядку заданного профиля [8].

Усовершенствованный агрегат не нуждается в фронтально установленных двух парах культиваторных лап, профилирующих откосы вала и выравнивающей доски. Барабан с перфорирующими шипами заменен на гладкие, из нержавеющей стали. Шипы перенесли на колесо, которое крепится к раме задней части агрегата. Ввиду данных изменений можно спокойно регулировать положения отверстий на грядке, а в случае брака или выхода из строя узлов агрегата можно без лишних усилий поднять перфорирующее колесо, чтобы предотвратить порчу пленки, присыпающая лапка установлена на заднюю часть рамы.

Применение данной модели механизма для подготовки почвы позволяет повысить укореняемость саженцев, их качество и получить биологически чистый продукт [9, 10]. Это обусловлено тем, что образование воздушной полости между пленкой и почвой в сочетании



с орошением обеспечивает создание благоприятных температурно-влажностных условий в почве и воздухе. При этом экономно расходуется поливная вода, сокращается трудоемкость ручных работ и появляется возможность активно использовать почву.

### Список литературы

1. Лебедев, Л. Я. Проектирование, расчет и основы конструирования деталей машин в приводах технологического оборудования АПК: учеб. пособ. / Л. Я. Лебедев – Ижевск, 2018. – 185 с.
2. Витвинова, М. А. Особенности зарубежных технологий выращивания и хранения картофеля / М. А. Витвинова, Е. В. Соловьева // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – Ижевск, 2016. – С. 151–153.
3. Канаев, А. С. Применение зубчатых передач для переработки зерна / А. С. Канаев, Л. Я. Лебедев, А. Г. Иванов // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – № 5. – С. 38–39.
4. Лебедев, Л. Я. Ресурсосберегающая технология обработки картофеля / Л. Я. Лебедев, А. Г. Иванов, И. Г. Мухаметшин // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 2–2 (36). – С. 21.
5. Лебедев, Л. Я. Совершенствование технологий переработки картофеля / Л. Я. Лебедев, А. В. Храмешин, Ф. Р. Арсланов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – № 6. – С. 17–19.
6. Кижлай, Г. М. Эффективность использования трудовых ресурсов как фактор роста производства сельскохозяйственной продукции / Г. М. Кижлай, Е. В. Кочурова, Н. С. Рогалева // Аграрный вестник Урала. – 2016. – № 6. – С. 101–110.
7. Костин, А. В. Влияние коэффициента трения на процесс перемещения и ориентирования клубней картофеля в пространстве при взаимодействии с дисками калибрующего устройства / А. В. Костин, Ю. Д. Боднарчук, Р. Р. Шакиров // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Международ. науч.-практ. конф. – ФГБОУ ВО ИжГСХА, 2019. – Т. 3. – С. 94–98.
8. Липницкий, Т. В. Инновации и инновационные процессы в сельском хозяйстве / Т. В. Липницкий, П. В. Никифоров // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2013. – № 5. – С. 54–57.
9. Воронин, Б. А. Обеспечение квалифицированными специалистами АПК: социально-экономические проблемы / Б. А. Воронин, Н. Б. Фатеева // Аграрный вестник Урала. – 2014. – № 11. – С. 60–63.
10. Иванова, Е. И. Ликвидация потерь ресурсосбережение / Е. И. Иванова, В. А. Мачулкина, Т. А. Санникова // Ресурсосберегающие основы орошаемого земледелия. – Астрахань: Нова. – 2003. – С. 126–146.



**Л. Я. Лебедев, Ф. Р. Арсланов**

*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **ОТДЕЛИТЕЛЬ ПОЧВЕННЫХ ПРИМЕСЕЙ ДЛЯ ОБРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ**

Рассмотрены технологии и комплексы машин для послеуборочной обработки картофеля для дальнейшей переработки в готовые полуфабрикаты.

Картофель у россиян – основной продукт питания. Не менее важную роль он играет в рационе питания других народов мира. Как показывает статистика, один россиянин в среднем потребляет около 80 кг. картофеля. В масштабе всей страны это 10...12 млн т.

Учитывая все виды частного хозяйства, крупного предпринимательства, было выяснено, что в целом по стране производится около 30 млн.т продукта [2, 11, 17, 18]. Переработка картофеля на чипсы, замораживание и другие полуфабрикаты в РФ составляет 2...3 %, это 1 млн. т [1, 6, 9, 10, 14–16]. Остальной картофель до 15 млн т. – 50 % теряется при хранении, уходит на корм скоту [13]. Поэтому сохранение урожая и его переработка являются важными государственными задачами.

После уборки картофель отправляют сразу на хранение, но перед этим он должен быть хорошо очищен от примесей и растительных остатков для предотвращения его порчи.

Существующие картофелесортировальные пункты (типа КСП-15, -25, -50) слишком большие по своим размерам, дорогие, имеют большое количество оборудования, что отрицательно сказывается на качестве продукта, закладываемого на хранение. В процессе сортирования клубни делятся на три фракции: крупные (продовольственные) – массой более 90 г, средние (семенные) – массой 40...80 г и мелкие (кормовые) – массой 20...40 г. Границы фракций могут отклоняться от установленных не более чем на  $\pm 10$  г, в каждой фракции допускается не более 10 % клубней других фракций, а поврежденных клубней – не более 1 % от исходного продукта.

Картофель, поступающий от комбайнов, может содержать до 30 % примесей, в том числе до 15 % почвенных комков. Поэтому одновременно с сортированием проводят доочистку клубней от примесей, отделяют комки, камни и испорченные клубни. После очистки в мелкой фракции допускается не более 3 % примесей, в остальных фракциях – не более 1 %.

Для сортирования и доочистки клубней применяют роликовые и сетчатые сортировки, которыми оборудуют передвижные и стационарные сортировальные пункты [12]. Некондиционные клубни, комки и камни отделяют вручную на переборочных столах.

Роликовая сортировка КСЭ-15Б разделяет клубни на фракции по размерам. Поверхность сортировки составлена из обрезиненных фигурных вращающихся роликов [8].

Для выделения примесей и клубней массой до 20 г перед фигурными роликами помещен сепаратор, составленный из пяти дисковых батарей. Диски сепаратора смонтированы на валах. Валы с дисками и роликами расположены параллельно и вращаются в одном направлении. Под роликами установлены сборники с транспортерами для отвода клубней и примесей.

Клубни загружают в приемный бункер, из которого транспортер подает их на дисковый сепаратор. Клубни перекачиваются по дискам, а примеси проваливаются в просветы между ними. Крупные клубни сходят по роликовой поверхности. Транспортерами клубни загружают в контейнеры.

Ролики можно раздвигать, увеличивая или уменьшая размер проходных ячеек [3].

Переборочные столы представляют собой ленточные транспортеры, с обеих сторон которых оборудованы места для рабочих, осматривающих поток клубней и отбирающих вручную камни, комки и испорченные клубни.

Передвижной картофелесортировальный пункт КСП-15Б применяют для поточной доочистки картофеля от примесей, сортирования клубней на три фракции и загрузки отсортированного картофеля в хранилище, контейнеры или транспортные средства. Механизмы пункта КСП-15Б могут приводиться в действие от двигателя внутреннего сгорания мощностью 3,5 кВт, электродвигателя мощностью 2,8 кВт или вала отбора мощности трактора. Поэтому его можно устанавливать в поле и у хранилищ.

Пункт состоит из приемного бункера ПБ-2, роликовой картофелесортировки КСЭ-15Э, комплекта рельсов и тележек для транспортировки заполненных контейнеров [4, 5, 7]. Приемный бункер имеет подвижное дно в виде прорезиненного полотна, рабочую ветвь которого поддерживают ролики. Транспортер приемного бункера равномерно подает клубни в приемный ковш картофелесортировки.

Роликовая сортировка разделяет клубни на три фракции. Транспортерами клубни можно загружать в контейнеры, мешки или ящики. На выгрузных транспортерах сортировки рабочие вручную отделяют от клубней примеси, комки, камни и порченные клубни. Пода-

чу клубней регулируют, изменяя скорость приемного и угол наклона загрузочного транспортеров. При нормальной загрузке во фракцию крупных клубней не должны попадать мелкие клубни. Производительность пункта 15 т/ч. Обслуживают пункт машинист, и пять-восемь рабочих.

Картофелесортировальный пункт КСП-25, предназначенный для послеуборочной доработки картофеля, состоит из приемных бункеров, ворохоочистителя, игольчатого сепаратора, переборочных столов, сетчатых сортировок, системы транспортеров и накопительных бункеров, включенных в технологическую линию. Пункт размещают в закрытом помещении.

Клубни из приемных бункеров подаются на ворохоочиститель. Выделившиеся на нем примеси – почва и мелкие клубни (менее 25 г) – поступают на игольчатый сепаратор, клубни накалываются на иглы, отделяются от примесей и направляются в бункер-накопитель, а примеси транспортерами ссыпаются в кучу, которую вывозят в поле и разбрасывают.

Основной поток клубней, очищенный от примесей и мелких клубней, поступает на три переборочных стола. Рабочие осматривают поток клубней, отбирают камни, комки и примеси, сбрасывают их на транспортер, и далее они поступают в кучу. Отработанные рабочими поврежденные и больные клубни транспортером подаются в бункер. Основной поток клубней поступает на первую сетчатую сортировку, разделяющую клубни на две фракции: массой более и менее 80 г. Первые поступают в бункер, а вторые – на сортировку. Сход с полотна сортировки массой 40...80 г направляют в бункер, а проход (клубни массой 25...50 г) – бункер. Из бункеров клубни отвозят в хранилище.

Нами предлагается использовать малогабаритную, малооперационную линию (рис. 1) с небольшим количеством машин:

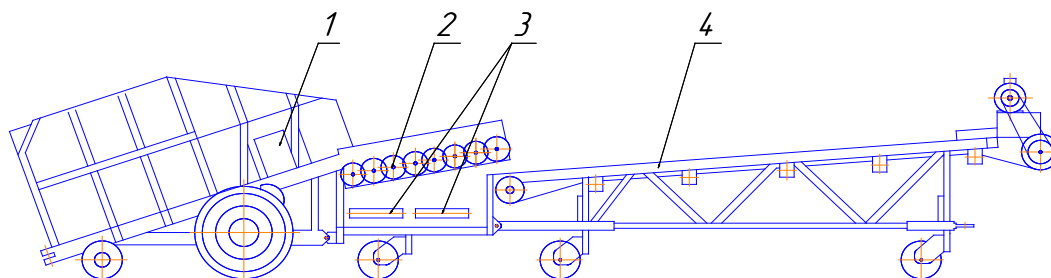


Рисунок 1 – Схема малооперационной линии:

1 – приемный бункер; 2 – сепарирующее устройство; 3 – транспортеры для примесей; 4 – переборочный стол

Линия предназначена для приема картофеля и овощей от самосвальных транспортных средств с задней выгрузкой, отделения по-

чвенных и растительных примесей, отделения мелкой фракции, загрузки клубней в сетки, контейнеры или подачи на загрузочные конвейеры.

Картофель из транспортного средства поступает в приемный бункер 1 (емкость около 5 тонн), далее, по донному транспортеру бункера, продукт перемещается на сепарирующее устройство 2, где очищается от почвенных примесей и мелкого некондиционного картофеля:

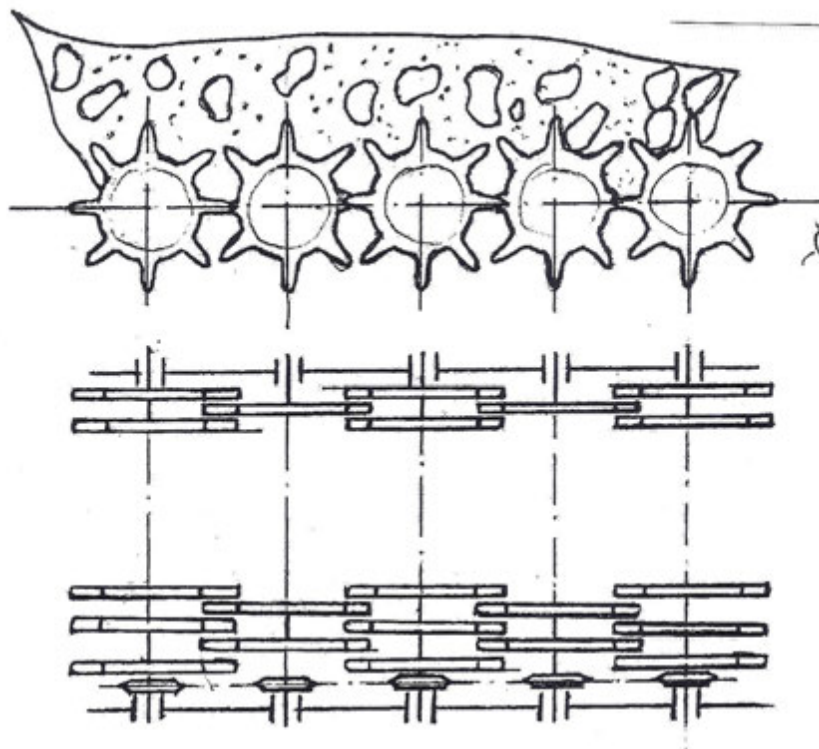


Рисунок 2 – Схема дисково-пальцевого сепарирующего устройства

Сепарирующее устройство (рис. 2) состоит из валов с насаженными на них дисками. На диски крепятся резиновые пальцевые обечайки. Все валы приводятся во вращение в одну сторону цепной передачей. При вращении дисков каждый диск имеет одинаковую окружную скорость. Расстояние между дисками в сепараторе для выделения почвенных примесей – 15 мм, для отделения мелких нестандартных клубней – 30 мм. Величина перекрытия между пальцевыми рабочими элементами смежных валов – 20...30 мм. Длина сепарирующей поверхности – 1...1,1 м.

Почвенные примеси и мелкий картофель просеиваются между дисками и отводятся в сторону транспортерами 3. На переборочном столе осматривают и удаляют резаные, больные клубни. Вся технологическая линия соединена друг с другом и может перемещаться по открытой площадке и в хранилище.

## Список литературы

1. Арсланов, Ф. Р. Выбор технологии и оборудования при переработке картофеля / Ф. Р. Арсланов, Л. Я. Лебедев, А. В. Храмешин // Советы производителю. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ижевск: Купол. – 2006. – 150 с.
2. Дородов, И. В. Производство Меристемного картофеля / И. В. Дородов, Л. Я. Лебедев // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – Ижевск. – 2017. – С. 7 – 11.
3. Лебедев, Л. Я. Ротационный аппарат / Л. Я. Лебедев, М. Ю. Васильченко. // Сельский механизатор. – 2004. – № 6. – С. 9 – 11.
4. Лебедев, Л. Я. Проектирование механизмов грузоподъемных и транспортирующих машин: учеб. пособ. / Л. Я. Лебедев, А. Л. Шкляев, Р. Р. Шакиров. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2017.
5. Лебедев, Л. Я. Параметры и режимы работы роторно-пальцевого сепарирующего устройства для послеуборочной обработки картофеля / Л. Я. Лебедев // автореферат дисс. ... канд. техн. наук. Научно-исследовательский и проектно-технологический институт механизации и электрификации сельского хозяйства Нечерноземной зоны РСФСР. – Ленинград-Пушкин, 1990
6. Лебедев, Л. Я. Повышение эффективности линии глубокой переработки замороженного картофеля / Л. Я. Лебедев, Ф. Р. Арсланов, И. В. Решетов // Перспективы развития регионов России в XXI веке: м-лы Межрегион. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. – Ижевск: ИжГСХА. – 2003. – С. 324–327.
7. Лебедев, Л. Я. Проектирование и расчет приводов технологического оборудования: учеб. пособ., 2-е изд., перераб. и доп. / Л. Я. Лебедев, А. Л. Шкляев. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2016.
8. Лебедев, Л. Я. Роторно-пальцевый сепаратор для полеуборочной обработки картофеля / Л. Я. Лебедев // Сельский механизатор. – 1998. – № 10. – С. 15–17.
9. Лебедев, Л. Я. Совершенствование технологий переработки картофеля / Л. Я. Лебедев, А. В. Храмешин, Ф. Р. Арсланов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – М., 2009. – № 6. – С. 17–19.
10. Лебедев, Л. Я. Установка для сортирования резаного картофеля при быстром замораживании / Л. Я. Лебедев, А. В. Храмешин, Ф. Р. Арсланов // Картофель и овощи. 2007. – № 3. – С. 14.
11. Лебедев, Л. Я. Установка для сортирования резаного картофеля при быстром замораживании / Л. Я. Лебедев, А. В. Храмешин, Ф. Р. Арсланов // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – Москва: ЦНСХБ. – 2008. – № 2. – С. 322.
12. Обоснование параметров и режимов работы картофелесортирующего устройства транспортерного типа / А. Г. Иванов, Н. В. Крылов, П. Л. Максимов [и др.] // Вестник Ижевской ГСХА. – 2016. – № 4 (49). – С. 51–58.
13. Пономарев, А. В. Способы получения и виды модифицированных картофельных крахмалов / А. В. Пономарев, Л. Я. Лебедев, Ф. Р. Арсланов // Ак-



туальные проблемы механизации сельского хозяйства межрегиональный: м-лы Научно-практ. конф., посвящ. 50-летию факультета механизации сельского хозяйства. – Ижевск, 2005. – С. 39–42.

14. Совершенствование технологий переработки картофеля / А. В. Храмешин, Л. Я. Лебедев, Ф. Р. Арсланов, Р. С. Марков // Актуальные проблемы механизации сельского хозяйства: м-лы Научно-практ. конф. 55 лет высшему агроинженерному образованию в Удмуртии. Ред.: П. Л. Максимов, А. Г. Иванов, О. С. Федоров. – Ижевск, 2010. – С. 26–31.

15. Сортирование резаного картофеля в разряженной среде / Ф. Р. Арсланов, И. Г. Пospelова, Л. Я. Лебедев [и др.] // Научное обеспечение реализации национ. проектов в сельском хозяйстве: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск, 2006. – С. 26–29.

16. Хранение сельскохозяйственной продукции / К. И. Максимова, А. М. Перевозчикова, Д. Д. Глухова [и др.] // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. Электронный ресурс. Отв. за вып. Н. М. Итешина. – Ижевск. – 2019. – С. 698–700.

17. Храмешин, А. В. Качество полуфабрикатов из картофеля можно улучшить / А. В. Храмешин, Ф. Р. Арсланов, А. Н. Васильев // Хранение и переработка сельхозсырья. Москва: МГУПП. – 2012. – № 11. – С. 41–44.

18. Храмешин, А. В. Совершенствование технологии при производстве быстрозамороженного картофеля / А. В. Храмешин, Л. Я. Лебедев, Ф. Р. Арсланов // Улучшение технико-эксплуатационных показателей мобильной техники: м-лы XIV Регион. науч.-практ. конф. вузов Поволжья и Предуралья, посвящ. 60-летию Ижевской ГСХА. – Ижевск, 2003. – С. 176–180.

УДК: 631.362.3:635.21

**Д. А. Марков, Р. Р. Шакиров, А. Г. Иванов**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **ВИДЫ УСТРОЙСТВ ДЛЯ СОРТИРОВКИ КАРТОФЕЛЯ**

Представлены виды сортировок картофеля с различными типами рабочих органов (плоско-решетные, транспортерные, роликовые, барабанные).

Повышение качества картофеля, закладываемого на хранение, – важнейший фактор, определяющий его сохранность. Использование даже самых совершенных способов хранения не может гарантировать сохранность урожая, если его исходное качество будет невысоким. Значительное влияние на качество оказывает механическое повреждение клубней. При наличии в массе клубней единиц,



пораженных заболеваниями, возрастает вероятность заражения всей массы. Все это приводит к резкому снижению качества сохранения картофеля [2, 10, 11, 12].

В настоящее время сортировка клубней картофеля для последующей товарной реализации и получения качественного посадочного материала выполняется на машинах, которые разделяют продовольственный картофель по наибольшему поперечному диаметру на две фракции: до 40 мм и более 40 мм, семенной – на три фракции: до 35 мм, 35–70 мм и более 70 мм при допустимой погрешности не более 10 % [1, 3, 5, 6].

В связи с большим разнообразием форм клубней картофеля машины для сортировки снабжены регулирующими устройствами, позволяющими изменять основные параметры рабочих органов при выполнении технологического процесса. Рабочие органы таких машин делятся на четыре типа: 1) плоско-решетные; 2) транспортерные; 3) роликовые; 4) барабанные.

По точности сортирования основное место занимают рабочие органы плоско-решетного типа, конструкция которых зависит от последовательности выделения фракций, их количества и типа подвесок решет. Достоинством рабочих органов такого типа является высокая производительность и низкая материалоемкость их изготовления. К недостаткам относятся высокая степень повреждаемости клубней картофеля и сложность конструкции.

Картофельная сортировка состоит из решетных станов, движущихся возвратно-поступательно с частотой 280 циклов в минуту. В верхний решетный стан картофелесортировки устанавливается решето с крупной ячейкой, самый крупный картофель идет сходом, картофель помелче просыпается на второй решетный стан. В нижний решетный стан устанавливается решето с ячейкой поменьше, сходом с этого стана идет средний картофель, а ниже просыпается мелкий картофель, который выводится с боку картофелесортировки. Переборочный стол картофельной сортировки состоит из ленточного транспортера, разделенного делителем на две части, которые служат для приема двух основных фракций картофеля (крупная и средняя) и делают возможным ручное выделение поврежденного картофеля и камней. На выходе стол снабжен 4-мя патрубками, по два на каждую фракцию. На патрубки закрепляются мешки для затаривания отсортированного картофеля. Благодаря 2-м патрубкам на фракцию и клапана переключения, между ними осуществляется непрерывная поточная отгрузка и, соответственно, работа всей картофелесортировки [7, 8, 9].

Рабочие органы роликового типа состоят из роликов двух типов – цилиндрических и фигурных. На сортирующих поверхностях

роликового типа, образованных из фигурных роликов, получают параллельное и последовательное выделение фракций. Недостатком является низкая производительность процесса.

Роликовая сортировка разделяет клубни на фракции по размерам. Поверхность сортировки составлена из обрезиненных фигурных вращающихся роликов. Ролики образуют ячейки шириной (по ходу продукта) 45 мм. Для выделения примесей и клубней массой до 30 г перед фигурными роликами помещен сепаратор, составленный из пяти дисковых батарей. Диски сепаратора, изготовленные из волокнита, смонтированы на валах. Валы с дисками и роликами расположены параллельно и вращаются в одном направлении. Под роликами установлены сборники с транспортерами для отвода клубней и примесей.

Клубни загружают в бункер, из которого транспортером подают на дисковый сепаратор. Клубни перекатываются по дискам, а примеси просыпаются в просветы между ними. Далее клубни перемещаются роликами и, западая в ячейки, проходят вниз. Крупные клубни сходят по роликовой поверхности. Транспортерами клубни загружают в контейнеры. Ролики можно раздвигать, увеличивая или уменьшая размер проходных ячеек.

Конструкция рабочих органов транспортерного типа зависит от вида сортирующей поверхности с использованием ремней или полотен, поступательное движение которых осуществляет технологический процесс. К недостаткам таких рабочих органов относится низкая производительность, высокая материалоемкость и износ рабочих поверхностей.

Транспортерные сортировки могут быть ременными, сетчатыми, полотненными и цепными. Наибольшее распространение получили ременные сортировки.

Рабочую поверхность ременных сортировок выполняют из бесконечно движущихся ремней круглого сечения, расположенных параллельно или веерообразно с увеличивающимся шагом по направлению движения продукта. В первом случае продукт разделяется на две фракции, а во втором – на три и более. Наибольшее распространение получили четырехвальные сортировки - модули с размещением транспортеров для проходных фракций внутри ременного контура. Изменение взаимного положения модулей позволяет выделять фракции последовательно или параллельно.

Рабочие органы барабанного типа состоят из барабанов двух типов: барабаны, в которых движение сортируемых клубней картофеля осуществляется за счет наклона геометрической оси, и барабаны со шнековыми направляющими лотками. Недостатком является

то, что при их работе используется не более 16 % сортирующей поверхности, высокая материалоемкость и низкая производительность процесса.

Устройство для очистки и разделения клубней на фракции содержит стойки, на которых смонтирован барабан. Барабан выполнен, например, из трех отдельных секций, каждая из которых состоит из набора колец. Между секциями установлены кольца, которые отделяют секции одну от другой. Кольца ступицами посажены на вал, который на этих участках имеет отличное от круга поперечное сечение, например, квадратное. В состав сортировки входит загрузочный бункер и выгрузной лоток. Зазор между кольцами в первой, со стороны загрузочного лотка, секции меньше, чем зазор между аналогичными кольцами в следующей секции, а зазор в секции больше, чем зазор. Под барабаном по количеству секций установлены выгрузные транспортеры, с помощью которых отводятся примеси или транспортируются клубни картофеля соответствующей фракции. Механизм привода барабана выполнен в виде мотор-редуктора. При работе устройства в каждой секции и вращением кольца устанавливаются зазор, соответствующий размерам клубней каждой фракции. При этом в первой секции устанавливаются зазор для прохода мелких клубней. Соответственно в секции отделяются средние и крупные клубни картофеля. Каждая фракция поступает соответственно на транспортеры и транспортируется ими.

Устройство имеет ряд недостатков: способ продвижения продукта внутри рабочего органа; высокая вероятность повреждений клубней картофеля, особенно самой ценной - крупной фракции, так как она отделяется в последнюю очередь, применение в конструкции спиц также повышает повреждаемость клубней; невысокий процент использования рабочей поверхности, так как она состоит из колец, что, безусловно, снижает эффективность работы установки.

В зависимости от площади насаждений и трудовых ресурсов картофель может собираться вручную, или используется машина как технически более эффективная, с минимальным риском для их клубней, затем используется приемный бункер для приёма собранных картофелин. Сбор картофеля следует проводить во время сухой и жаркой погоды, температура почвы должна быть выше 10 °С, относительная влажность не более 15 %. Почва более влажная, имеющая более низкую температуру, имеет выше восприимчивость к механическим повреждениям клубней. При низких температурах почвы кожура урожая более подвержена повреждениям от уборочных комбайнов, а также во время разгрузки, например, в приемный бункер или на конвейер.

Только зрелые, здоровые и неповрежденные механически клубни хорошо хранятся, отсортированные с помощью специальной техники – сортировальная машина для картофеля на разные фракции. Механическое повреждение открывает путь для инфекции клубней бактериальными заболеваниями, что приводит к дальнейшим потерям при хранении. Особенно тщательный сбор и хранение требуют различные компании пищевой промышленности, так как внешние и внутренние дефекты делают картофель не пригодным к продаже. Во время рытья и подготовки урожая для хранения стоит обращать внимание на удаление луковицы с видимыми признаками заболеваемости. В процессе проверки клубней сортировальная машина для картофеля в этом помогает, отсеивается непригодный товар. Сортировочные операции не только снижают риск быстрого распространения болезни во время хранения, но и позволяют откалибровать весь товар по размерам, что позволит в дальнейшем менять цену в зависимости от качества.

Цель хранения заключается в создании условий, которые будут защищать урожай, в этом случае клубни защищены от воздействия неблагоприятных внешних условий. В результате мер, принятых производителем, снижаются потери клубней, они сохраняют свои качественные характеристики.

### Список литературы

1. Иванов, А. Г. Анализ рабочего процесса дисковой картофелесортировки / А. Г. Иванов, А. В. Костин // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – № 5. – С. 72–74.
2. Костин, А. В. К обоснованию конструктивных параметров дискового классификатора картофеля / А. В. Костин, Р. И. Останин // Молодые ученые в реализации национальных проектов: м-лы Всерос. науч.-практ. конф. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2006. – Т. III. – С. 260–264.
3. Костин, А. В. Движение клубня по торцам дисков при взаимодействии с подпирающим клубнем в дисковой сортировке / А. В. Костин, А. Г. Иванов // Вестник Ижевской ГСХА, 2007. – № 1(11). – С. 24–28.
4. Костин, А. В. Энергоемкость процесса сортирования / А. В. Костин, Р. И. Останин, Н. Г. Касимов // Научный потенциал аграрному производству: м-лы Всерос. науч.-практ. конф. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2008. – Т. IV. – С. 32–36.
5. Костин, А. В. Результаты производственных испытаний дискового калибрующего устройства / А. В. Костин // Наука Удмуртии. – 2009. – № 9. – С. 146–150.
6. Останин, Р. И. Технологические предпосылки разработки калибрующих устройств картофеля / Р. И. Останин, А. В. Костин // Устойчивому развитию АПК – научное обеспечение: м-лы Всерос. науч.-практ. конф., секция ЭМСХ. – Ижевск: ФГОУ ВПО ИжГСХА, 2004. – Т. 1. – С. 415–417.

7. Костин, А. В. Влияние коэффициента трения на процесс перемещения и ориентирования клубней картофеля в пространстве при взаимодействии с дисками калибрующего устройства / А. В. Костин, Ю. Д. Боднарчук, Р. Р. Шакиров // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2019. – Т. 3. – С. 94–98.

8. Костин, А. В. Повышение эффективности функционирования устройства для калибрования картофеля путем обоснования основных конструктивно-технологических параметров: спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»: дис. ... канд. тех. наук / Костин Александр Владимирович. – Чебоксары. – 2009. – 147 с.

9. Останин, Р. И. Оценка точности калибрования клубней картофеля / Р. И. Останин, А. В. Костин // Техника в сельском хозяйстве. – 2007. – № 6. – С. 49–50.

10. Патент на полезную модель RUS 77801 01.07.2008 / Сортирующее устройство // Р. И. Останин, А. В. Костин

11. Исследование движения сферического клубня по рабочему органу дисковой плоскорешетной картофелесортировки. Сообщение 1. Определение начальных условий для сферического движения клубня / А. Л. Шкляев, А. Г. Иванов, К. Л. Шкляев [и др.] // АгроЭкоИнфо. – 2018. – № 2(32). – С. 46.

12. Исследование движения сферического клубня по рабочему органу дисковой плоскорешетной картофелесортировки. Сообщение 2. Исследование сферического движения клубня / А. Л. Шкляев, А. Г. Иванов, К. Л. Шкляев [и др.] // АгроЭкоИнфо. – 2018. – № 2(32). – С. 47.

УДК 631,22

**Н. В. Нестерова, Е. А. Рябинин**

*ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ им. В. Я. Горина*

## **АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ В АПК**

Приведено описание процесса электрификации животноводческих помещений, подробная информация о расположении светильников в животноводческих помещениях.

Так как электрификация является процессом внедрения электроэнергии в различные отрасли, то данный процесс можно считать одним из самых важных и перспективных для агропромышленного комплекса на сегодняшний день [1].



В свою очередь, электрификация животноводческого комплекса позволяет:

- рентабельно эксплуатировать энергетические ресурсы;
- эффективно распределять производительные силы;
- автоматизировать и механизировать производство;
- увеличить производительность труда.

На животноводческих комплексах с большим поголовьем электроснабжение продумывается уже на стадии проектирования коровника. В первую очередь нужно предусмотреть освещение как в стойле, так и на рабочих местах, отведение отходов и раздачу различных кормов, отведение, подачу и нагрев воды [2].

Особое внимание уделяется безопасности животных и людей от электрического тока. Заземление электрических приборов планируется параллельно с планированием электроснабжения животноводческого комплекса [3].

Основным вопросом электрификации является освещение в главном зале коровника (где содержатся животные). Освещение прямым образом отражается на продуктивности, так как благодаря ему существует возможность продлить световой день. Световой день должен быть не менее 15ч. Соблюдение норм необходимо для продуктивной работы любого предприятия.

Для того, чтобы подобрать нужное освещение, необходимо знать следующие показатели:

- средняя площадь коровника (на 100 голов составляет приблизительно 150 м<sup>2</sup>);
- высота потолков (осветительное оборудование устанавливается на высоту 3 м при высоте потолков не меньше 3,5м и учётом вентиляционной магистрали);
- уровень загрязнённости помещения и коэффициенты отражения (в среднем они составляют: пол – 10 %, стены – 30 %, потолок – 50 %);
- выбирается тип светильников (рекомендуют светодиодные приборы; ИНВ100 и ISK50);
- точное расположение светильников на площади коровника для равномерного распределения света в помещении.

В помещения на 100 голов требуется 5 осветительных приборов на 30 тыс. Лм, которые располагают в центральном проходе. Шаг между лампами 5–6 м. Если проект коровника предполагает не один центральный проход (4–6 линий стойл), то освещение устанавливается во всех проходах. От этого фактора количество ламп не изменяется. Помимо основного освещения в помещениях также используют дополнительное (вспомогательное) освещение. Применяют лам-



пы на 4 тыс. Лм. Их располагают по периметру. Уборка экскрементов является одной из основных задач энергообеспечения. Взрослый бык-производитель выделяет около 40 кг фекалий (из которых  $\frac{1}{4}$  составляет моча), а коровы ещё больше. Как видно из статистики, в больших коровниках просто необходима ежедневная уборка навоза и грязи, на которую человек без автоматизации данного процесса затратил бы множество сил, средств и времени [4].

Для уборки проходов устанавливаются дельта-скреперные установки, скребки, транспортёры. Все это является электрооборудованием. В самих же стойлах применяются скребковые транспортёры. Их спектр применения заключается в том, что они удаляют крупные комья грязи и подают их в навозоприемник.

На больших фермах автоматизация подачи воды особо необходима. В каждом стойле находится индивидуальная поилка – при привязном способе содержания, вода поступает за счет клапана. При беспривязном содержании в загонах оборудуют общие поилки, в которых вода пополняется благодаря поплавковому устройству. Вода в них поступает через трубопровод из централизованного резервуара. Для постоянного подогрева воды используют ТЭНы [5].

Безопасность – главный показатель на любом предприятии, а в случае работы с животными требования к безопасности ужесточаются. Появляется необходимость заземления корпусов всех электрических установок. Заземление необходимо по многим причинам: от банальной защиты от удара электрическим током до короткого замыкания, которое, в свою очередь, повлечет за собой ряд последствий. Электрический ток начнёт взаимодействовать с металлическими предметами коровника. Во избежание данного инцидента устанавливают отводы тока. Так как ток идет по пути наименьшего сопротивления (через отвод), то последствий от различного вида поломок можно избежать. В целях защиты животных под пол коровника размещают металлические проводники. Они подсоединяются к металлическим предметам. Проводники, находящиеся по периферии, соединены с центральным металлическим стержнем. Его длина будет равна половине длины стойла, а диаметр – 12 мм [6].

Молния очень опасна для коровников и вероятность её попадания увеличивается по причине месторасположения коровника (как правило, вдали от густонаселенных пунктов и в открытом поле). Основным способом защиты является металлическая крыша с находящимся на ней громоотводом, либо уловителем молний. Монтируют токоотводящие устройства, которые соединяются с защитным контуром по периметру зданий [7].

Автоматизация подачи кормов питания, безусловно, важна на данном предприятии, так как этот фактор сильно влияет на электроснабжение в общем. По этой причине в амбарах устанавливают транспортную ленту, которая, в свою очередь, требует индивидуального обслуживания, а также потребляет большое количество электроэнергии [8].

Для определения нужного кормораздатчика берут во внимание такие показатели, как:

- количество КРС в стаде;
- время раздачи кормов;
- одноразовая норма питания на одну голову (примерно 16 кг).

Кормораздатчики могут работать от двигателя АИР100L2У1, пускателя двигателя ПМЛ-262102, теплового реле РТЛ-101604 [9].

В ходе проделанного анализа коровника можно сделать вывод, что электрификация – один из основных и важнейших аспектов продуктивного, комфортного и прибыльного предприятия, так как электроэнергия в животноводческом комплексе очень важна. Она затрагивает множество процессов и влияет на значительное количество показателей [10].

### Список литературы

1. Бондаренко, А. Е. Совершенствование системы технического сервиса и повышение эффективности работы сельских электроустановок / А. Е. Бондаренко, Н. В. Нестерова // М-лы Междунар. студ. науч. конф. – Белгородский ГАУ им. В. Я. Горина. – 2016. – С. 164.
2. Радоуцкий, В. Ю. Основы защиты в чрезвычайных ситуациях / В. Ю. Радоуцкий, В. Н. Шульженко, Н. В. Нестерова. – Белгород, 2008.
3. Васюткина, Д. И. Архитектура комплекса технических средств безопасности / Д. И. Васюткина, Н. В. Нестерова, Е. Г. Ковалева // Научные механизмы решения проблем инновационного развития: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 4 ч. – 2017. – С. 6–8.
4. Ковалев, Н. Г. Уборка и утилизация навоза на фермах КРС / Н. Г. Ковалев. – М.: Россельхозиздат, 2001.
5. Нестерова, Н. В. Электроэнергетика. Проблемы и перспективы / Н. В. Нестерова, Л. С. Острова // Молодежный аграрный форум-2018: м-лы Междунар. студ. науч. конф. – 2018. – С. 280.
6. Нестерова, Н. В. Математические методы анализа эффективности технических средств безопасности / Н. В. Нестерова, С. А. Кеменов, Н. Б. Кутергин. // Вестник Белгородского ГТУ им. В. Г. Шухова. – 2016. – С. 152–156.
7. Нестерова, Н. В. Обоснование единой системы обеспечения комплексной безопасности / Н. В. Нестерова, Д. И. Васюткина, А. В. Павленко // Наука:

Прошлое, настоящее, будущее: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – 2015. – С. 68–70.

8. Трофимов, Р. В. Анализ влияния качества электроэнергии на работу электроприемников / Р. В. Трофимов, Н. В. Нестерова // Материалы междунар. студ. науч. конференции. – 2017. – С. 210.

9. Юдин, В. В. Специфика надежности сельских электросетей / В. В. Юдин, Н. В. Нестерова // Молодежный аграрный форум-2018: м-лы Междунар. студ. науч. конф. – 2018. – С. 299.

10. Страхов, В. Ю. Энергосбережение в Белгородской области / В. Ю. Страхов, Н. В. Нестерова // Материалы междунар. студен. Науч. конференции. – 2015. – С. 238.

УДК 631.5:633.1

**Л. М. Нургалиев**

*НАО ЗКАТУ им. Жангир хана*

## **РЕЗУЛЬТАТЫ СТЕНДОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УПРУГИХ СТОЕК ЧИЗЕЛЬНОГО ОРУДИЯ**

Приводятся результаты лабораторного исследования упругих стоек чизельного культиватора для определения тягового усилия. Получены жесткостные и кинематические параметры упругой стойки, работающие в режиме свободного и вынужденного колебания, которые снижают тяговое сопротивление. Определено оптимальное значение продольного расстояния крайней нижней точки упругой стойки до точки крепления.

Исследование процессов чизельной обработки почвы вызвано поисками путей повышения производительности труда; снижения расхода топлива; устранения нежелательных последствий уплотнения почвы тяжелыми современными тракторами, сельскохозяйственными машинами, транспортной техники; улучшения агрофизических свойств почвы; сохранения и накопления в ней плодородия и, в конечном итоге, повышения урожайности сельскохозяйственных культур [2].

Проблема создания и совершенствования чизельных орудий для глубокой обработки почвы, подверженных высоким динамическим нагрузкам в сопряженных узлах, где возможны поверхностные разрушения [1], изучение эффективности технологии их применения в процессе возделывания сельскохозяйственных культур составляет одну из основных задач современных исследований в аграрном секторе производства [3].

**Цель лабораторного исследования.** Целью исследования являлось изучение статических и динамических показателей упругих стоек различной формы чизельного культиватора.

**Объекты исследования:**

1. Стойка изготовления Японии.
2. Стойка «Ведерстад» (Швеция).
3. Стойка изготовления Дании.
4. Стойка «Белавтомаз» воспроизведение «Ведерстад».
5. Стойка «Виброфлекс» (Дания).
6. Опытный образец № 1.
7. Опытный образец № 2.
8. Опытный образец № 3.

**Программа экспериментальных исследований**

1. Подготовка исследуемой упругой стойки и нагрузочного стенда к испытаниям.
2. Проведение испытаний с регистрацией упругих смещений и частоты свободных колебаний упругих стоек.
3. Обработка результатов испытаний.

**Методика проведения экспериментальных исследований**

1. Подготовка нагрузочного стенда включала закрепление исследуемой упругой стойки, проверку и подтяжку крепежных узлов. При установке каждой упругой стойки трос закреплялся на крайнее отверстие для крепежа рабочих органов, при этом трос ориентировался по возможности горизонтально.

2. Для измерения статических показателей использовался нагрузочный стенд, где нагрузка задавалась через длинный трос (3 м) и фиксировалась динамометром. Смещения крайней точки упругой стойки проецировались на экран.

Динамические показатели (частота собственных свободных колебаний) фиксировались на осциллографическую ленту через реохордный датчик ДОС-800 по следующей схеме: ДОС-800 – тензомост – осциллограф Н014.

Исследования упругой стойки проводились в следующей последовательности:

- после установки упругой стойки на стенд производится нагружение усилием, равным 5кН, затем проводится разгрузка;
- производится затяжка крепежных болтов;
- отметчик упругих смещений устанавливается в нулевое положение;
- проводится контрольное нагружение продольной нагрузки от 0 до 4,5 кН через 0,5 кН. При достижении максимальной нагрузки упругой стойки разгружалась в обратной последовательно-

сти. Для каждого значения нагрузки фиксировались упругие смещения крайней точки упругой стойки. Повторность опыта 3–4-кратная;

- исследуемая упругая стойка переставляется для поперечного нагружения, и испытание проводится по описанной выше методике;
- для получения динамических характеристик упругой стойки в продольном направлении устанавливался датчик ДОС, проверяется электрическая цепь;
- производится нагружение до 1,5 кН через шпагат. Затем шпагат перерезается. Запись колебаний упругой стойки проводится до полного затухания. В процессе испытаний соблюдалась техника безопасности.

3. Обработка результатов испытания проводилась по формулам:

$$\delta_{11} = \frac{\Delta Sx}{\Delta Px} \quad , \quad (1)$$

$$\delta_{12} = \frac{\Delta Sz}{\Delta Px} \quad , \quad (2)$$

$$\delta_{33} = \frac{\Delta Sy}{\Delta Py} \quad , \quad (3)$$

$$\delta_{23} = \frac{\Delta Sz}{\Delta Py} \quad , \quad (4)$$

$$M_{11} = \frac{1}{\delta_{11}\omega_{11}^2} \quad , \quad (5)$$

$$\Psi_1 = \arctg \frac{\delta_{12}}{\delta_{11}} \quad , \quad (6)$$

где  $\delta_{11}$  – продольная податливость;

$\delta_{12}$  – вертикальная податливость;

$\delta_{33}$  – поперечная податливость;

$M$  – изгибающий момент;

$\Psi$  – угол между горизонтальной силой и смещением.

Показатели  $\delta_{11}$ ,  $\delta_{12}$ ,  $\delta_{33}$  характеризуют величину упругих смещений носка рабочего органа. Показатель  $\delta_{12} = \delta_{21}$  характеризует направление упругих смещений носка рабочего органа.

Результаты стендовых исследований

Результаты проведенных исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Статические и динамические показатели упругих стоек

Значение показателей								
Тип стойки	P, кН	$\delta_{11}$ , м/Н $\times 10^{-6}$	$\delta_{12}$ , м/Н $\times 10^{-6}$	$\delta_{33}$ , м/Н $\times 10^{-6}$	$\delta_{23}$ , м/Н $\times 10^{-6}$	$\omega$ , Гц	$M_{11}$ , Н	$\varphi_1$ , град
Упругая стойка изготовления Японии	0,5	34	8	52/54	8/2	11,1	38	13
	1,0	38	14	40/58	6/4			20,2
	1,5	44	10	40/56	10/6			12,8
	2,0	40	10	40/54	2/10			21,8
	2,5	40	14	38/58	6/10			19,2
	3,0	40	16	38/48	14/12			21,8
	3,5	38	14					20,2
	4,0	38	12					17,5
	4,5	30	18					30,9
Упругая стойка «Ведерстад»	0,5	64	24	86/118	2/16	8,3	36	20,5
	1,0	48	24	78/104	6/8			26,5
	1,5	46	22	70/100	10/20			25,5
	2,0	56	26	74/94	14/12			24,9
	2,5	38	18	62/82	12/34			25,3
	3,0	40	24	52/92	16/26			30,9
	3,5	44	28					32,4
	4,0	42	26					31,7
	4,5	38	18					25,3
Упругая стойка изготовления Дании	0,5	58	2	72/104	4/12	8,34	39	4,5
	1,0	74	12	56/86	2/10			9,2
	1,5	64	18	64/84	12/18			15,7
	2,0	56	14	52/74	8/20			14,0
	2,5	58	18	48/72	10/20			17,2
Упругая стойка «Виброфлекс»	0,5	118	44	56	6	7,3	25	20,4
	1,0	94	52	50	8			28,9
	1,5	86	40	50	12			29,9
	2,0	70	48	54	12			34,4
	2,5	60	44	48	16			36,2
	3,0	52	40					37,5
	3,5	44	38					40,8
	4,0	36	40					48,7
Упругая стойка «Опытный образец» № 1	0,5	82	26	138/166	28/16	8,33	28	17,5
	1,0	78	32	90/116	26/22			22,3
	1,5	68	30	74/104	26/28			23,8
	2,0	66	34	54/98	22/32			27,2
	2,5	60	32	78/84	28/38			28,07
	3,0	50	34					34,2
	3,5	44	24					28,6
	4,0	42	30					35,5



Значение показателей								
Тип стойки	P, кН	$\delta_{11}$ , м/Н $\times 10^{-6}$	$\delta_{12}$ , м/Н $\times 10^{-6}$	$\delta_{33}$ , м/Н $\times 10^{-6}$	$\delta_{23}$ , м/Н $\times 10^{-6}$	$\omega$ , Гц	$M_{11}$ , Н	$\varphi_1$ , град
Упругая стойка «Опытный образец» № 2	0,5	96	18	120/146	12/18	8,1	25	10,6
	1,0	90	22	90/84	16/22			13,7
	1,5	80	22	88/96	22/24			15,4
	2,0	82	28	74/94	26/32			18,9
	2,5	74	32	68/88	22/38			23,4
	3,0	66	28					22,98
	3,5	54	30					29,05
	4,0	54	32					30,65
Упругая стойка «Опытный образец» № 3	0,5	56	6	130/112	14/18	10,7	24	6,11
	1,0	52	10	90/76	18/14			16,8
	1,5	48	10	66/66	14/18			11,7
	2,0	46	14	56/64	18/26			16,9
	2,5	54	14	62/64	32/20			14,5
	3,0	48	14					16,3
	3,5	42	16					20,9
	4,0	50	18					19,8

**Результаты и их обсуждение.** Из таблицы 1 видно, что все исследуемые стойки имеют наименьшую собственную частоту в диапазоне 7,3...11,1 Гц, при диапазоне податливости 34–118 м/Н $\times 10^{-6}$  и диапазоне массовых характеристик 24...39 Н. Данные параметры связаны между собой и зависят от формы упругой стойки. Теоретические выкладки показывают, что функция  $\delta_{ij} = f(P_i)$  может убывать или увеличиваться монотонно, тогда как по экспериментальным данным это положение не подтверждается, особенно в случае  $\delta_{12} = f(P_x)$ . Такое несоответствие объясняется погрешностями нагруженного стенда, не обеспечивающего строго параллельное направление нагрузки независимо от упругих смещений упругой стойки.

**Выводы:**

1. Проведенный анализ полученных результатов показывает, что жесткостные и кинематические параметры упругой стойки сложно зависят от формы.

2. Для спиральных стоек подтверждается обоснованная зависимость коэффициента связи от продольного расстояния крайней точки упругой стойки от точки крепления. В данном случае наиболее выгодны в этом отношении стойки Дании, Японии и «Опытный образец» № 3, имеющие наименьшую величину. Также данные стойки имеют более выгодную кинематику, то есть наименьшие углы между горизонталью и касательной плоскости.

3. Наибольшее углубление имеет упругая стойка «Ведерстад» ( $X_{0max}$ ). Однако у данной стойки более «жесткая» характеристика по сравнению с другими упругими стойками.

#### Список литературы

1. Петров, В. А. К вопросу о разрушении поверхностного слоя контактирующих деталей / В. А. Петров // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 125–128.

2. Пархоменко, Г. Г. Исследование чизеля: Сравнительная оценка рабочих органов. Saarbrecken: LABLAMBERTAcademicPublishing, 2014. – 3 с.

3. Умбеталиев, Н. А. Параметры рабочих органов чизельного культиватора. От зональной почвозащитной системы земледелия к адаптивно-ландшафтной / Н. А. Умбеталиев // Материалы Международ. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию А. И. Бараева. – Алматы: Сору Land, 2008. – С. 167–169.

УДК 631.352.02

**В. Ф. Первушин, М. З. Салимзянов**

*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

### **ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН НА ПОЧВУ**

В статье приводятся результаты теоретических исследований в области взаимодействия рабочих органов с почвой во время их контакта. Для расчетов реакции почвы на рабочий орган необходим комплексный показатель, учитывающий влияние на процесс разрушения почвы большинства видов деформаций. Таким показателем является удельное сопротивление  $k_0$  почвы, определяемое делением тягового сопротивления орудия на фронтальное сечение обрабатываемого пласта почвы. Зная величину  $k_0$ , можно рассчитать фронтальную реакцию  $P_\phi$  почвы на рабочий орган при известной фронтальной проекции  $S_\phi$  рабочего органа (проекция рабочего органа на плоскость, перпендикулярную к вектору его абсолютной скорости).

Для разработки метода расчета сил, действующих на рабочий орган, необходимо тщательно изучить процесс взаимодействия его с почвой. Как статическая, так и динамическая система рабочий орган – почва очень сложна, поэтому глубина изучения таких систем и протекающих в них процессов требует особого обоснования [14, 16].

Необходимо учитывать целевую направленность результатов теоретических исследований. Обычно их используют для расчета сил, действующих на рабочие органы и машину в целом (для сокращения энергозатрат), обоснования геометрических и кинематических параметров рабочего органа, определения прочности конструкции и ее элементов, выявления условий устойчивости движения почвообрабатывающих агрегатов и т. д. Таким образом, в практике необходим метод расчета сил и моментов, действующих на почвообрабатывающие органы. Этот метод должен быть сравнительно простым, а его результаты близки к экспериментальным так, чтобы можно было использовать при отсутствии последних.

При последовательном решении поставленных задач прежде всего нужно проанализировать силы и моменты, действующие на рабочие органы при их равномерном движении или в условном статическом положении.

Следующим этапом является переход от статической схемы сил и моментов, действующих на рабочие органы, к динамическому процессу взаимодействия их с почвой. Однако решение динамической задачи не рассмотрено в данной работе.

При взаимодействии большинства рабочих органов с почвой процесс ее разрушения протекает под действием комплекса деформаций: сжатия, сдвига, изгиба, кручения и т. д.

Не всегда можно указать, какой вид деформации преобладает в том или ином случае. Напряжения, которые при этом возникают в почве, зависят от ее механического состава и влажности и изменяются в широком диапазоне.

В теории к почвам часто применяют методы расчета грунтов. Однако диапазон изменения свойств почвы в период обработки значительно шире, чем диапазон изменения свойств грунтов в момент их нагружения. В период обработки почвы некоторые ее прочностные характеристики в отличие от характеристик прочности грунтов могут изменяться более чем на порядок [8]. Поэтому следует осторожно применять методы расчета прочности грунтов к решению задач обработки. У большинства типов почв в наименьших диапазонах изменяются напряжения сдвига и сжатия. Но и эти характеристики прочности почвы могут значительно изменяться в зависимости от влажности. Такие показатели, как напряжение сдвига, сжатия, кручения и т. д., можно использовать в расчетах рабочих органов лишь в случаях постоянства свойств почвы в период обработки и преобладания определенных видов деформаций.

Для расчетов реакции почвы на рабочий орган необходим комплексный показатель, учитывающий влияние на процесс разрушения

почвы большинства видов деформаций. Таким показателем является удельное сопротивление  $k_0$  почвы, определяемое делением тягового сопротивления орудия на фронтальное сечение обрабатываемого пласта почвы. Зная величину  $k_0$ , можно рассчитать фронтальную реакцию  $P_\phi$  почвы на рабочий орган при известной фронтальной проекции  $S\phi$  рабочего органа (проекция рабочего органа на плоскость, перпендикулярную к вектору его абсолютной скорости). Погрешность расчета, возникающая при использовании фронтальной проекции рабочего органа и удельного сопротивления почвы, обусловлена некоторым несовпадением фронтальной и результирующей реакции почвы на рабочий орган. Но она значительно меньше погрешности, получаемой при использовании в расчетах других характеристик прочности почвы.

Значения  $k_0$  определены практически для всех типов почв [2, 3]. При сравнении удельного сопротивления  $k_0$  почвы с другими характеристиками ее прочности видно, что  $k_0$  имеет наименьший диапазон изменения для данного типа почвы. Следовательно, применение его в расчетах может дать наиболее надежные и близкие к экспериментальным результаты.

Основными элементами почвообрабатывающего органа являются лезвия и различной формы рабочие поверхности. Лезвие отделяет элемент почвы от монолита, а поверхность деформирует и разрушает его. Нагрузка на лезвие и поверхность распределяется неравномерно. У некоторых рабочих органов (плоский диск) большая часть ее приходится на лезвие, а у других (сферический диск) – на поверхность. Направления сил, действующих на лезвие и поверхность, также различны. Поэтому в расчетах желательно силы, действующие на лезвие и на поверхность рабочего органа, определять отдельно.

Удельное сопротивление  $k_0$  почвы относят обычно к фронтальной проекции той части рабочего органа, которая погружена на глубину  $h$  обработки почвы. Удельную реакцию  $k_L$  почвы на лезвие рабочего органа относят к единице длины лезвия.

Необходимо учесть, что в справочные значения  $k_0$  в большинстве случаев введена реакция почвы на лезвие рабочего органа, а в научной литературе уже имеются экспериментальные значения  $k_L$  [11].

В расчетах можно использовать коэффициент смятия  $k_T$  (твёрдость) почвы. Он также в ряде случаев изменяется незначительно при изменении свойств почвы. Применение  $k_T$  наиболее рационально, когда рабочий орган или какая-то его часть деформирует почву в направлении не открытой борозды (поверхности поля), а монолита.

Таким образом, для расчета сил и моментов, действующих на почвообрабатывающий орган, необходимо прежде всего знать

фронтальную проекцию рабочего органа и длину лезвия. Тогда фронтальная реакция  $P_\phi$  почвы будет равна произведению фронтальной проекции  $S_\phi$  поверхности рабочего органа на удельное сопротивление  $k_0$ , а реакция на лезвие – произведению длины  $L_l$  лезвия на удельную реакцию  $k_l$  почвы на него.

Далее необходимо обосновать точки приложения результирующих реактивных сил, действующих на поверхность и лезвие рабочего органа. Допустимо предполагать, что результирующая реакция почвы, действующая на лезвие, приложена в середине рабочего участка лезвия. Поскольку действие этой реакции на лезвие обусловлено нормальной силой почвы и силой трения о фаски заточки, то вектор нормальной силы направлен перпендикулярно к лезвию, а вектор силы трения, действующей на рабочий орган, совпадает с вектором относительной скорости  $v_r$  частицы почвы, которая проходит через данную точку приложения [1, 4, 5, 6].

Направление в пространстве вектора нормальной силы к лезвию рабочего органа и вектора относительной скорости частицы, проходящей через точку приложения результирующей реакции, определяется сравнительно просто. Значительно сложнее выявить и обосновать точку приложения и направление результирующей реакции почвы на поверхность рабочего органа.

В процессе движения рабочего органа точка приложения результирующей реакции почвы на его поверхность изменяет свое положение. Изменяется также и направление вектора этой реакции. Точки приложения результирующей реакции образуют на поверхности рабочего органа определенную зону. Так что в первом приближении нужно обосновать расположение этой зоны.

Анализируя движение пласта по поверхности рабочего органа, видим, что, вероятнее всего, эта зона расположена под той частью еще не разрушенного пласта почвы, в которой в данный момент сконцентрированы наибольшие напряжения.

При движении клина на напряжения, возникающие в пласте, значительно влияет угол  $u$  резания, а при движении рабочих органов с более сложной поверхностью – угол между лицевой плоскостью касательной к поверхности и вектором абсолютной скорости той точки поверхности, к которой проведена касательная плоскость (рис. 1).

Таким образом, для выявления зоны наибольшей концентрации напряжений достаточно знать закономерность изменения угла резания или угла между векторами абсолютных скоростей точек поверхности и касательными к поверхности рабочего органа, который иногда называют кинематическим углом  $u_k$  резания.

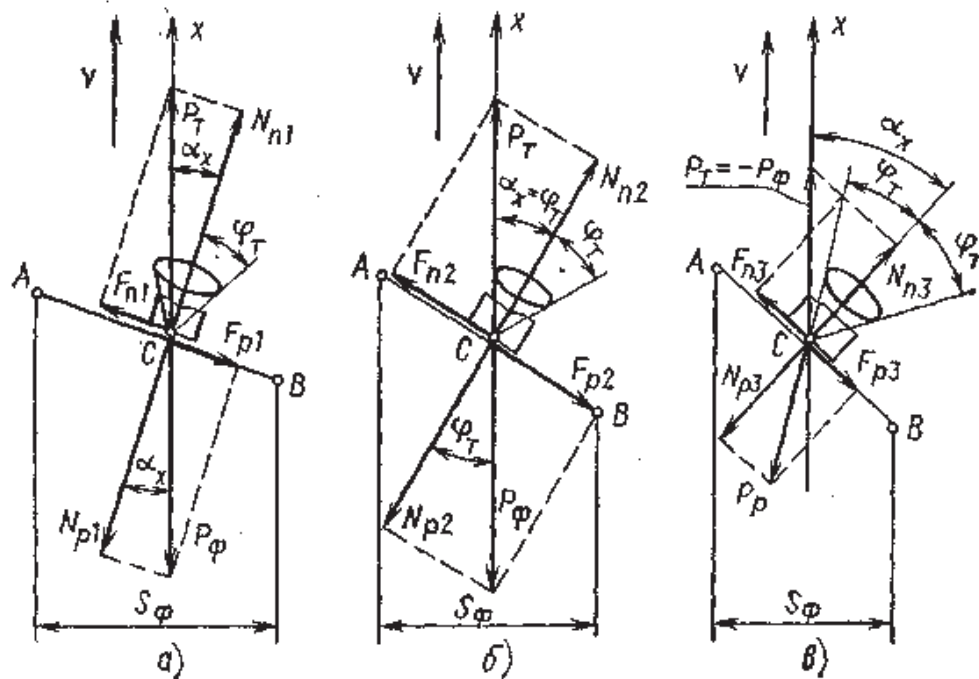


Рисунок 1 – Схемы действия реакции почвы на рабочий орган

С увеличением углов  $\gamma$  и  $\gamma_k$  напряжения в пласте, движущемся по поверхности рабочего органа, растут. Следовательно, в зоне максимальных значений  $\gamma$  и  $\gamma_k$  напряжения в пласте, если он еще не разрушен, будут максимальные. На основании этого предполагаем, что точка приложения фронтальной реакции  $P_\phi$  почвы на поверхность рабочего органа расположена в этой зоне.

В зависимости от геометрической формы органа на рабочей части его поверхности может быть несколько зон с максимальными углами  $\gamma$  и  $\gamma_k$ , но для расчетов следует использовать ту из них, которая расположена первой на пути движения еще не разрушенного пласта. Центр этой зоны можно считать точкой приложения результирующего давления пласта. Для более точного определения координат указанной точки следует выявить не менее двух продольных сечений пласта с наибольшими напряжениями сжатия. Тогда линия пересечения плоскостей, проходящих через эти сечения, с поверхностью рабочего органа, будет точкой приложения результирующего давления пласта.

В динамическом процессе сечения пласта с наибольшими напряжениями изменяются. При этом перемещается точка результирующего давления и усложняется задача. В статической же схеме сил положение точки приложения результирующего давления пласта на поверхность рабочего органа неизменно.

Далее необходимо выяснить, каким образом действует фронтальная реакция почвы на поверхность рабочего органа, нормальные



силы к которой составляют различные углы с фронтальной плоскостью и, следовательно, с направлением движения рабочего органа.

Для этого рассмотрим классическую схему взаимодействия двух тел, движущихся друг относительно друга. При отсутствии удара одно тело действует на другое посредством давления и трения. В теории движение рабочего органа направляют вдоль оси  $x$ , тогда фронтальная реакция  $P_\phi$  почвы будет направлена противоположно оси  $x$ , а нормальные силы  $N$  к поверхности рабочего органа будут составлять с осью  $x$  различные углы  $a_x$  (рис. 1 а, б, в). Проекция силы  $P_\phi$  на нормаль всегда будет равна  $P_\phi \cos a_x$ , а на касательную не всегда будет равна силе трения почвы о поверхность рабочего органа.

Если угол  $a_x$  меньше угла  $\varphi_m$  трения почвы о рабочий орган, то реакция  $P_\phi$  проходит внутри конуса трения. На почву в этом случае ( $a_x < \varphi_m$ ) действуют со стороны рабочего органа нормальная сила  $N_{n1}$  и сила трения  $F_{n1}$ , а на рабочий орган – нормальная реакция  $N_{p1}$  и сила трения  $F_{p1}$ , которые рассчитывают по формулам:

$$N_{p1} = P_\phi \cos a_x; F_{p1} = N_{p1} \operatorname{tg} a_x = P_\phi \sin a_x$$

Одновременно выполняется условие  $F_{n1} = F_{p1}$ . Поскольку  $a_x < \varphi_m$ , то почва не движется по рабочему органу, а сгруживается перед ним.

Когда направление фронтальной силы  $P_\phi$  совпадает с образующей конуса трения (рис. 1 б), то можно утверждать, что почва движется равномерно или находится в состоянии между относительным покоем и движением. Нормальная реакция  $N_{p2}$  почвы на рабочий орган в этом случае ( $a_x = \varphi_m$ ) равна  $P_\phi \cos \varphi_m$ , а сила трения  $F_{p1} = f P_\phi \cos \varphi_m$  (где  $f$  – коэффициент трения почвы о рабочий орган). Выполняется условие  $F_{n2} = -F_{p2}$ .

Когда направление силы  $P_\phi$  выходит за конус трения (рис. 1 в), нормальная реакция почвы  $N_{p3} = P_\phi \cos a_x$  и  $N_{n3} = -N_{p3}$ , а сила трения, действующая на почву,  $F_{n1} = f N_{n3} = f P_\phi \cos a_x$ . Кроме того,  $|F_{p3}| = |F_{n3}|$ . Следует заметить, что  $F_{n3} < P_\phi \sin a_x$ . Поскольку со стороны почвы на рабочий орган действуют сила трения  $F_{p3}$  и нормальная сила  $N_{p3}$ , то разность  $P_\phi \sin a_x - F_{n3}$  передается только почве, сообщая ей ускоренное относительное движение.

На рисунке 1 в видно, что при  $a_x > \varphi_m$  давление пласта на рабочий орган снижается. Следовательно, уменьшаются деформация сжатия и тяговое сопротивление  $P_m$ . Происходит перераспределение энергии, затраты которой увеличиваются на сообщение ускорения относительному движению элемента почвы и уменьшаются на сжатие.

Таким образом, при расчете реакции почвы на рабочий орган необходимо учитывать расположение ее результирующей относительно конуса трения. Это требование основано на зависимостях нормальной силы  $N_p$  только от угла между направлением движения рабочего органа и вектором  $N_p$ , а силы трения  $|F_p|$  еще и от расположения вектора  $P_\phi$  относительно конуса трения [10].

Так, при  $\alpha_x > \varphi_m$ , спроектировав ( $-P_\phi$ ) на нормаль к поверхности рабочего органа в точке С, получим  $N_{n3} = -N_{p3}$ . Если пренебречь изменением силы трения при увеличении скорости относительного движения почвы по рабочему органу, то  $F_{n3} = \text{tg } \varphi_m N_{n3} = fF_{p3} \cdot F_{n3} = -F_{p3}$  и результирующая векторов  $N_{p3}$  и  $F_{p3}$  не совпадает с осью  $x$ . В этом случае проекция реакции почвы  $P_p$  на ось  $x$  не равна  $P_\phi$ . Без учета скорости движения, когда изменяется  $f$ ,  $P_p$  равна сумме векторов  $N_{p3}$  и  $F_{p3}$  (рис. 1 в).

Если рабочий орган совершает сложное движение в пространстве, то часто можно допускать, что фронтальная реакция  $P_\phi$  противоположна вектору его абсолютной скорости.

#### **Основные выводы:**

1. Фронтальная реакция  $P_\phi$  пласта вызвана действием сил подпора и направлена к рабочему органу через почвенные элементы, прилегающие к его поверхности. Действие почвенных элементов на поверхность осуществляется только через нормальную силу  $N_p$  и силу трения  $F_p$ . С увеличением  $\alpha_x$  уменьшается давление пласта на рабочий орган, а следовательно, и силы трения  $F_n$  и  $F_p$ . Ввиду сохранения баланса энергии, подводимой к почве и рабочему органу, тяговое сопротивление  $P_m$  последнего также изменяется.

2. Таким образом, предложенный В. П. Горячкиным метод расчета тягового сопротивления плуга с учетом удельного сопротивления  $k_0$  почвы, можно использовать и при определении реакции почвы на другие типы почвообрабатывающих машин и орудий. Получаемые результаты будут наиболее близки к экспериментальным [7–11].

#### **Список литературы**

1. Карлов, М. Е. Две операции одновременно / М. Е. Карлов, В. Ф. Первушин // Сельский механизатор. – 1998. – № 10. – С. 7–9.
2. Карлов, М. Е. Комбинированные почвообрабатывающие машины / М. Е. Карлов, В. Ф. Первушин // Тезисы докладов всероссийской научно-практической конференции. – Рязань, 1998.
3. Классификация ротационных рабочих органов сельскохозяйственных машин / В. Ф. Первушин, Левшин А. Г., М. З. Салимзянов, Н. Г. Касимов, Е. В. Шамаев, И. Ю. Лебедев // Вестник ИжГСХА. – 2015. – № 3 (44). – С. 38–43.

4. Особенности усовершенствованной технологии возделывания картофеля в Удмуртии / В. Ф. Первушин, В. Г. Медведев, М. З. Салимзянов, Н. Г. Касимов // Картофель и овощи: научно-производственный журнал. – 2004. – № 1. – С. 19–21.

5. Патент № 2388199 Российская Федерация, МПК А01В21 / Ротационный рыхлитель : № 2008114768/12; заявл. 15.04.08 ; опубл. 10.05.10 / Первушин В. Ф., Салимзянов М. З., Фатыхов И. Ш.; Абдуллин Ф.М. // Бюл. № 13. – 8 с.

6. Патент № 2473196 Российская Федерация, МПК А01В39/00, А01В35/00 / Культиватор для ухода за растениями картофеля : № 2011109342/13; заявл. 11.03.11 ; опубл. 27.01.13 / Первушин В. Ф., Салимзянов М. З., Фатыхов И. Ш. // Бюл. № 3. – 6 с.

7. Первушин, В. Ф. Повышение эффективности механизированной технологии возделывания картофеля в условиях малых форм хозяйствования: монография/ В. Ф. Первушин. – Ижевск: ИжГСХА, 2011. – 208 с.

8. Первушин, В. Ф. Повышение эффективности механизированной технологии возделывания картофеля в условиях малых форм хозяйствования (фермерские и личные подсобные хозяйства населения): спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»: автореф. дис... д-ра технических наук / Первушин Владимир Федорович. – Москва, 2011. – 36 с.

9. Первушин, В. Ф. Усовершенствованная технология возделывания картофеля в фермерских и личных подсобных хозяйствах/ В.Ф. Первушин, М. З. Салимзянов, Н. Г. Касимов // Техника в сельском хозяйстве. – 2011. – № 4. – С. 29–31

10. Первушин, В. Ф. К обоснованию схемы конструкции ботвоборочной машины / В. Ф. Первушин // Тезисы докладов к научно-практической конференции ИжГСХА. – Ижевск, 1998г.

11. Повышение уровня механизации производства картофеля в условиях малых форм хозяйствования (фермерские и личные подсобные хозяйства) / В. Ф. Первушин, М. З. Салимзянов, Н. Г. Касимов, А. Г. Иванов // Актуальные проблемы механизации сельского хозяйства: материалы юбилейной научно-практической конференции 55 лет высшему агроинженерному образованию в Удмуртии. – 2010. – С. 70–76.

12. Применение стеклопластиковых прутков на элеваторах картофелеуборочных машин /В. Ф. Первушин, М. З. Салимзянов, Н. Г. Касимов, Е. В. Шамаев, И. Ю. Лебедев // Вестник ИжГСХА. – 2015. – № 3 (44). – С. 43–47.

13. Касимов, Н.Г. Основы к методике экспериментальных исследований технологического процесса уничтожения сорняков ротационным рабочим органом / Н. Г. Касимов, В. Ф. Первушин // Молодые ученые – агропромышленному комплексу: материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Отв. за вып. Р. З. Набиуллин. – 2004. – С. 81–85.

**В. Ф. Первушин, М. З. Салимзянов, Ф. М. Абдуллин**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ КАРТОФЕЛЕКОПАТЕЛЯ РОТОРНОГО ТИПА**

Приводится обоснование режима работы картофелекопателя роторного типа.

В настоящее время для уборки картофеля в условиях фермерских и личных подсобных хозяйств часто применяется серийный картофелекопатель белорусского производства типа КТН-2В. Однако у данного картофелекопателя элеваторного типа в ходе работы выявлено немало недостатков [2, 3, 4].

Одной из важнейших задач государственной агропродовольственной политики на ближайшие и последующие годы является импортозамещение и модернизация сельскохозяйственного производства на основе применения современной техники и передовых аграрных технологий.

Современное производство основано на инновациях или новых технологиях и новой технике, разработанных наукой, экономически обоснованной [7, 8].

Новый картофелекопатель роторного типа просеивания с приводом от ВОМ [1].

Для уточнения рациональных конструктивно-геометрических параметров и режимов работы картофелекопателя роторного горизонтального типа рассмотрим его кинематический анализ (рис. 1).

В процессе работы роторные валы с пальцами совершают сложное движение аналогично работе подборщика. Они перемещаются по направлению переносной скорости и вращаются вокруг оси ротора напротив переносного движения. Такое сложное движение обеспечивает необходимое качество основного технологического процесса картофелекопателя, которое оценивается чистотой просеивания почвенного пласта, непрерывностью подачи транспортирования клубней движения по верху роторов, свободным выходом пальцев из пласта.

Чистота просеивания почвы зависит от параметров и режимов работы картофелекопателя. В процессе подбора пласта пальцы перекатываются по направляющей дорожке циклоида, которая оценивается кинематическим показателем режима работы:

$$\lambda = V_n / V_m, \quad (1)$$

где  $V_n$  – окружная скорость пальца, м/с;

$V_m$  – поступательная скорость движения машины, м/с.

Из практики сепарирующих машин разных типов кинематический показатель всегда больше или равен единицы, т. е.  $\lambda \geq 1$ .

Как уже сказано, жестко закрепленные к ротору пальцы, что вполне допустимо рассматривать как единое целое, закрепленное с ротором и вращающееся вместе с ним.

Роторный вал (рис. 1) радиусом  $r_0$  с пальцами вращаются с постоянной угловой скоростью  $\omega$  вокруг центра  $O^j$  подвижной системы координат  $O^jX^jY^j$  с поступательной скоростью машины  $V_m$  вдоль оси  $O^jX^j$ , совпадающей с направлением оси  $OX$ , неподвижной системы координат –  $OXY$ .

Принимаем следующие допущения: концы пальцев принимаем за точку.

Координаты точки пальцев в неподвижной системе координат  $OXY$  определяются уравнениями движения [5, 6] в параметрическом виде:

$$\begin{aligned} X_{i,j} &= V_m \cdot t + r \cdot \sin\omega t, \\ Y_{i,j} &= r \cdot \cos(\omega t - \alpha_i), \end{aligned} \quad (2)$$

где  $V_m$  – поступательная скорость движения машины, м/с;

$t$  – время движения, с;

$r$  – радиус вращения пальца, м;

$\omega t$  – угол поворота ротора, отсчитываемый от отрицательно-вертикальной оси ротора  $OY$  против часовой стрелки, град;

$\alpha_i = \frac{2\pi}{m}(i-1)$  – угол, определяющий начальное положение точки

пальца относительно отрицательной оси ротора  $OY$  при  $t = 0$ ;

$i$  – порядковый номер пальца, отсчитываемый от отрицательной оси  $OY$  по часовой стрелке;

$m$  – число пальцев, вращающихся на данном радиусе, шт.

Разбив окружность и отрезок, равный длине пути  $L$ , пройденной машиной за один оборот ротора, на одинаковое число частей  $j$ , найдем промежуточные положения точки  $A_j$  пальца 1, точки  $B_j$  пальца 2, которые будут принадлежать траекториям их движения в виде циклоид.

Для устранения сгуживания подкапываемого пласта и возможности сепарирования линейная скорость роторных валов должна быть



в 1...1,3 раза больше скорости движения машины. Также для улучшения просеивания и транспортирования последующие роторные валы размещают относительно друг друга с незначительным подъемом.

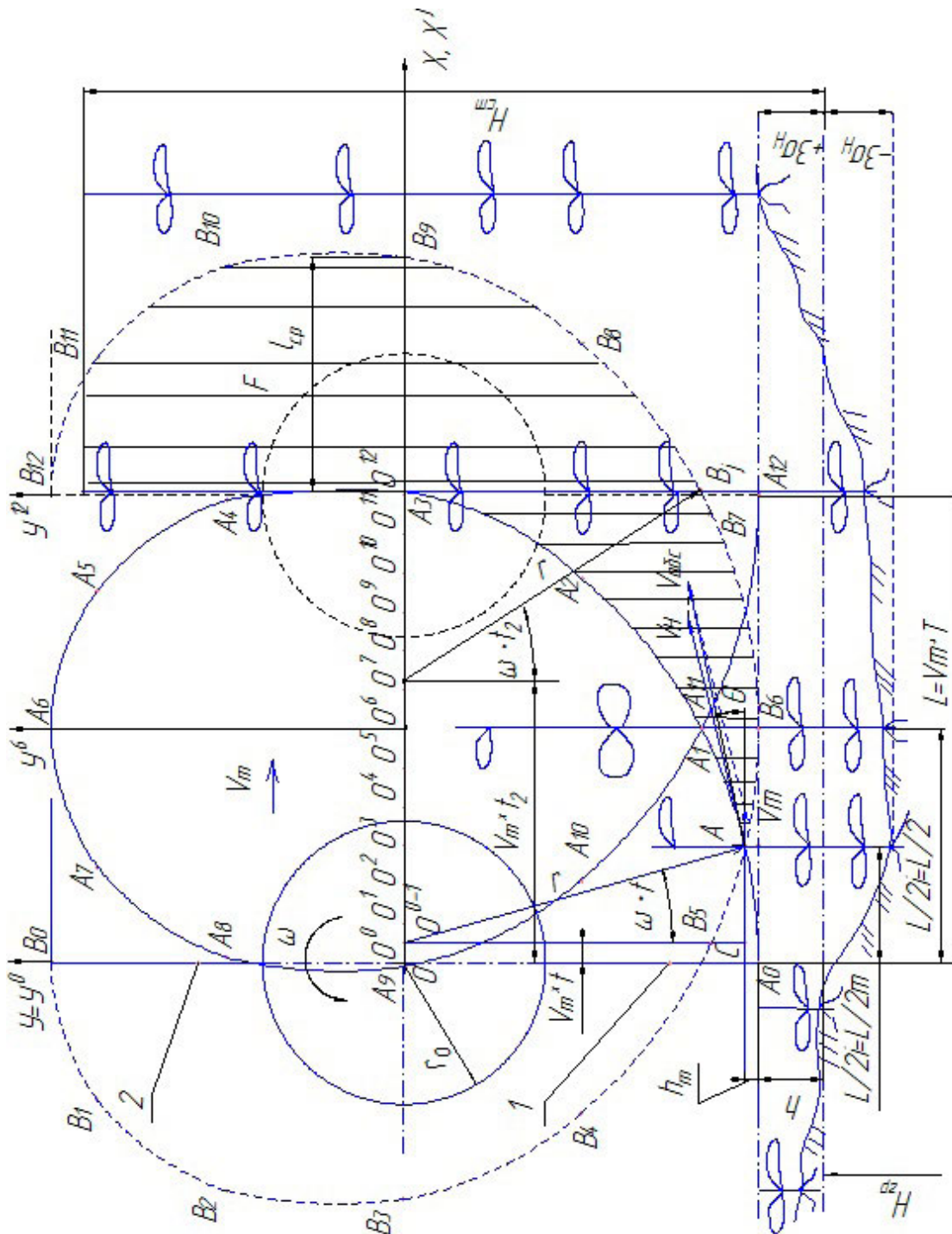
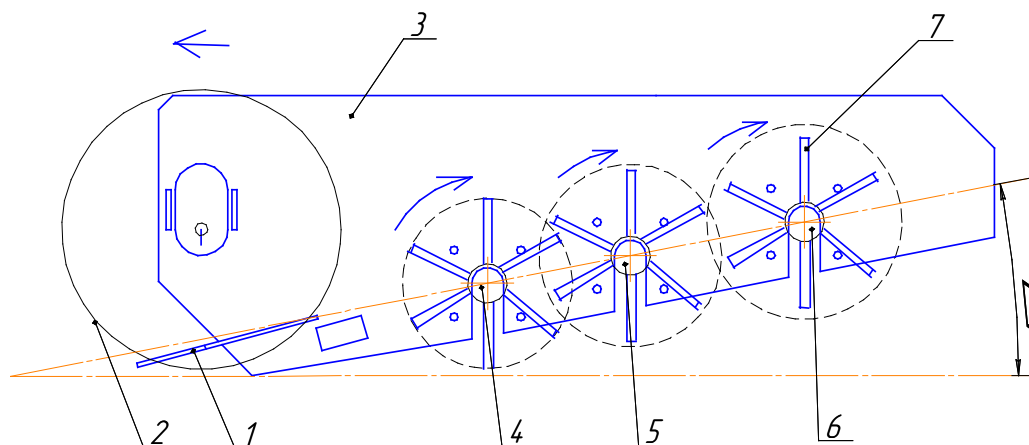


Рисунок 1 – Абсолютная траектория движения прутков роторного вала, расположенных над вершиной гребня

$A_0 \dots A_{12}$  – траектория движения точки  $A$  прутка 1;  
 $B_0 \dots B_{12}$  – траектория движения точки  $B$  прутка 2





**Рисунок 2 – Схема расположения осей роторов на боковине картофелекопателя**

1 – лемех, 2 – диск отрезной, 3-боковина, 4 – первичный роторный вал, 5 – вторичный роторный вал, 6 – третий роторный вал, 7 – прутки

Пальцы соседних роторных валов описывают аналогичные траектории, только находятся относительно поверхности выше на определенных высотах каждый, чтобы обеспечить подъем и движение пласта с сепарацией по верху. Характеризуется углом  $\gamma$  (рис. 2), он достаточно мал и соответствует углу расположения лемехов картофелеуборочных машин равный в пределах до 10 град.

### Список литературы

1. Классификация ротационных рабочих органов сельскохозяйственных машин / В. Ф. Первушин, А. Г. Левшин, М. З. Салимзянов и др. // Вестник Ижевской ГСХА. – 2015. – № 3. – С. 38–43.
1. Модернизация картофелекопателя КТН-2В / В. Ф. Первушин, М. З. Салимзянов, А. А. Федотов и др. // Современному АПК – эффективные технологии: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию д-ра с.-х. наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ, почетного работника ВПО РФ Валентины Михайловны Макаровой. – 2019. – С. 50–52.
2. Пат. 135224 U1 Российская Федерация, МПК А01D13/00 Картофелекопатель / Первушин В.Ф., Левшин А.Г., Зверев Н.П., Салимзянов М.З., Фатыхов И.Ш., Корепанов Ю.Г., Касимов Н.Г., Арсланов Ф.Р. ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ижевская гос. с.-х. академия. // № 2013113202/13; заявл. 25.03.13 ; опубл. 10.12.13, Бюл. № 34. – 3 с.
3. Пат.на полезную модель № 158737 U1 RU, МПК А01D13/00 Картофелекопатель / Первушин В.Ф., Левшин А.Г., Салимзянов М.З., Фатыхов И.Ш., Касимов Н.Г., Шамаев Е.В., Лебедев И.Ю. ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ижевская гос. с.-х. академия// заявл. 20.05.15; опубл. 20.01.16, Бюл. № 2. – 3 с.
4. Салимзянов, М. З. Кинематический анализ процесса удаления ботвы картофеля / М. З. Салимзянов // Современные проблемы аграрной науки и пути

их решения: материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2005. – С. 463–467.

5. Салимзянов, М. З. Обоснование конструктивно-геометрических параметров и режимов работы рабочего органа для измельчения ботвы: дис. ... канд. техн. наук / М. З. Салимзянов // ГУ ЗНИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого. – Киров, 2006. – 155 с.

6. Салимзянов, М. З. Современные проблемы науки и производства в агроинженерной сфере: учеб. пособ. / Сост.: М. З. Салимзянов, В. Ф. Первушин. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, – 2017. – 59 с.

7. Техничко-экономическая оценка технологий возделывания картофеля в фермерских и личных подсобных хозяйствах / М. З. Салимзянов, В. Ф. Первушин, Н. Г. Касимов и др. // Вестник Ижевской ГСХА – 2012. – № 1. – С. 44–47.

УДК 631.352.02

**В.Ф. Первушин, М.З. Салимзянов**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА КАРТОФЕЛЯ В УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ**

Выполнен анализ производства картофеля в Удмуртской Республике за период 1990 г. по 2018 г.

Российская Федерация традиционно занимает третье место в мире по производству картофеля, уступая лидерство лишь Китаю и Индии. На ее долю приходится порядка 8 % от общего мирового валового сбора картофеля [4].

Среднегодовое производство картофеля в стране составляет порядка 29,8–30 млн тонн, что позволяет полностью обеспечивать внутреннее потребление. Основное производство картофеля сосредоточено в Центральном, Приволжском и Северном федеральных округах. На их долю ежегодно приходится около 30 % от общего валового сбора [3]. Личным подсобным хозяйством (ЛПХ) занимаются 15,5 млн. семей, которым предоставлено 6,5 млн га земель (в среднем по 0,42 га на семью) или 3,3 % сельскохозяйственных угодий от их наличия в стране. На этой площади владельцы личных подсобных хозяйств производят 92 % картофеля, 77 % овощей, 59 % мяса, 49 % молока, 42 % яиц от общего объема основных видов сельскохозяйственной продукции, производимой в России. Личные подсобные хозяйства отстают от фермеров и сельскохозяйственных пред-

приятый только по показателям производства зерна, сахарной свеклы, подсолнечника, льноволокна, шерсти и некоторых других сельскохозяйственных культур [6].

ЛПХ бывает двух видов:

– ЛПХ на землях населенных пунктов «приусадебный участок» – приравнен к ИЖС, можно строить жилой дом с пропиской, хозпостройки, налогами на доходы такая продукция не облагается, наемный труд запрещен, только члены семьи, для этого берется специальная справка в местной Администрации (Выписка из хозяйственной книги), которая подтвердит статус земельного участка. Максимальный размер приусадебного участка не более 50 соток.

– ЛПХ на землях сельскохозяйственного назначения называется «полевой» участок, расположенный за чертой населенного пункта, ничего, кроме легких некапитальных сооружений, строить нельзя, можно только сеять и сажать сельскохозяйственные культуры или разводить животных. Максимальный размер участка 2,5 га [7].

Деятельность ЛПХ регулируется ФЗ № 112 «О личном подсобном хозяйстве», принятым 07.07.2003 г. с изменениями и дополнениями. Для финансовой поддержки личных подсобных хозяйств разработаны целые государственные программы [11].

Средняя площадь земли одного личного подсобного хозяйства в 2016 г. составляла 0,8 га в сельской местности (в 2006-м – 0,6 га) и 0,3 га в городских округах (в 2006-м – 0,1 га). Для сравнения, средняя площадь земли в КФХ в 2016 году составила 268,9 га, у индивидуальных предпринимателей – 140 га, у сельхозорганизаций – более 6 тыс. га.

С 1990 года по 2018 год произошло большое уменьшение посевных площадей в коллективных хозяйствах Удмуртии с 23,5 до 2,6 тыс. га, что составляет 11 % к уровню 1990 года. В фермерских хозяйства УР посевные площади под картофелем с 1990 года по 2018 год увеличились до 4,13 тыс. га. В результате крупные предприятия занимают по площади 10,4 %, ЛПХ – 73,3 %, а фермерские – 16,3 %, от всей занимаемой площади под картофелем в Удмуртии (табл. 1, рис. 1) [1, 2].

**Таблица 1 – Посевные площади картофеля за период с 1990 по 2018 гг., тыс. га (по категориям хозяйств)**

Годы	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
Все категории хозяйств	46,0	51,9	48,0	41,6	37,8	39,5	36,1	32,5	25,1
В том числе:									
Сельскохозяйственные организации	23,5	10,3	8,0	5,2	4,7	4,2	3,5	2,6	2,6
Хозяйства населения	22,5	40,6	38,4	33,4	29,8	29,1	26,1	25,8	18,4
Фермерские хозяйства	0,0	1,0	1,6	3,0	3,2	6,1	6,4	4,1	4,13

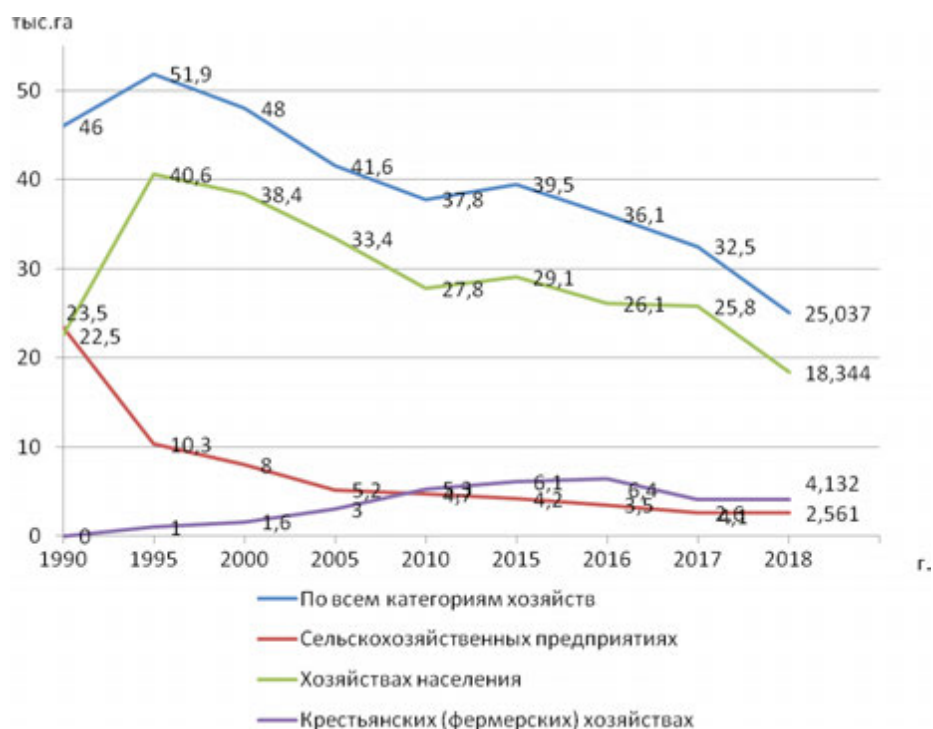


Рисунок 1 – Посевные площади картофеля за период с 1990 по 2018 гг. тыс. га (по категориям хозяйств)

Урожайность картофеля в республике имеет тенденцию к возрастанию, однако находится ещё на относительно низком уровне и составляет в 2018 году по всем категориям хозяйств 163 ц/га, при этом повышение урожайности к уровню 1990 года составляет 58 %. В то же время передовые хозяйства, такие как «им. Мичурина» Вавожского района, КФХ «Собин Н. И.» Шарканского района и многие другие добиваются урожайности до 250–300 ц/га [13]. Резкое возрастание урожая происходит в коллективных и фермерских хозяйствах и составляет более 200 % по сравнению с 1990 г. (табл. 2, рис. 2) [17].

Таблица 2 – Урожайность картофеля в Удмуртской Республике за период 1990–2018 гг. (ц/га убранный площади)

Годы	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
Все категории хозяйств	103	153	105	106	82	151	103	110	163
Сельскохозяйственные организации	83	131	75	108	74	202	133	192	215
Хозяйства населения	124	160	112	107	84	139	100	92	149,5
Фермерские хозяйства	60	115	86	103	72	179	99	172	192,3

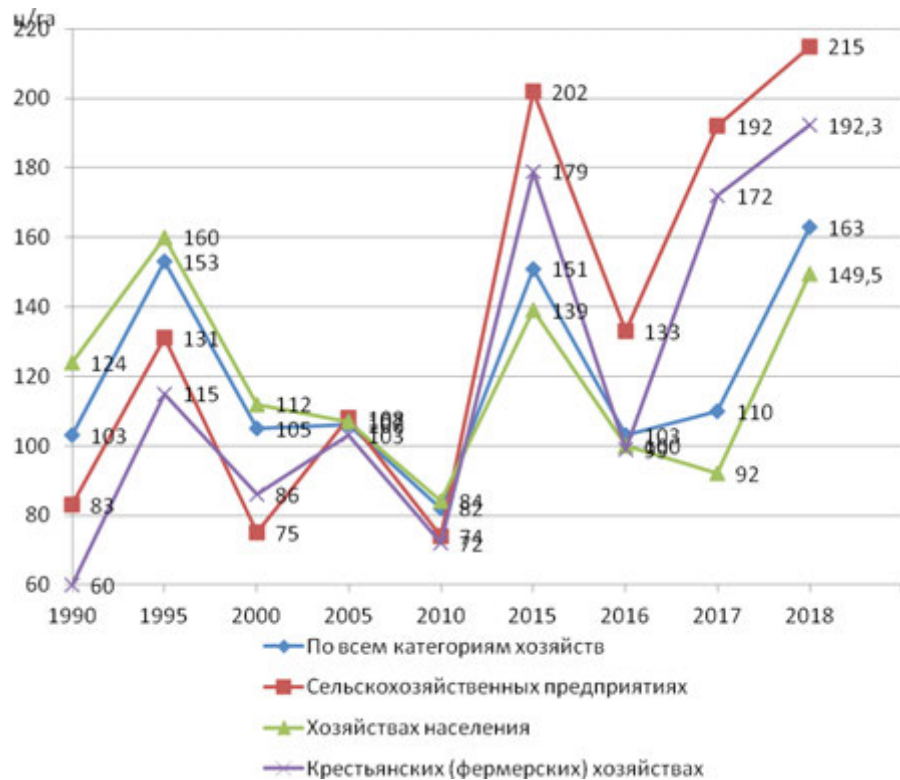


Рисунок 2 – Урожайность картофеля в Удмуртской Республике за период 1990–2018 гг.

За анализируемый период производство картофеля имеют личные хозяйства населения, наибольший удельный вес которых составляет 67 % от хозяйств всех категорий к общему объёму производства картофеля в 2017–18 гг., только 20 % и 13 % соответственно приходится на фермерские и коллективные предприятия [14].

В то же время наблюдается тенденция его снижения в течение трех десятилетий (табл. 3 и 4, рис. 3 и 4).

Таблица 3 – Производство картофеля в Удмуртской Республике за период 1990–2018 гг. (тыс. тонн)

Годы	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
Все категории хозяйств	466,4	795,1	503,9	441,2	272,1	591,4	371	354,7	408,1
Сельскохозяйственные организации	188	133	59,7	55,1	15,4	81,7	46,4	47,6	54,9
Хозяйства населения	278,4	650,6	430,8	356	232,2	404,1	262,4	236,1	273,6
Фермерские хозяйства	0	11,5	13,4	30,1	24,5	105,6	62,2	71	79,5

Таблица 4 – Производство картофеля по категориям хозяйств в % от хозяйств всех категорий

Годы	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
сельскохозяйственные организации	40,3	16,7	11,8	12,5	14,1	12,8	13,7	13,4	13,5
хозяйства населения	59,7	81,8	85,5	80,7	70,1	69,9	69,5	66,6	67,1
фермерские хозяйства	0	1,5	2,7	6,8	15,5	17,3	16,8	20,0	19,5

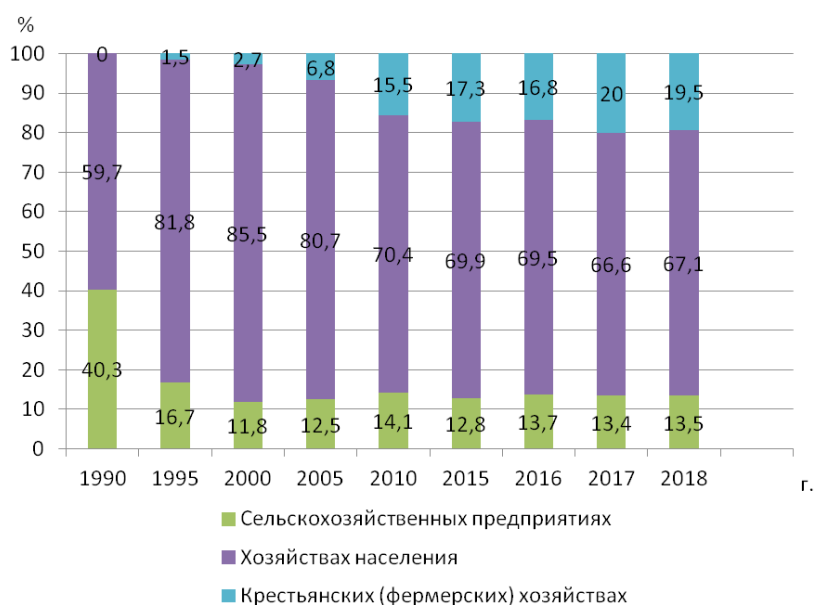


Рисунок 3 – Гистограмма структуры производства картофеля в Удмуртской Республике по категориям хозяйств за период 1990–2018 гг.

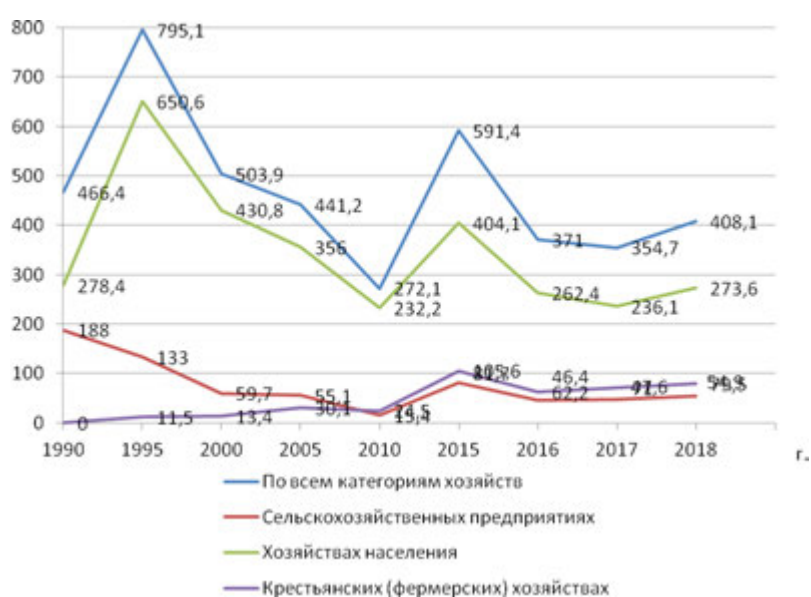


Рисунок 4 – Производство картофеля в Удмуртской Республике за период 1990–2018 г.г.



Внесение минеральных удобрений снижается из года в год и зависит от субсидий, предоставляемых министерством сельского хозяйства. Внесение органических удобрений также снижается и зависит от возможностей производителя картофеля (табл. 5).

Таблица 5 – Внесение органических и минеральных удобрений под посевы картофеля

Годы	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
Минеральные удобрения, кг на 1 га пашни	285	157	216	173	183	151	226	122	177
Органические удобрения, т на 1 га пашни	25,4	30,9	23,8	27,7	27	23,5	26	19,9	22,4

Наличие картофелеуборочных машин и тракторов в сельскохозяйственных предприятиях сократилось в три с лишним раза (табл. 6, рис. 5).

Таблица 6 – Наличие картофелеуборочных машин и тракторов в сельскохозяйственных предприятиях (на конец года, штук)

Годы	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019
Картофелеуборочные комбайны	673	578	386	208	137	90	79	73	69	70
Тракторы, всего	19795	16607	12813	9700	9292	5054	4807	4646	4634	4553

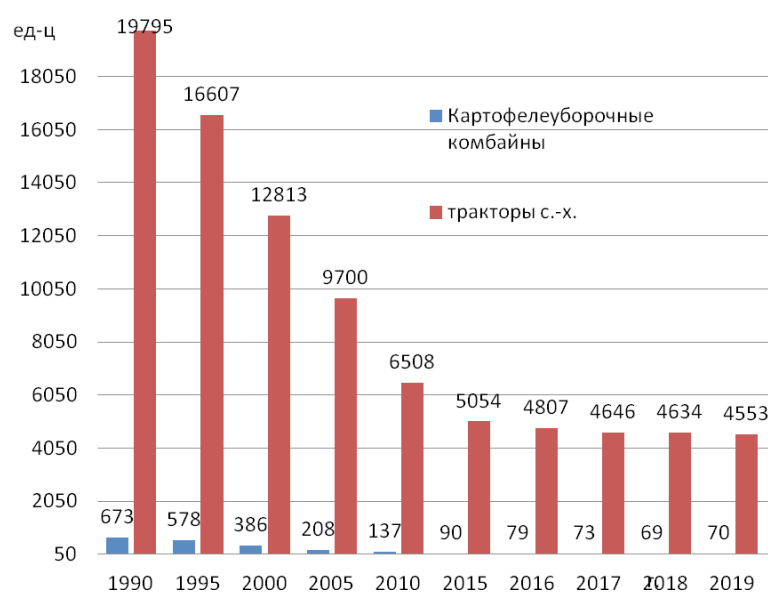


Рисунок 5 – Наличие картофелеуборочных машин и тракторов в сельскохозяйственных предприятиях (на конец года, штук)

### **Основные выводы:**

1. За анализируемый период производство картофеля имеют личные хозяйства населения, наибольший удельный вес которых составляет 67 % от общего объёма производства картофеля в 2017–18 гг. только 20 % и 13 % соответственно приходится на фермерские и коллективные предприятия [10].

2. Урожайность картофеля в республике повышается, однако находится ещё на относительно низком уровне и составляет в 2018 году по всем категориям хозяйств 163 ц/га. В то же время передовые хозяйства, такие как «им. Мичурина» Вавожского района, КФХ «Собин Н.И.» Шарканского района и многие другие добиваются урожайности до 250–300 ц/га.

### **Список литературы**

1. Карлов, М. Е. Две операции одновременно / М. Е. Карлов, В. Ф. Первушин // Сельский механизатор. – 1998. – № 10. – С. 7–9.
2. Карлов, М. Е. Комбинированные почвообрабатывающие машины / М. Е. Карлов, В. Ф. Первушин // Тезисы докладов всероссийской научно-практической конференции. – Рязань, 1998.
3. Классификация ротационных рабочих органов сельскохозяйственных машин / В. Ф. Первушин, А. Г. Левшин, М. З. Салимзянов, Н. Г. Касимов, Е. В. Шамаев, И. Ю. Лебедев // Вестник ИжГСХА. – 2015. – № 3 (44). – С. 38–43.
4. Основные условия обеспечения эффективности минеральных удобрений в Среднем Предуралье / И. Ш. Фатыхов, Е. В. Корепанова, В. Ф. Первушин, В. Н. Огнев // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 8. – С. 10–13.
5. Особенности усовершенствованной технологии возделывания картофеля в Удмуртии / В. Ф. Первушин, В. Г. Медведев, М. З. Салимзянов, Н. Г. Касимов // Картофель и овощи: научно-производственный журнал. – 2004. – № 1. – С. 19–21.
6. Патент № 158737 U1 Российская Федерация, МПК А01D 13/00. / Картофелекопатель: № 2015119094/13; заявл. 20.05.15; опубл. 20.01.16 / Первушин В. Ф., Левшин А. Г., Салимзянов М. З., Фатыхов И. Ш., Касимов Н. Г., Шамаев Е. В., Лебедев И. Ю. // Бюл. № 2. – 9 с
7. Патент № 2224394 Российская Федерация, МПК А01В 49/02. / Комбинированное почвообрабатывающее орудие: № 2001106872; заявл. 13.03.01; опубл. 27.02.04 / Первушин, В. Ф., Медведев В. Г., Корепанов Ю. Г., Мельников В. А., Никитин В. А. // Бюл. № 6.
8. Патент № 2388199 С2 Российская Федерация, МПК А01В21 / Ротационный рыхлитель: № 2008114768/12; заявл. 15.04.08; опубл. 10.05.10 / Первушин В. Ф., Салимзянов М. З., Фатыхов И. Ш., Абдуллин Ф. М. // Бюл. № 13. – 8 с.
9. Патент № 2473196 С2 Российская Федерация, МПК А01В39/00, А01В35/00 / Культиватор для ухода за растениями картофеля: № 2011109342/13;

заявл. 11.03.11 ; опубл. 27.01.13 / Первушин В. Ф., Салимзянов М. З, Фатыхов И. Ш. // Бюл. № 3. – 6 с.

10. Первушин, В. Ф. Повышение эффективности механизированной технологии возделывания картофеля в условиях малых форм хозяйствования: монография / В. Ф. Первушин. – Ижевск: ИжГСХА, 2011. – 208 с.

11. Первушин, В. Ф. Повышение эффективности механизированной технологии возделывания картофеля в условиях малых форм хозяйствования (фермерские и личные подсобные хозяйства населения): спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»: автореф. дис... д-ра технических наук / Первушин Владимир Федорович. – Москва, 2011. – 36 с.

12. Первушин, В. Ф. Усовершенствованная технология возделывания картофеля в фермерских и личных подсобных хозяйствах / В. Ф. Первушин, М. З. Салимзянов, Н. Г. Касимов // Техника в сельском хозяйстве. – 2011 – № 4. – С. 29–31

13. Первушин, В. Ф. К обоснованию схемы конструкции ботвоборочной машины: тезисы докладов к научно-практической конференции ИжГСХА. – Ижевск, 1998.

14. Повышение уровня механизации производства картофеля в условиях малых форм хозяйствования (фермерские и личные подсобные хозяйства) / В. Ф. Первушин, М. З. Салимзянов, Н. Г. Касимов, А. Г. Иванов // Актуальные проблемы механизации сельского хозяйства: материалы юбилейной научно-практической конференции 55 лет высшему агроинженерному образованию в Удмуртии. – 2010. – С. 70–76.

15. Применение стеклопластиковых прутков на элеваторах картофелеуборочных машин / В. Ф. Первушин, М. З. Салимзянов, Н. Г. Касимов, Е. В. Шамаев, И. Ю. Лебедев // Вестник ИжГСХА. – 2015. – № 3 (44). – С. 43–47.

16. Содержание химических элементов в пахотном слое дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы при внесении извести, навоза и минеральных удобрений / И. Ш. Фатыхов, Н. А. Бусоргина, В. Ф. Первушин, Ф. Р. Арсланов, Г. П. Дзюин, А. Г. Дзюин // Вестник Ижевской ГСХА. – 2016. – № 4 (49). – С.19–25.

17. Сравнительная продуктивность сортов картофеля на госсортоучастках Удмуртской Республики / В. Ф. Первушин, М. З. Салимзянов, Ф. Р. Арсланов, М. Н. Хомицкая // Эффективность адаптивных технологий в сельском хозяйстве: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 50-летию СХПК имени Мичурина Вавожского района Удмуртской Республики. – 2016. – С.105–108.

**В. А. Петров, В. И. Ширококов**

*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ЗЕРНА ОТ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ ПЕРЕД ДРОБЛЕНИЕМ**

Рабочие органы дробилок закрытого типа подвержены интенсивному изнашиванию, а в некоторых случаях и разрушению вследствие неэффективной работы устройств для улавливания неорганических примесей. В процессе работы дробилки испытывают вибрацию, которую можно использовать для улавливания неорганических примесей. Проведённые исследования позволяют повысить эффективность работы дробилок зерна закрытого типа путём совершенствования процесса очистки зернового вороха перед дроблением использованием вибрации самой дробилки.

Существующие дробилки закрытого типа широко применяются для дробления зерна. В этих дробилках сепарирующее решето установлено в дробильной камере. Поэтому кроме повышенного расхода энергии и неудовлетворительных качественных показателей дроблённого зерна в процессе работы происходит значительный износ рабочих органов не только измельчаемым зерном, но и неорганическими примесями, попадающими в дробильную камеру вместе с зерном: минеральные примеси, металлические предметы.

Наряду с зерном эти примеси приводят к дополнительному интенсивному изнашиванию рабочих органов и корпуса дробилки, а иногда и к их разрушению вновь установленных и ещё неизношенных (рис. 1). Кроме того, стандартом установлены ограничения по содержанию неорганических примесей в дроблённом зерне для животных [1, 12].

Как показывает практика и анализ конструкций и рабочего процесса дробилок зерна, существующие устройства для улавливания неорганических примесей не обеспечивают эффективное их отделение [8, 10]. Металлические примеси не удерживаются магнитными сепараторами, а минеральные – вообще не улавливаются существующими устройствами, что и приводит к серьёзным последствиям в работе дробилок закрытого типа (рис. 1).

Поэтому повышение эффективности работы дробилок зерна путём совершенствования процесса очистки зернового вороха перед дроблением с использованием вибрации дробилки является актуальной проблемой.



а)



б)

Рисунок 1 – Элементы деталей дробилки закрытого типа:  
а – корпус дробильного барабана; б – сепарирующее решето

В качестве рабочей гипотезы принято следующее. Известно, что в силу характера рабочего процесса дробилки зерна появляется вибрация, которую можно использовать для создания псевдосжиженного потока зерна по лотку в дробильную камеру. При этом неорганические примеси, поступающие с зерном из-за разности плотностей, могут оседать на дно лотка и удерживаться, например, порожком.

Для проверки гипотезы были установлены параметры вибрации дробилки зерна в производственных условиях: амплитуда и частота колебаний [11]. Кроме того, для определения взаимосвязи между параметрами вибрации дробилки, физико-механическими свойствами зерна и примесей, а также конструктивно-технологическими параметрами устройства для отделения неорганических примесей была изготовлена лабораторная установка, общий вид которой приведён на рисунке 2, принципиальная схема – на рисунке 3 [4, 7].

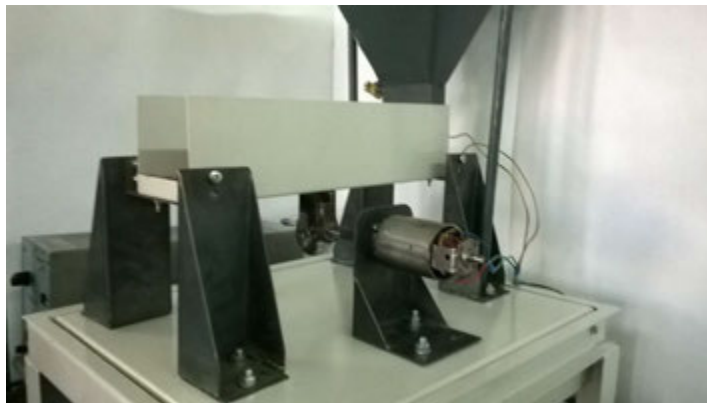


Рисунок 2 – Общий вид лабораторной установки

Лабораторная установка состоит из основания, на котором установлены: вибрлоток с порошком и виброприводом, бункер с заслонкой. Вибропривод позволяет менять частоту и амплитуду колебаний. Работает следующим образом (рис. 3): зерно с примесями поступает из бункера 1 на вибрлоток 2, где под действием вибрации приобретает свойства псевдожидкости и течёт в направлении порошка 3 со скоростью  $V_x$ . При этом примеси из-за разности плотностей погружаются в псевдожидкость со скоростью  $V_y$  на толщину зернового слоя  $h$ . Осевшие неорганические примеси удерживаются порошком 3.

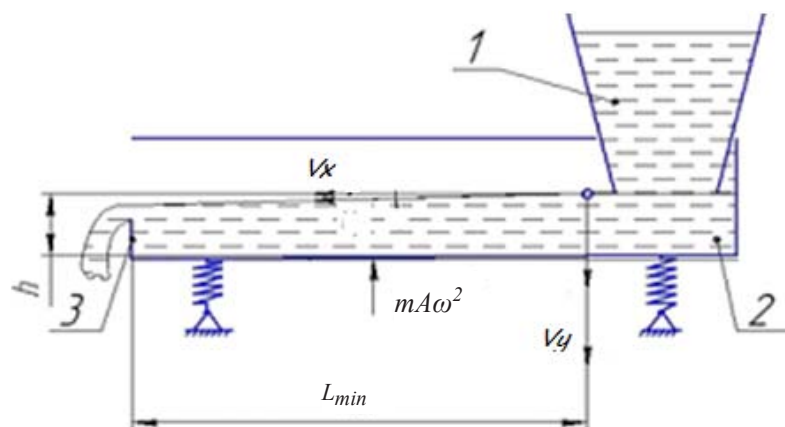


Рисунок 3 – Принципиальная схема лабораторной установки:  
1 – бункер; 2 – вибрлоток; 3 – порошок;

Из принципиальной схемы, для гарантированного улавливания неорганических примесей, очевидным становится конструктивный параметр – минимальная длина лотка  $L_{min}$ , определяемый из выражения:

$$L_{min} = h \cdot V_x / V_y. \quad (1)$$

Ранее проведённые лабораторные исследования показали высокую эффективность удаления неорганических примесей различной плотности из зерна разных сортов [2, 3, 5, 7, 9] и предложена конструкция дробилки зерна с вибрационным отделителем неорганических примесей [6]. Установлено, что минимальной скоростью погружения  $V_y$  в псевдожизненный зерновой поток обладают минеральные примеси. Следовательно, и конструктивный параметр  $L_{min}$  принимает наибольшее значение. Поэтому для использования результатов при совершенствовании процесса очистки зерна перед дроблением в качестве неорганических примесей приняты минеральные примеси. Результаты исследований представлены в таблице 1 и на рисунках 4 и 5.

Таблица 1 – Зависимость минимальной длины лотка



от амплитуды колебаний вибрлотка

№№ п.п.	Амплитуда колебаний $A_{\text{сум}}, \text{ м} \cdot 10^{-3}$	Скорость погружения примеси, $\text{ м/с} \cdot 10^{-3}$	Скорость течения зерна, $\text{ м/с} \cdot 10^{-3}$	Минимальная длина лотка, м
1	0,573	0,65	0,51	0,47
2	1,218	1,28	2,35	1,10
3	1,275	1,37	2,94	1,38
4	1,847	2,35	6,15	1,56

$V_x, V_y, \text{ м/с} \cdot 10^{-3}$

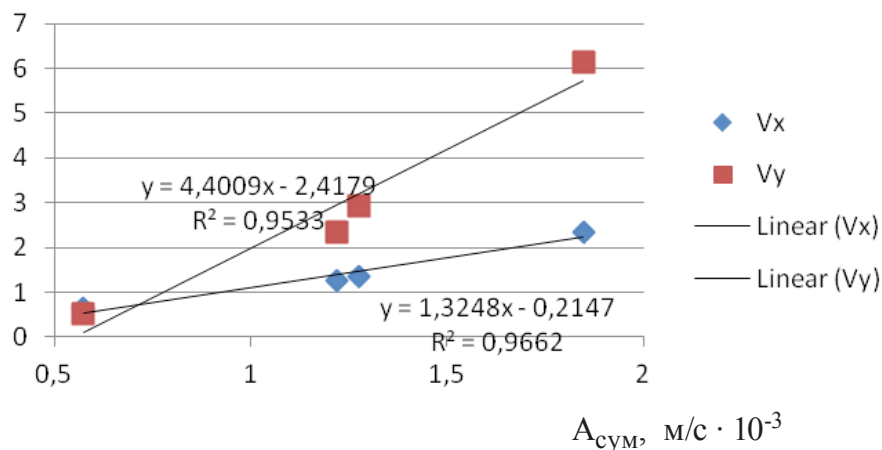


Рисунок 4 – Зависимость скорости погружения  $V_y$  и скорости течения  $V_x$  зерна по вибрационному лотку от амплитуды колебаний  $A_{\text{сум}}$  на лабораторной установке ( $h = 0,06\text{ м}$ )

Как показали исследования, с увеличением результирующей амплитуды колебаний вибрлотка увеличивается и его длина. Это связано с тем, что с увеличением амплитуды колебаний происходит увеличение и скоростей  $V_x$  и  $V_y$  с разной интенсивностью.

$L_{\text{min}}, \text{ м} \cdot 10^{-2}$

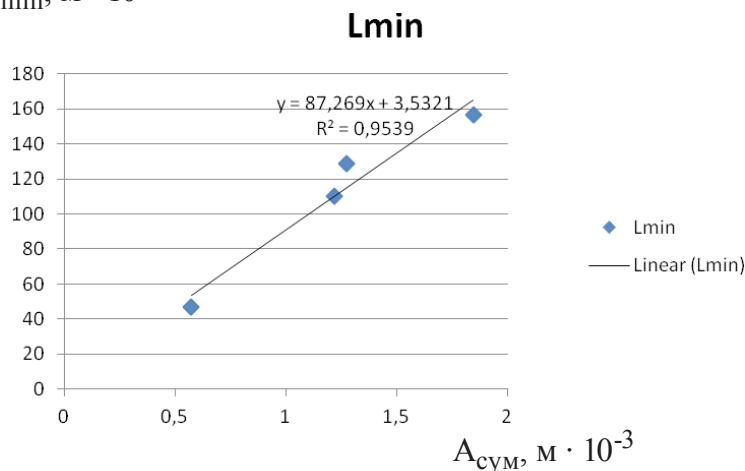


Рисунок 5 – Зависимость минимальной длины лотка  $L_{\text{min}}$  от амплитуды колебаний  $A_{\text{сум}}$  на лабораторной установке ( $h = 0,06\text{ м}$ )

На основании исследований получено уравнение аппроксимации (2), которое позволяет определить длину вибротка для конкретной дробилки, используемой в производственных условиях:

$$L_{min} = 87,27 \cdot A_{сум} + 3,53 \quad (2)$$

С этой целью проведены исследования дробилки закрытого типа ДКР-5М, установленной в ОАО «Путь Ильича» Воткинского района Удмуртской Республики. Результаты исследований приведены в таблице 2 и на рисунке 6. Исследования проводились после установки новых рабочих органов, измерялась амплитуда колебаний в трёх плоскостях в зависимости от наработки. Как показали исследования, амплитуда колебаний дробилки с увеличением наработки линейно увеличивается.

Таблица 2 – Изменение амплитуды колебаний дробилки от наработки

Наработка дробилки, кг·10 <sup>3</sup>	Амплитуда колебаний вибротка, м			
	по оси X	по оси Y	по оси Z	A <sub>сум</sub>
На холостом ходу				
0	0,000458	0,000328	0,000321	0,00064837
81,30	0,000317	0,000279	0,000106	0,00043539
136,69	0,00010	0,000153	0,000112	0,00021437
Под нагрузкой				
0	0,005259	0,007095	0,006038	0,0106983
81,30	0,008628	0,003206	0,010137	0,0136923
136,69	0,010255	0,003854	0,011506	0,0158873

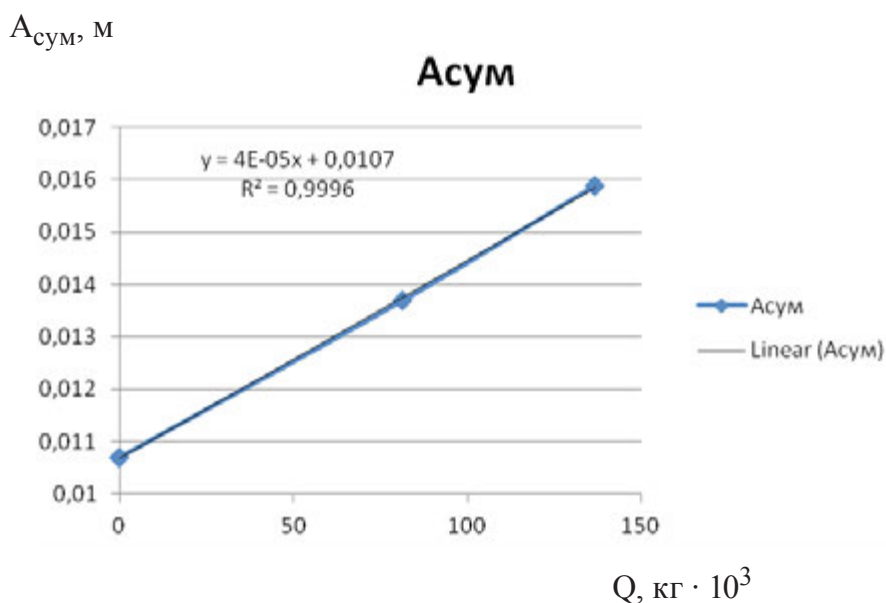


Рисунок 6 – Зависимость амплитуды колебаний дробилки от наработки дробилки

Таким образом, результаты исследований позволяют определить длину вибротолка для удаления неорганических примесей из зерна с использованием неизбежно возникающей вибрации самой дробилки и тем самым повысить эффективность её работы в производственных условиях. Для исследуемой дробилки при амплитуде колебаний  $A_{\text{сум}} = 0,01$  м длина вибрационного лотка, рассчитанная по формуле (2), составляет, 4,4 м. Для снижения массогабаритных показателей вибрационного лотка необходимы дополнительные исследования, направленные на определение оптимальных параметров вибрации.

### Список литературы

1. ГОСТ 9268-90. Комбикорма-концентраты для крупного рогатого скота. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 10 с.
2. Баженов, В. А. Результаты экспериментальных исследований вибрационного отделителя примесей из зерна / В. А. Баженов, А. А. Мякишев, В. А. Петров, О. С. Федоров, В. И. Ширококов // Вестник НГИЭИ. – 2016. – № 12 (67). – С. 27–35.
3. Байтуков, Р. С. Исследование вибрационного уловителя примесей для дробилок зерна / Р. С. Байтуков, В. И. Ширококов, А. А. Мякишев, В. А. Баженов // Теория и практика – устойчивому развитию агропромышленного комплекса: материалы Всероссийской науч.-практ. конф., 17–20 фев. 2015 г. – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2015. – Т.2. – С.158–162. (5 с.).
4. Витвинова, М. А. Разработка устройства для отделения примесей из зернового вороха / М. А. Витвинова // Научные труды студентов Ижевской ГСХА: сборник статей [Электронный ресурс] / отв. за выпуск Н. М. Итешина. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2016. – № 1 (2). – С. 206–210.
5. Мерзляков, Д. Ю. Исследование процесса работы виброотделителя неорганических примесей из ячменя / Д. Ю. Мерзляков, К. В. Яковлев // Научные труды студентов Ижевской ГСХА: сборник статей [Электронный ресурс] / отв. за выпуск Н. М. Итешина. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2017. С. 652–655.
6. Пат. 172549 Российская Федерация, МПК В02С 13/00 (2006.01), Дробилка для зерна с вибрационным отделителем неорганических примесей / Ширококов В. И., Баженов В. А., Жигалов В. А., Петров В. А., Витвинова М. А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА – № 2016145551; заявл. 21.11.2016; опубл. 12.07.2017, Бюл. № 20 – 2 с.: ил.
7. Ширококов, В. И. Вибрационный уловитель примесей для молотковых дробилок зерна / В. И. Ширококов, А. М. Григорьев // Вестник Ижевской ГСХА. – 2013. – № 2 (35). – С. 77–79.
8. Ширококов, В. И. Анализ устройств для удаления минеральных и металлических примесей из зернового вороха / В. И. Ширококов, Р. С. Байтуков, Е. В. Байтукова // Наука, инновации и образование в современном АПК: мате-

риалы Международной науч.-практ. конф., 11–14 фев. 2014 г. – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2014. – Т. 3. – С.150–154.

9. Ширококов, В. И. Результаты предварительных исследований вибрационного отделителя примесей для дробилок зерна / В. И. Ширококов, В. А. Баженов, А. А. Мякишев, А. Г. Бастрогов // Вестник ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2015. – № 3 (44). – С. 61–68.

10. Ширококов, В. И. Анализ работы ротационной дробилки кормов ДКР-5 / А. Г. Бастрогов, Н. С. Панченко, С. В. Хохряков, А. А. Мартюшев // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения: материалы Всероссийской науч.-практ. конф., 16–19 февр. 2016 г. В 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2016. – Т. 3. – С. 60–65.

11. Ширококов, В. И. Параметры вибрации ротационной дробилки зерна ДКР-5Д / В. И. Ширококов, А. А. Мякишев, В. А. Баженов // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения: материалы Всероссийской науч.-практ. конф., 16–19 февр. 2016 г. В 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2016. – Т. 3. – С. 65–69.

12. Ширококов, В. И. Анализ качества измельчённого зерна при использовании дробилок открытого и закрытого типов / В. И. Ширококов, О. С. Федоров, А. Г. Ипатов // Вестник Ижевской ГСХА. – 2019. – № 2 (58) – С. 69–74.

УДК 631.363.5

**И. А. Охотникова, З. В. Горшков**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **ЭЛЕМЕНТЫ И СПОСОБЫ НАГРЕВА ПРИ СМЕШИВАНИИ КОРМОВЫХ ДОБАВОК**

Рассмотрены существующие способы нагрева при приготовлении кормовых добавок. Выявлены недостатки и достоинства каждого из способов.

**Актуальность.** Необходимость развития сельского хозяйства в настоящее время является основной задачей. Для поддержания и повышения качества мясной и молочной продукции необходимы различные добавки при кормлении сельскохозяйственных животных.

Для приготовления добавки применяются различные методы, одним из таких является приготовление с помощью нагрева. Существуют различные способы приготовления кормовых добавок. Способы нагрева рабочей камеры, представленные в таблице 1, обладают как преимуществами, так и недостатками [2].

Таблица 1 – Альтернативные структурные элементы

Привод	Рабочий орган	Способ нагрева рабочей камеры
Электропривод	Винтовой шнек	СВЧ нагрев
		ИК – нагрев
		С помощью водяной рубашки
		U – образными тэнами

Например, СВЧ-нагрев обеспечивает тепловое воздействие в объеме материала, что повышает равномерность нагрева (рис. 1). Однако дорогостоящее оборудование для СВЧ-нагрева, а так же необходимость защиты от СВЧ-поля обслуживающего персонала являются существенными ограничивающими факторами. Но главное, в поле СВЧ-энергии витамины и каротин практически полностью разрушаются [4].



Рисунок 1 – СВЧ

Аналогично с ИК-нагревом следует использовать либо специальные лампы, которые нагревают стенки рабочей камеры, либо специальные ИК-нагреватели. Этот способ нагрева отличается хорошей интенсивностью, но за счет конструктивного нагрева материала от стенок рабочей камеры возможен локальный нагрев с разрушением витаминов и каротина (рис. 2).

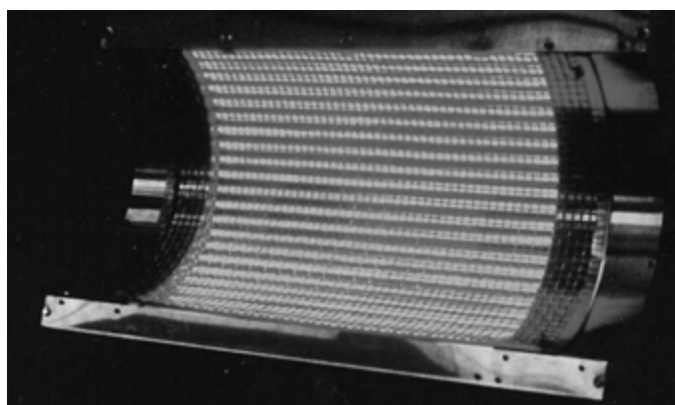


Рисунок 2 – ИК-нагрев

Наиболее безопасным способом нагрева и поддержания температуры является передача теплоты посредством «водяной рубашки» (рис. 3). Но ее конструкция потребует установки дополнительного бака с нагреваемым теплоносителем (водой) и перекачивающего насоса. Это существенно усложняет и удорожает конструкцию. Также при использовании «водяной рубашки» и при ее нагреве может образовываться налет и накипь, что может преждевременно вывести устройство из работы [3, 5].

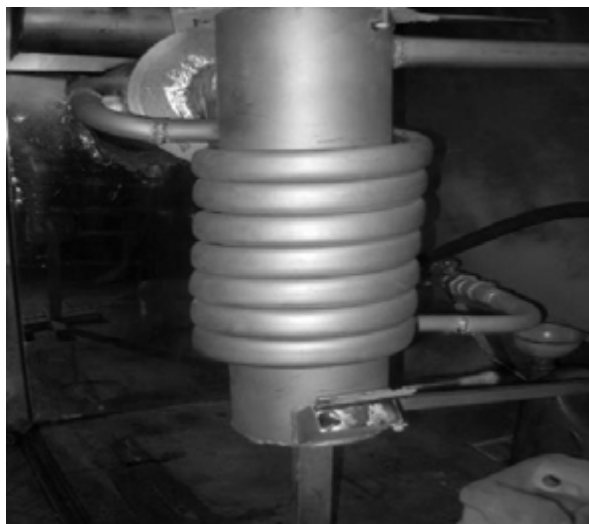


Рисунок 3 – Нагрев «водяной рубашкой»

Наиболее широко распространены трубчатые электронагревательные элементы – ТЭНы, которые можно устанавливать почти во все нагревательные приборы [1] (рис. 4).



Рисунок 4 – Нагрев U-образными ТЭНами

Решение нагрева рабочей камеры U-образными ТЭНами является перспективным вариантом, отличающимся продуманным и простым техническим решением, которое позволяет легко настроить схему управления и подстроиться под требования технологического процесса приготовления. К тому же подобная схема удобна для создания автоматической системы управления.



### Список литературы

1. Ахмедов, М. Э. Новый способ и устройство для предварительного нагрева плодов и овощей в банках горячим воздухом / М. Э. Ахмедов, А. Ф. Демирова, М. М. Ахмедова, Р. А. Ахмедов // Вестник Международной академии холода. – 2013. – № 4. – С. 58–60.
2. Демирова, А. Ф. Разработка математической модели способа ротационного нагрева консервируемых продуктов в стеклянной таре / А. Ф. Демирова, Р. М. Герейханова, А. М. Дарбишева, Р. М. Магомедова // Повышение качества и безопасности пищевых продуктов: м-лы VII Всеросс. науч.-практ. конф. – Дагестанский ГТУ. – 2017. – С. 58–61.
3. Влияние предпускового подогрева двигателя машинно-тракторного агрегата на снижение токсичных компонентов в отработавших газах / Е. А. Потапов, Д. А. Вахрамеев, Н. Д. Давыдов [и др.] // Современные проблемы экологии: м-лы XX Междунар. науч.-технич. конф. Под общ. ред. В. М. Панарина, 2018. – С. 16–19.
4. Лукашова, Т. А. Исследование интенсивности СВЧ-взаимодействия размораживания творога безградиентным способом в зависимости от степени нагрева и массы образцов / Т. А. Лукашова, Г. В. Фриденберг // Научный вклад молодых ученых в развитие пищевой и перерабатывающей промышленности АПК: м-лы VII Конф. молодых ученых и специалистов НИИ Отделения хранения и переработки с.-х. продукции Россельхозакадемии. – Россельхозакадемия. – 2013. – С. 260–262.
5. Предпусковой подогрев двигателя трактора как эффективных способ снижения токсичных компонентов в отработавших газах / Е. А. Потапов, Д. А. Вахрамеев, Ф. Р. Арсланов [и др.] // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – ФГБОУ ВО Ижевская, 2018. – С. 172–175.

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРЕРАБОТКИ ПРОДУКЦИИ АПК

УДК 339.13:631.87(470.51)

**К. В. Анисимова, Я. Ю. Ганзурова, В. В. Соловьева**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

### ОБЗОР ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ САПРОПЕЛЯ, ПРЕДСТАВЛЕННОГО НА РЫНКЕ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Сапропель – это вещество биологического происхождения, образующееся на дне пресноводных водоемов из продуктов растительного и животного происхождения в результате бактериальных процессов, происходящих при малом доступе кислорода. Представлен краткий обзор ГОСТа и производителей сапропелей.

**Актуальность.** В сельскохозяйственном землепользовании важную роль занимает использование удобрений. Потребность в органических под-кормках восполняется всего на 30 %. Это отрицательно влияет на плодородие почвы, разрушается структура, эффективность используемых минеральных удобрений снижается, происходит эрозия почв [4–9].

Огромное значение имеет применение вторичного сырья и отложений, что может быть продуктивной заменой навоза. Одним из таких видов сырья является сапропель.

**Объектом исследования** является сапропель, полученный со дна пресноводных водоемов и озёр.

**Цель исследований:** произвести анализ сапропелей, представленных на рынке в Удмуртской Республике.

**Задачи исследования:** 1) произвести закупку образцов удобрения с торговой точки; 2) произвести оценку качества продукции, изучив состав и внешний вид сапропеля; 3) произвести сравнительный анализ продукта различных производителей; 4) выявить самый качественный вариант.

Сапропель (с греч. «перегнившая грязь») – многослойные донные отложения пресноводных водоемов, возникшие из отмершей водной растительности, остатков живых организмов, частиц почвенного гумуса, имеющие в своем составе большое количество органических и минеральных веществ и представляющие полужидкую гелеобразную смесь [10].

В исследовании приняли участие три производителя сапропеля. Их оценка осуществлялась силами студентов, путем сравнения норм по ГОСТу и информации от производителя. Для изготовления, производства и реализации продукции используют нормативную документацию ГОСТ Р 54000-2010 Удобрения органические.

Сапропели. Общие технические условия. Согласно этому нормативному документу и осуществлялся анализ соответствия продукта [1, 2, 3].

**Технические условия [4].** Наименование показателя и норма органического сапропеля:

- массовая доля сухого вещества, %, не менее 40;
- массовая доля, в процентах на сухое вещество:
  - органического вещества, не менее 50;
  - азота общего, не менее 1,5;
  - фосфора общего ( $P_2O_5$ ), не менее 0,2;
  - кальция (CaO), не менее 0,1;
  - железа ( $Fe_2O_3$ ), не более 20;
  - серы ( $SO_3$ ), не более 3,0;
  - Калия общего ( $K_2O$ ), не менее 0,3.

1. Сапропель. Производитель: ИП Шамилов Р. А. Россия, Республика Татарстан, г. Набережные Челны. Цена продажи 30 руб./литр:

- содержание: азота общего 1–2 %;
- фосфора общего 0,15–0,5 %;
- калия общего 0,4–0,7 %;
- кальция 10,2–13 %;
- железа 3,44–5 %;
- серы 2–6 %;
- удобрение черного цвета, слегка влажное, рыхлое, однородное, без посторонних включений.

2. Сапропель. ООО «ГЕРА», Россия, Московская обл., г. Лыткарино. Цена продажи 50 руб./5 литров:

- содержание: азот не менее 300 мг/л;
- фосфор не менее 375 мг/л;
- калий не менее 375 мг/л;
- грунт черного цвета, сухой, с включениями в виде дополнительного удобрения, без запаха.

3. Сапропель ООО ТПК «Камский сапропель» РФ, РТ, г. Набережные Челны. Цена продажи 45 р/литр:

- содержание: азота общего 2 %;
- фосфора общего 0,5 %;
- калия общего 1 %;

- Кальция 11 %;
- Железа 5 %;
- Серы 2 %;
- Сапропель гранулированный, размер гранул 2–5 мм, серого и черного цвета, влажность соответствует, без посторонних включений и запаха.

**Заключение.** В результате проведенного анализа выявлена проблема отсутствия на рынке Удмуртской Республики производителей нашего региона. Также во многих специализированных торговых точках исследуемый объект не представлен вообще.

### Список литературы

1. Анисимова, К. В. Основы планирования экспериментов: учеб. пособ. / К. В. Анисимова, И. Ш. Шумилова // Ижевск: Ижевская ГСХА, 2018. – 49 с.
2. ГОСТ Р 54000-2010 Удобрения органические САПРОПЕЛИ Общие технические условия.
3. Главатских, Н. Г. Методика проведения органолептического анализа / Н. Г. Главатских, К. В. Анисимова // Ижевск: Ижевская ГСХА, 2016.
4. Касаткин, В. В. Как сохранить урожай круглый год / В. В. Касаткин, И. Г. Поспелова, К. В. Анисимова // Картофель и овощи. – 2007. – № 8. – С. 16.
5. Комплекс по переработке органических отходов сельскохозяйственных предприятий и пищевых производств / М. А. Выгузова, А. Г. Копысова, А. Г. Кудряшова, А. Б. Спиридонов, Н. Ф. Ушакова // Научно-техническое и инновационное развитие АПК России: тр. Всеросс. совета молод. учен. и специал. аграр. образ. и науч. учреждений. – ФГБНУ Росинформагротех. – 2013. – С. 75–77.
6. Литвинюк, Н. Ю. Авангардное направление развития науки и техники XXI века / Н. Ю. Литвинюк, К. В. Кожевникова // Научное обеспечение реализации национальных проектов в сельском хозяйстве: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. – 2006. – С. 190–194.
7. Новые методы исследований электротехнологических процессов при переработке сельскохозяйственной продукции / В. В. Касаткин, Н. Ю. Литвинюк, И. Ш. Шумилова, И. Г. Поспелова, К. В. Кожевникова // Актуальные проблемы механизации сельского хозяйства: м-лы Межрегион. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию факультета механизации сельского хозяйства. – 2005. – С. 240–246.
8. Современные методы и средства безопасного хранения и производства в пищевой отрасли / А. Б. Спиридонов, И. Ш. Шумилова, К. В. Анисимова, Н. Г. Главатских // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 183–187.
9. Спиридонов, А. Б. Использование нанодобровений при выращивании и переработке льна-долгунца / А. Б. Спиридонов // Инновационные технологии в сельскохозяйственном производстве, пищевой и перерабатывающей промышленности: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в рамках IV этапа Евразийского эко-

номического форума молодежи «ДИАЛОГ ЦИВИЛИЗАЦИЙ – YOUTH GLOBAL MIND», направление Евразия как территория здоровья. – 2013. – С. 46–47.

1. Что такое сапропель? Свойства сапропеля. Применение сапропеля. – URL: <https://tvoi-uelirr.ru/> (дата обращения 12.11.2019).

УДК 641.528

**К. В. Анисимова, Л. Р. Рахматуллина**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **ЗАМОРАЖИВАНИЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАЗВУКА**

Представлено описание замораживания с использованием ультразвука. Определены рациональные режимы быстрого замораживания.

**Актуальность.** Замораживание – это процесс частично-го или полного превращения тканевой жидкости замораживаемого продукта в лед. Замораживание позволяет сохранить продукт в течение длительного времени; подготовить к дальнейшим технологическим операциям; производить пищевые продукты и придавать им вкусовые и товарные качества.

Известно, что при обычном замораживании результат получается не самым лучшим в связи с большим промежутком времени пребывания в морозильной камере, поэтому при размораживании изменяются органолептические показатели продукта.

Замораживание с использованием ультразвука происходит в три этапа, так же, как и все остальные способы замораживания:

- первый этап – охлаждение (от 20 до 0 °С).
- второй этап – фазовый переход (от 0 до -5 °С).
- третий этап – домораживание (от -5 °С до -18 °С).

Существенная разница в способах замораживания происходит именно во втором этапе – фазовом переходе (от 0 до -5 °С), начинает образовываться лед. Замерзает большая часть влаги.

При обычном замораживании образуются крупные кристаллы, которые при размораживании ухудшают вид продукта, разрушают структуру клеток продукта и приводят к изменениям внешнего вида изделия, а также к обильному выделению клеточного сока при размораживании. Чтобы как-то ограничить непрерывный рост кристаллов, используется замораживание ультразвуком [1, 4, 5].

Ультразвуковой генератор должен вырабатывать колебания с параметрами:  $\nu \approx 880$  кГц;  $I \leq 0,4$  Вт/см<sup>2</sup>, при достижении в толще продукта температуры  $t = 0$  °С, что соответствует началу фазового перехода. Ультразвук воздействует на продукт до тех пор, пока температура в толще продукта не приблизится к  $-5$  °С. После этого генератор автоматически выключается и далее домораживается.

Продукт хранится при температуре  $-18$  °С [2, 3, 6–10].

**Вывод.** В результате такой заморозки влага в продукте превращается в небольшие кристаллы и после размораживания продукт сохраняет все органолептические показатели. Таким образом, способ замораживания с использованием ультразвука перспективен.

### Список литературы

1. Анисимова, К. В. Исследование процесса кристаллогидратного замораживания плодов / К. В. Анисимова, А. Б. Анисимов // Научное обеспечение развития АПК в современных условиях: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. Ижевская ГСХА. – 2011. – С. 3–5.
2. Анисимова, К. В. Исследование безвакуумной сублимационной сушки плодов в поле УЗИ в потоке инертного газа / К. В. Анисимова, А. Б. Анисимов, Н. Ю. Литвинюк // Научный потенциал – аграрному производству: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф., посвящ. 450-летию вхождения Удмуртии в состав России. – Ижевская ГСХА. – 2008. – С. 80–85.
3. Анисимова, К. В. Исследование и разработка безвакуумной технологии сублимационной сушки плодов с использованием электротехнологий: моногр. / К. В. Анисимова, Н. Ю. Литвинюк, А. Б. Анисимов. – Ижевск: Ижевская ГСХА. – 2011. – 133 с.
4. Анисимова, К. В. Установка для быстрого замораживания пищевых продуктов / К. В. Анисимова, А. Б. Анисимов, О. Б. Поробова // Роль филиала кафедры на производстве в инновационном развитии сельскохозяйственного предприятия: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 30-летию филиала кафедры растениеводства ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА в СХПК-колхоз им. Мичурина Вавожского района Удмуртской Республики. – 2014. – С. 18–20.
5. Анисимова, К. В. Установка для быстрого замораживания пищевых продуктов / К. В. Анисимова, О. Б. Поробова // Продовольственная индустрия: безопасность и интеграция: м-лы Международной науч.-практ. конф. – 2014. – С. 3–5.
6. Воробьева, Л. С. Моделирование процесса криогенного замораживания плодов / Л. С. Воробьева, К. В. Анисимова, А. П. Ильин // Научный потенциал – аграрному производству: м-лы Всероссийской науч.-практ. конф. – 2008. – С. 94–97.
7. Касаткин, В. В. Как сохранить урожай круглый год / В. В. Касаткин, И. Г. Пospelова, К. В. Анисимова // Картофель и овощи. – 2007. – № 8. – С. 16.



8. Литвинюк, Н. Ю. Моделирование процесса криогенного замораживания плодов рябины обыкновенной / Н. Ю. Литвинюк, Л. С. Воробьева, А. П. Ильин, К. В. Анисимова, А. Б. Анисимов, Д. Н. Иванов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2011. – № 5. – С. 21–22.

9. Литвинюк, Н. Ю. Способ криогенного замораживания для последующей сублимационной сушки в потоке инертного газа / Н. Ю. Литвинюк, К. В. Анисимова, А. Б. Анисимов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – № 9. – С. 39–41.

10. Современные методы и средства безопасного хранения и производства в пищевой отрасли / А. Б. Спиридонов, И. Ш. Шумилова, К. В. Анисимова, Н. Г. Главатских // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 183–187.

УДК 66.047.41

**К. В. Анисимова, В. В. Соловьева, Я. Ю. Ганзурова**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **СУШКА САПРОПЕЛЯ КОНВЕКТИВНЫМ СПОСОБОМ**

Представлен алгоритм сушки сапропеля в конвекционной печи с целью получения удобрения для почвы.

**Актуальность.** Главной проблемой в технологии добычи сапропеля является обезвоживание, так как сапропель – это гидрофильное органоминеральное илистое отложение, которому свойственна низкая фильтрация и испарение [10]. Структура сапропеля чувствительна к физическим и к химико-физическим воздействиям, которые приводят к видимым изменениям гидрофильных свойств. Наиболее существенно эти параметры проявляются в процессе глубокого высушивания, так как при дегидратации усиливаются межмолекулярные и внутримолекулярные химические связи между частицами. Поэтому для обезвоживания сапропеля был применён способ конвективной сушки в конвекционной печи. Процесс конвективной сушки заключается в подводе влаги к поверхности сапропеля с последующим превращением её в пар и удалением пара с поверхности сапропеля сушильным воздухом [1, 2, 3, 6–9].

**Объектом исследования** выступает сапропель, полученный со дна пресноводных водоемов Удмуртской Республики.

**Целью исследования** является изучение алгоритма высушивания сапропеля в конвекционной печи для получения удобрения.

**Материал и методы.** Для проведения исследования были использованы: сапрпель, конвекционная печь, влагомер, энергомер, секундомер, весы настольные и фольга пищевая.

С помощью вышеперечисленных материалов и оборудования была проведена следующая методика [4, 5]:

- взвешено 100 граммов влажного сапрпеля ( $m_{нав.влаж.}$ );
- измерена первоначальная влажность навески ( $w_{исх.}$ );
- высушен сапрпель в конвекционной печи при 100 °С;
- зафиксировано время сушки сапрпеля ( $t_{суш.}$ );
- взвешена масса высушенной навески ( $m_{нав.выс.}$ );
- измерена конечная влажность сапрпеля ( $w_{кон.}$ );
- определено количество энергии, необходимое для обезвоживания сапрпеля.

**Результаты исследования.** В результате исследования сапрпель высушился за 69 минут до влажности 16 %, масса влажной навески существенно уменьшилась (рис. 1 и рис. 2).

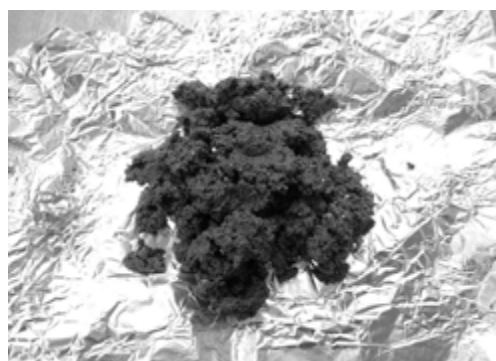


Рисунок 1 – Сапрпель до сушки

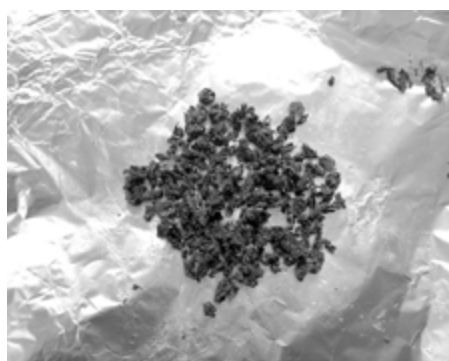


Рисунок 2 – Сапрпель после сушки

Для наглядности данного исследования ниже представлена таблица 1 со всеми результатами, полученными при обезвоживании сапрпеля в конвекционной печи.

Таблица 1 – Результаты обезвоживания сапрпеля в конвекционной печи

Показатель	$m_{нав.}$ , гр	$W_{нав.}$ , %	$t$ , °С	$t$ , мин	Энергомер
До сушки	100	82,73	100	–	–
После сушки	13,25	16,03	100	69	4 кВтч

По данным таблицы можно сделать вывод, что масса сапрпеля уменьшилась в 7,5 раза, соответственно, свободная и связанная влага испарилась, что привело к уменьшению влажности в 5 раз. Продолжительность обезвоживания 100 граммов сапрпеля более 1 часа, а энергопотребление при этом составило 4 кВтч.

**Заключение.** Таким образом, полученный сапропель сохранил в себе достаточно влаги, а вместе с ней органический и минеральный состав, который прослужит как удобрение для обогащения почвы.

#### Список литературы

1. Анисимова, К. В. Исследование безвакуумной сублимационной сушки плодов в поле УЗИ в потоке инертного газа / К. В. Анисимова, А. Б. Анисимов, Н. Ю. Литвинюк // Научный потенциал – аграрному производству: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф., посвящ. 450-летию вхождения Удмуртии в состав России. – Ижевская ГСХА. – 2008. – С. 80–85.
2. Анисимова, К. В. Математическое моделирование процесса сублимационной сушки плодов в поле ультразвука в потоке инертного газа / К. В. Анисимова, А. П. Ильин, Л. С. Воробьева // Вестник Алтайского ГАУ. – 2008. – № 12 (50). – С. 62–64.
3. Анисимова, К. В. Технология безвакуумной сублимационной сушки / К. В. Анисимова, Н. Г. Главатских // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. – 2016. – С. 137–138.
4. Касаткин, В. В. Анализ существующих сушек / В. В. Касаткин, Н. Ю. Литвинюк, К. В. Кожевникова // Научное обеспечение реализации национальных проектов в сельском хозяйстве: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. – 2006. – С. 107–110.
5. Керечанина, Е. Д. Приемы обезвоживания сапропелей и процессы их минерализации (на примере сапропелей Псковской области): спец. 06.01.03 «Агрофизика»: автореф. дис. / Керечанина Елена Дьердьевна. – Великие Луки, 2009. – 6 с.
6. Литвинюк, Н. Ю. Способ криогенного замораживания для последующей сублимационной сушки в потоке инертного газа / Н. Ю. Литвинюк, К. В. Анисимова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – № 9. – С. 39–41.
7. Литвинюк, Н. Ю. Способ сублимационной сушки в потоке ксенона // Н. Ю. Литвинюк, К. В. Кожевникова, А. Б. Анисимов // Инновационное развитие АПК. Итоги и перспективы: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. – 2007. – С. 80–82.
8. Новые методы исследований электротехнологических процессов при переработке сельскохозяйственной продукции / В. В. Касаткин, Н. Ю. Литвинюк, И. Ш. Шумилова, И. Г. Поспелова, К. В. Кожевникова // Актуальные проблемы механизации сельского хозяйства: м-лы Научно-практ. конф., посвященный 50-летию ф-та механизации сельского хозяйства. – 2005. – С. 240–246.
9. Современные методы и средства безопасного хранения и производства в пищевой отрасли / А. Б. Спиридонов, И. Ш. Шумилова, К. В. Анисимова, Н. Г. Главатских // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 183–187.

10. Что такое сапрпель? Свойства сапрпеля. Применение сапрпеля. – URL: <https://tvoi-uelirr.ru/> (дата обращения 12.11.2019).

УДК 621.798.1

**И. В. Бадретдинова, А. А. Сергеев**  
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

## **РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА БЛОКОВ ЛЬНЯНОГО АРБОЛИТА**

Рассмотрено повышение эффективности льноперерабатывающих производств путем использования костры для выработки нового вида конкурентоспособной продукции – блоков льняного арболита. Арболит является экологичным строительным материалом, из которого можно возводить конструкции не выше трех этажей при толщине стен не менее 400 мм. Рассчитаны основные характеристики строительного материала – прочность, пористость, плотность. Подбран оптимальный состав компонентов блока.

**Актуальность.** Удмуртская Республика издревле славилась производством льна и льняными изделиями. Лен и по сей день остается одним из источников производственной деятельности удмуртов. На территории современной Удмуртии функционируют 8 льнозаводов, которые выпускают как традиционные виды продукции (длинное, короткое волокно, технические ткани), так и внедряют новые технологии по производству котонина, целлюлозы и наноцеллюлозы. Но, несмотря на это, серьезной проблемой льнозаводов является большое количество скапливающегося отхода – льняной костры. Ее объем составляет до 70 % от первоначального объема сырья. Благодаря своим особенностям применение костры в других сферах сельского хозяйства невозможно. Поэтому многие хозяйства ее утилизируют сжиганием. Исследования химического состава и свойств костры позволило ее перевести из категории «отход» в категорию «ценный возобновляемый ресурс» [1]. То есть льняная костра может быть использована как армирующий элемент строительных и упаковочных материалов [2, 7].

**Объект исследования** – костра льна.

**Целью исследования** является разработка ресурсосберегающей технологии производства арболита на основе костры льна и искусственного неорганического гидравлического вяжущего вещества.

**Результаты и обсуждения.** Арболит (от фр. *arbre* «дерево») – лёгкий бетон на основе цементного вяжущего, органиче-

ских заполнителей (до 80–90 % объёма) и химических добавок, также известен как древобетон. В качестве органического заполнителя могут выступать практически любые природные материалы, состоящие из целлюлозы и лигнина. К ним можно отнести древесные опилки, пшеничную и рисовую солому, сухостой и др. природный материал. По своему химическому составу костра льна также содержит аналогичные вещества. В ней содержится 38–40 % целлюлозы, 23–24 % лигнина, 14–15 % гемицеллюлозы, 2–3 % пектиновых веществ и 2–3 % коксового остатка [3, 7, 9]. Размеры частиц в длину достигают 30 мм, диаметр 1,5 мм (рис. 1).



Рисунок 1 – Химический состав костры льна

Также костра является природным антисептиком, не гниет, у нее высокий коэффициент паропроницаемости, который позволит «дышать» и удерживать тепло строительным материалам [4, 10, 11]. Все перечисленные признаки позволяют использовать костру в качестве основного элемента при создании строительных арболитовых блоков.

В состав льняных арболитов включили:

- искусственное неорганическое вяжущее вещество – цемент;
- минеральный наполнитель – песок;
- вода;
- органический наполнитель – костра льна (80–90 % объёма).

Для создания блока была изготовлена металлическая форма размером 188×390×190 мм (рис. 2).





Рисунок 2 – Металлическая форма для производства лабораторного образца кострблока

Перед началом производства костра требует предварительной подготовки: ее повергали гидротермальной обработке ( $T = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) с последующим вымачиванием в течение 25 суток. А затем высушивали в ИК-сушильном шкафу до влажности 18 %. Благодаря этому полученный материал обладает высокими прочностными и эксплуатационными характеристиками. Сначала льняную тресту смешивали с песком, затем добавляли песок и наливали воду. Благодаря этой последовательности получаем возможность равномерное перемешивание и взаимное проникновение компонентов. Далее полученную смесь укладывают в форму слоями по 5–7 см и утрамбовывают.

Для того чтобы блоки были пригодны для строительства, они должны обладать характеристиками схожими с другими проверенными строительными материалами (табл. 1) [5, 6, 12].

Таблица 1 – Свойства строительных материалов

Вид материала	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Пористость, %	Прочность, МПа
Кирпич	1600–1900	6–10	10
Пенобетон	1200	75–85	2,0–7,5
Газобетон	600–800	95	2,5–15

Поэтому нам необходимо было подобрать такой состав компонентов, который бы обеспечил приемлемые прочностные характеристики. Нами были произведены блоки арболита с разным соотношением компонентов.

Каждый образец подвергался испытанию на сжатие на машине УММ-50 с гидравлическим приводом. Машина имеет диаграммный аппарат для записи результатов испытаний. Образец обмерили



и установили между опорными плитами машины. Подвергли статическому нагружению. При сжатии образец деформируется без значительного увеличения нагрузки, что видно на диаграмме, которую вычерчивает самозаписывающий прибор (рис. 3, 4).

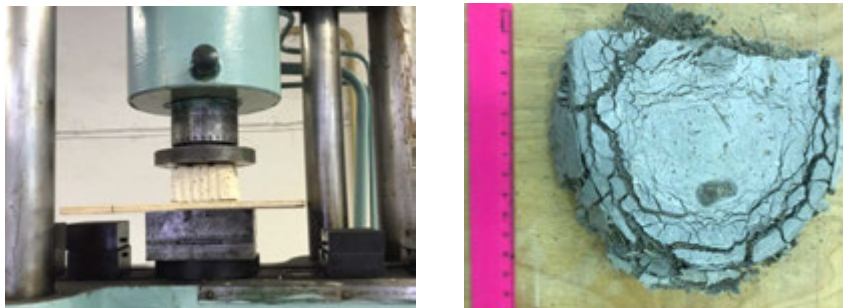


Рисунок 3 – Испытание лабораторного образца на машине УММ-50

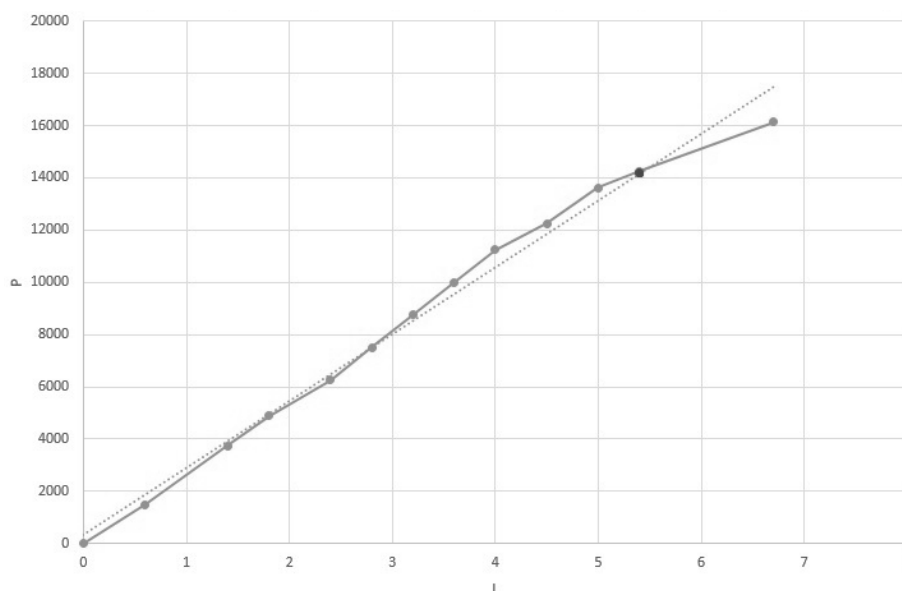


Рисунок 4 – График зависимости деформаций от давления

После анализа графика определили точку разрушения при сжатии на 5,4 мм и нагрузке 14250 Н. Предел текучести после всех полученных данных составил 1,925 Мпа. При наличии площадки текучести можно определить предел текучести по формуле 1:

$$\sigma_T = \frac{P_B}{F} \quad (1)$$

где  $P_B$  – нагрузка, соответствующая пределу текучести, Н;

$F$  – первоначальная площадь поперечного сечения образца, м<sup>2</sup>.

Первоначальную площадь сечения образца нашли, приложив образец к листу бумаги, и занесли в программу КОМПАС-3D, получив значение 7 402,234 мм<sup>2</sup>.

Наиболее оптимальными прочностными характеристиками обладал блок льняного арболита с составом, приведенным в таблице 2.

Таблица 2 – Размеры и состав компонентов льняного блока арболита

Размеры блока льняного арболита	Материал	Расход
	Объем 1 блока = 0,013 м³	
	Песок	6,5 кг
	Вода	3,25 л
	Цемент	1,76 кг
	Костра льна	0,78 кг
	После высыхания, масса блока составила 9 кг	

Далее рассчитали среднюю плотность блока по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2)$$

где  $m$  – масса, кг;

$V$  – объем, м³.

$$V = a \cdot b \cdot h, \quad (3)$$

где  $a$  – длина, м;

$b$  – ширина, м;

$h$  – высота, м.

Рассчитав по формуле (2) и (3), получили 692,31 кг/м³ – средняя плотность костроблока.

Для определения следующего показателя – пористости, нам нужно определить истинную плотность материала.

$$\rho_{истинная} = \sum \rho_{комп} + \rho_{костры}, \quad (4)$$

где  $\sum \rho_{комп}$  – сумма плотностей компонентов смеси, кг/м³.

Получили истинную плотность блока льняного арболита – 1770 кг/м³. Пористость определим по формуле:

$$П = \left( 1 - \frac{\rho_{ср}}{\rho_{ист}} \right) \cdot 100 \% \quad (5)$$

где  $\rho_{ср}$  – средняя плотность, кг/м³;

$\rho_{ист}$  – истинная плотность материала, кг/м³.

Рассчитав по формуле (5), определили пористость блока арболита 62,86 %.

Сравним показатели блока льняного арболита с другими видами строительных материалов (табл. 3).

Таблица 3 – Свойства строительных материалов

Вид материала	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Пористость, %	Прочность, МПа
Кирпич	1600–1900	6 -10	10
Пенобетон	1200	75–85	2,0–7,5
Газобетон	600–800	95	2,5–15
Блок льняного арболита	692,31	62,86	1,925

**Вывод.** Проведенные исследования лабораторного образца блока льняного арболита, подтвердили возможность его применения в качестве строительного материала для конструкций не выше трех этажей, с толщиной стен от 400 мм. Таким образом, можно рекомендовать отход предприятий первичной переработки льна, направлять в качестве исходного сырья на производство строительных материалов, что может расширить ассортимент льнозаводов и повысить рентабельность предприятия в целом.

#### Список литературы

1. Бадретдинова, И. В. Костра как ценное сырье для производства экологически чистой упаковки / И. В. Бадретдинова, И. Ш. Шумилова // Пищевая промышленность. – 2018. – № 12. – С. 93–95.
2. Бадретдинова, И. В. Экологичная упаковка на основе костры льна и природных зерновых полимеров / И. В. Бадретдинова, В. В. Касаткин // Наука Удмуртии. – 2018. – № 4 (86). – С. 17–19.
3. Живетин, В. В. Лен и его комплексное использование / В. В. Живетин, Л. Н. Гинзбург, О. М. Ольшанская. – М.: Информ – Знание, 2002. – 400 с.
4. Машкин, Н. А. Строительные материалы. Краткий курс: учеб. пособ. // Н. А. Машкин, О. А. Игнатова // Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т (Сибстрин). – 2-е изд., перераб. и доп. – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2012. – 200 с.
5. Угрюмов, С. А. Использование костры льна в производстве композиционной фанеры / С. А. Угрюмов // Лесной вестник. – М.: МГУЛ, 2005. – № 6. – С. 63–65.
6. Бадретдинова, И. В. Пути повышения эффективности льноперерабатывающей отрасли / И. В. Бадретдинова, В. В. Касаткин // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 6–9.

7. Роговин, З. А. Химические превращения и модификация целлюлозы. Москва: Химия, 1979. – 208 с.
8. Лен в пороховой промышленности / И. Н. Торгун [и др.]. – М.: ФГУП ЦНИИХМ, 2012. – 248 с.
9. Гончарова, Н. В. О производстве и переработке льна в Российской Федерации. Предприятия АПК: на пути к рынку / Н. В. Гончарова. – М., 2000. – 45 с.
10. Захаревич, Д. В. Возможности и значение возрождения российского льнадолгунца / Д. В. Захаревич, А. И. Митрофанова // Аграрная наука на современном этапе: м-лы Всеросс. конф. 29 янв. – 1 февр. 2002 г. – Санкт-Петербург, 2002. – С. 78 – 79.
11. Марченков, А. Н. Основные направления и результаты научного обеспечения производства продукции льна-долгунца / А. Н. Марченков // Научно-практическая конференция «Лён – на пороге XXI века»: тез. докл. – Вологда: Полиграфист, 2000. – С. 142 – 145.
12. Бадретдинова, И. В. Критерии управления процессом щелочной варки льняного волокна / И. В. Бадретдинова, Н. С. Данышева // Вестник Ижевской ГСХА. – 2009. – № 3–4 (20–21). – С. 4–6.

УДК 631.371.633.521

**И. В. Бадретдинова, А. А. Сергеев**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **СПОСОБ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЛЬНЯНОЙ ТРЕСТЫ И УСТАНОВКА ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ**

Рассмотрен высокоэффективный, новый способ и установка для приготовления льняной тресты. Подробно рассмотрен химический состав стебля льна, позволяющий оценить возможности разрушительного действия на них ультразвука. Исследованы и выявлены основные недостатки в существующих технологиях получения тресты. Подробно рассмотрена модель ультразвуковой установки непрерывного действия для производства льняной тресты. Сделаны выводы о несомненном преимуществе разработанного метода.

**Актуальность.** Первичная обработка льна включает совокупность процессов и операций, направленных на выделение волокна из его стеблей [1].

В процессе приготовления льняной тресты необходимо частично разрушить нецеллюлозные компоненты (рис. 1), которые осуществляют химическую связь между фибриллами целлюлозы и клеящим комплексом [2, 9].



Рисунок 1 – Химический состав стебля льна

Известно несколько способов приготовления тресты – биологический (расстил, мочка), физико-химический (пропаривание, облагораживание луба), химический (варка в щелочных растворах). Недостатками этих способов является: при росяной мочке – зависимость от погодных условий, длительность процесса приготовления тресты, трудоемкость процесса; при холодноводном и тепловом замачивании – приобретение неприятного запаха, длительность процесса приготовления тресты, значительное увеличение расхода воды, высокие затраты труда; при механической обработке стеблей льна – низкий выход длинного волокна, необходимость специальной обработки отходов; при пропаривании – неудовлетворительное качество волокна: низкие прядильная способность, гигроскопичность и отбеливаемость [3, 8].

**Объект исследования** – льняная костра.

**Цель исследования** заключается в повышении выхода волокна, в улучшении качества волокна, значительном сокращении продолжительности технологического процесса приготовления тресты, сокращении расхода электроэнергии.

**Результаты и обсуждения.** Процесс приготовления тресты происходит в водной среде, активизированной ультразвуком. При распространении звуковой волны в упругой среде, в фазе отрицательных давлений, образуются кавитационные полости, которые через весьма короткое время захлопываются. При смыкании стенок пузырьков образуется локальный гидравлический удар, который достигает нескольких тысяч атмосфер. Так как такие удары возникают в течение каждого периода колебаний, то при ультразвуковой частоте количество ударов в секунду получается очень большим, тем самым они оказывают разрушительное действие на объект обработ-

ки. Таким образом, ультразвуковая кавитация является определяющим фактором в процессе разрушения органического комплекса стебля льна [4].

На рисунке 2 показана модель ультразвуковой установки непрерывного действия УУЗД для приготовления льняной тресты. Установка содержит систему транспортеров – 1, ванну – 2, ультразвуковые излучатели – 3,5, патрубков для подачи воды – 4, отжимные вальцы 6.

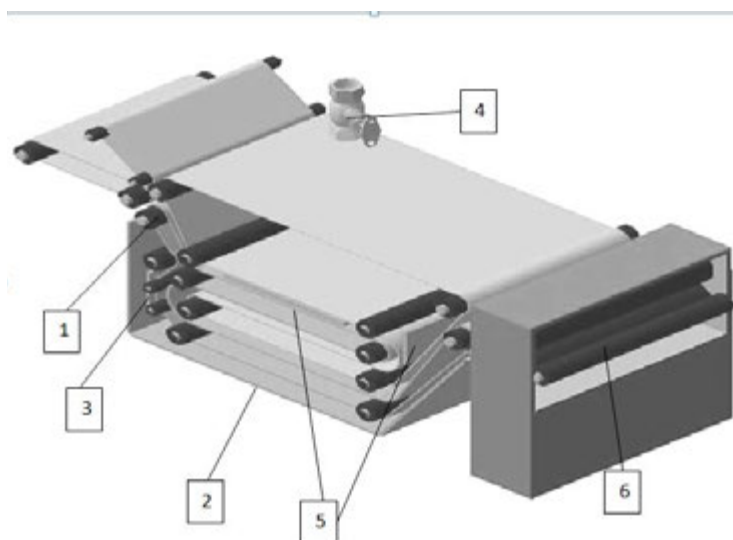


Рисунок 2 – Модель установка непрерывного действия УУЗД:  
1 – система транспортеров, 2 – ванна, 3, 5 – ультразвуковые излучатели,  
4 – парубок для подачи воды, отжимные вальцы

Установка непрерывного действия работает следующим образом. Льняная солома, уложенная в поперечном направлении, поступает по системе транспортеров 1 в ванну 2, заполненную водой с температурой 18...20 °С. При прохождении первой ветви транспортера солома пропитывается водой. Для более полной и быстрой пропитки установлены блоки с пьезокерамическими излучателями 5 по боковым сторонам ванны. Одновременно с пропиткой соломы происходит разрыхление пектиновых веществ. Поступая на вторую (среднюю) ветвь транспортера, органический комплекс стебля максимально разрушается. Расположение излучателей 3 было выбрано таким образом, чтобы обеспечить встречность потока излучения и скорости среды. В этом случае используется более полное поглощение энергии. При прохождении третьей ветви транспортера происходит остаточное разрушение клейщего комплекса, и льняная солома выводится из ванны и поступает на отжимные вальцы. При удалении льна из ванны часть влаги удаляется, для поддержания уровня воды в баке установлен поплавковый дозатор уровня.



**Выводы.** Способ приготовления льняной тресты в водной среде под воздействием ультразвука, отличающийся тем, что кавитационные процессы, оказывая физическое и химическое воздействие, способствуют более полному разрушению клеточной структуры клеящего компонента стебля льна, в результате чего повышается выход волокна и улучшаются его качественные показатели [5–7, 10].

Ультразвуковая установка непрерывного действия УУЗД для приготовления льняной тресты отличается тем, что для непрерывности и повышения эффективности процесса в ванну, заполненную жидкой средой, снабженной системой транспортеров, установлены блоки с ультразвуковыми излучателями в расположении позволяющем достичь максимального поглощения энергии и значительно сократить продолжительность технологического процесса.

### Список литературы

1. Кузнецова, И. В. Получение льняной тресты методом ультразвукового диспергирования / И. В. Кузнецова, Н. М. Агафонова, В. В. Касаткин // Молодые ученые В XXI веке: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. мол. уч. и спец. – Ижевская ГСХА, 2005. – С. 197–199.
2. Бадретдинова, И. В. Состояние и научное развитие отрасли льноперерабатывающей промышленности / И. В. Бадретдинова, Н. М. Агафонова, В. В. Касаткин, Н. В. Овсяников // Устойчивому развитию АПК – научное обеспечение: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. –Ижевская ГСХА. – 2004. – С. 402–407.
3. Агафонова, Н. М. Основные факторы, влияющие на эффективность ультразвукового замачивания. / Н. М. Агафонова, И. В. Кузнецова, Н. И. Собин // Современные проблемы аграрной науки и пути их решения: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевская ГСХА. – 2005. – С. 502–50.
4. Бадретдинова, И. В. Химическая активность среды под воздействием ультразвука /И. В. Бадретдинова, Н. М. Агафонова, В. В. Касаткин // Высшему аграрному образованию Удмуртии 50 Лет. Итоги и перспективы: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф, 2005. – С. 17–21.
5. Бадретдинова, И. В. Совершенствование технологии ускоренного созревания льнотресты с использованием энергосберегающих электротехнологий / И. В. Бадретдинова // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ижевская ГСХА. – Ижевск, 2006.
6. Роговин, З. А. Химические превращения и модификация целлюлозы / З. А. Роговин. – М.: Химия, 1979. – 208 с.
7. Лен в пороховой промышленности / И. Н. Торгун [и др.]. – М.: ФГУП ЦНИИХМ, 2012. – 248 с.
8. Гончарова, Н. В. О производстве и переработке льна в Российской Федерации. Предприятия АПК: на пути к рынку / Н. В. Гончарова. – М., 2000. – 45 с.

9. Захаревич, Д. В. Возможности и значение возрождения российского льна-долгунца / Д. В. Захаревич, А. И. Митрофанова // Аграрная наука на современном этапе: м-лы Всеросс. конф. 29 января – 1 февраля 2002 г. – СПб., 2002. – С. 78–79.

10. Марченков, А. Н. Основные направления и результаты научного обеспечения производства продукции льна-долгунца / А. Н. Марченков // Научно-практическая конференция «Лён – на пороге XXI века»: тез. докл. – Вологда: Полиграфист, 2000. – С. 142–145.

11. Бадретдинова, И. В. Критерии управления процессом щелочной варки льняного волокна // И. В. Бадретдинова, Н. С. Данышева // Вестник Ижевской ГСХА. – 2009. – № 3–4 (20–21). – С. 4–6.

УДК 537.8

**С. В. Вендин**

*ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ*

## **К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ЧАСТОТЫ ИСТОЧНИКА ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СВЧ ОБРАБОТКЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СРЕДЫ**

Рассмотрены теоретические вопросы выбора эффективной частоты источника применительно к технологической обработке диэлектрической среды с потерями электромагнитным полем высоких (ВЧ) и сверхвысоких (СВЧ) частот. Для оценки эффективности СВЧ обработки относительный коэффициент эффективности СВЧ мощности, передаваемой на глубину.

**Введение.** Технологическая обработка различных сред электромагнитным полем (ЭМП) высоких (ВЧ) и сверхвысоких (СВЧ) частот получила широкое применение как в промышленности, так и в сельском хозяйстве [1–4 и др.]. Эффективность использования энергии ЭМП ВЧ и СВЧ для технологической обработки различных сред отмечается, как в ранних работах [5–8], так и в более поздних исследованиях [4, 9 и др.]. При этом качество обработки среды зависит от скорости и конечной температуры диэлектрического (микроволнового) нагрева, которые зависят от физических свойств среды, частоты и напряженности электрического поля. Поэтому при прогнозировании эффективности СВЧ обработки весьма важно определить условия, влияющие на характер распределения напряженностей электромагнитных полей [9–10 и др.].

В средах с диэлектрическими потерями принято считать, что ослабление амплитуды электромагнитной волны пропорционально коэффициенту ослабления  $\alpha$ . В то же время отражение и пре-

ломление электромагнитных волн на границе раздела сред рассматриваются отдельно от контекста эффективности технологической обработки среды.

Ниже приведены результаты теоретических исследований относительно выбора эффективной частоты источника электромагнитного излучения для СВЧ обработки технологической плоского слоя среды с диэлектрическими потерями. Представленные расчетные соотношения имеют общую постановку и могут быть применимы как в промышленности, так и в сельском хозяйстве.

**Основные результаты.** Классический подход в электродинамике предполагает, что ослабление амплитуды электромагнитной волны в среде с потерями пропорционально коэффициенту ослабления  $\alpha$ , амплитуда передаваемой мощности на глубину  $z = d$  уменьшается в  $2\alpha d$  раз. В то же время отражение и преломление электромагнитных волн на границе раздела сред рассматриваются отдельно от контекста эффективности технологической обработки среды.

Если предположить, что размеры включений в сплошной среде будут намного меньше длины волны, излучаемой источником, то эту среду можно рассматривать как однородную с усредненными параметрами. Тогда при технологической электромагнитной обработке полубесконечной или плоскостойкой среды на первом этапе следует рассмотреть распространение электромагнитной волны при переходе из одной среды (воздуха) в обрабатываемую среду, т. е. из среды «0» в среду «I», как показано на рисунке 1.

Эта задача является классической, решение ее можно встретить в различной литературе. Наиболее полный анализ расчета напряженности электромагнитного поля в плоскостойких средах представлен в следующих работах [9–10].

Для упрощения электромагнитную волну будем полагать монохроматической, плоской и линейно-поляризованной, которая падает перпендикулярно поверхности среды.

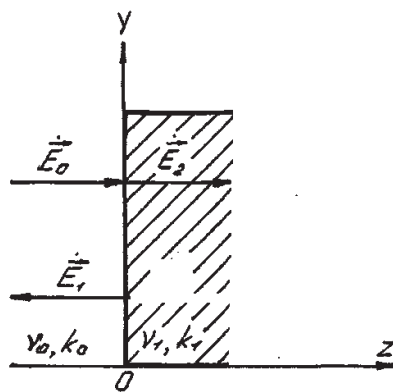


Рисунок 1 – Расчетная схема распространения ЭМВ

В наших обозначениях по рисунку 1 будем считать, что электрический вектор  $\vec{E}$  поляризован вдоль оси «у», а ЭМВ распространяется вдоль оси «z».

Из теории переменного электромагнитного поля известно, что напряженности электрического  $\vec{E}$  и магнитного  $\vec{H}$  полей взаимосвязаны между собой и образуют взаимно перпендикулярные векторы.

В этом случае справедливы соотношения:

$$\frac{\partial \vec{H}}{\partial x} = \frac{\partial \vec{H}}{\partial y} = \frac{\partial \vec{E}}{\partial x} = \frac{\partial \vec{E}}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

Поскольку напряженности электрического  $\vec{E}$  и магнитного  $\vec{H}$  полей связаны между собой, то при анализе часто используют введение комплексного электромагнитного вектора  $\vec{M}$  связывающего электрическое и магнитное поле в соответствии с равенством

$$\vec{M} = \vec{H} \pm i\nu \vec{E}, \quad (2)$$

где  $\nu$  – характеристическая проводимость среды;

$$\nu = \left[ \frac{\varepsilon\omega - i\sigma}{\mu\omega} \right]^{1/2} \quad (3)$$

где  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость среды;

$\sigma$  – электрическая проводимость среды;

$\mu$  – магнитная проницаемость среды;

$\omega = 2\pi f$  – круговая частота ЭМВ;

$f$  – частота ЭМВ.

При этом комплексный электромагнитный вектор  $\vec{M}$  должен удовлетворять равенствам:

$$\text{rot } \vec{M} = \pm k \vec{M}; \quad (4)$$

$$\text{div } \vec{M} = 0; \quad (5)$$

$$\frac{\partial \vec{M}}{\partial x} = \frac{\partial \vec{M}}{\partial y} = 0 \quad (6)$$

где  $k = \mu\omega\nu$  – коэффициент распространения ЭМВ.

В таком случае, уравнение (4) с учетом (4), (5) и оператора Лапласа  $\nabla^2$  [19] преобразуется к виду:

$$\frac{\partial^2 \vec{M}}{\partial x^2} + k^2 \vec{M} = 0 \quad (7)$$

Уравнение (7) при замене векторов  $\vec{H}$  и  $\vec{E}$  на соотношения  $\vec{H} = \vec{i} H$ ,  $\vec{E} = \vec{j} E$  разделяется на два обыкновенных дифференциальных уравнения второго порядка:

$$\frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial z^2} - k^2 \vec{H} = 0 \quad (8)$$

$$\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial z^2} - k^2 \vec{E} = 0 \quad (9)$$

Решением уравнений (8) и (9) являются функции вида:

$$\vec{E} = \dot{C}_1 e^{ikz} + \dot{C}_2 e^{-ikz}; \quad (10)$$

$$\vec{H} = \dot{C}_3 e^{ikz} + \dot{C}_4 e^{-ikz}; \quad (11)$$

где  $\dot{C}_1, \dot{C}_2, \dot{C}_3, \dot{C}_4$  – комплексные коэффициенты.

Зависимость между коэффициентами  $\dot{C}_1, \dot{C}_2, \dot{C}_3, \dot{C}_4$  определяется разложением  $rot \vec{M}$  по составляющим применительно к данной задаче, т. е.

$$rot \vec{M} = \vec{i} \left[ \pm iv \frac{\partial \dot{E}}{\partial z} \right] \pm \vec{j} \left[ \frac{\partial \dot{H}}{\partial z} \right]. \quad (12)$$

Тогда, учитывая (6), имеем:

$$-iv \frac{\partial \dot{E}}{\partial z} = k \dot{H}, \quad \frac{\partial \dot{H}}{\partial z} = ivk \dot{E} \quad (13)$$

Непосредственной подстановкой выражений (10) и (11) в (13) получаем:

$$\dot{C}_3 = v \dot{C}_1; \quad \dot{C}_4 = v \dot{C}_2. \quad (14)$$

В таком случае напряженности электрического  $\dot{E}$  и магнитного  $\dot{H}$  полей в плоскостойкой структуре для нашего случая описываются выражениями вида:

$$\dot{E}_y = \dot{C}_1 e^{ikz} + \dot{C}_2 e^{-ikz}; \quad (15)$$

$$\dot{H}_x = -v [\dot{C}_1 e^{ikz} + \dot{C}_2 e^{-ikz}]. \quad (16)$$

Индексы «x», «y» указывают, вдоль какой оси поляризован вектор напряженности поля, знак (-) в выражении для  $\dot{H}_x$  соответствует тому, что при такой поляризации ЭМВ вектор  $\dot{H}$  направлен в сторону, противоположную оси x.

Коэффициенты при функции  $e^{ikz}$  соответствуют падающей ЭМВ, а коэффициенты при функциях  $e^{-ikz}$  соответствуют отраженной ЭМВ.

Как уже указывалось ранее, неизвестные постоянные в случае плоских электромагнитных волн можно определить из условий непрерывности тангенциальных составляющих напряженностей электрического  $\dot{E}$  и магнитного  $\dot{H}$  полей на границах раздела сред.

В общем случае напряженности электрического  $\dot{E}$  и магнитного  $\dot{H}$  полей в соответствии с (10) и (11) в каждом слое рис. (1) при напряженности падающей на объект ЭМВ  $\dot{E}_0$  описываются следующими выражениями:

при  $-\infty < z \leq 0$

$$\dot{E}_{y0} = \dot{E}_0 e^{ik_0 z} + \dot{E}_1 e^{-ik_0 z}; \quad (17)$$

$$\dot{H}_{x0} = -v_0 [\dot{E}_0 e^{ik_0 z} + \dot{E}_2 e^{-ik_0 z}]; \quad (18)$$

при  $0 \leq z < -\infty$

$$\dot{E}_{y1} = \dot{E}_2 e^{ik_1 z}; \quad (19)$$

$$\dot{H}_{x1} = -v_1 [\dot{E}_2 e^{ik_1 z}], \quad (20)$$

где  $\dot{E}_0$ ,  $\dot{E}_1$ ,  $\dot{E}_2$  – соответственно модули комплексных напряженностей электрического поля падающей, отраженной и прошедшей в среду ЭМВ.

Окончательно выражения для  $\dot{E}_{y1}$  и  $\dot{H}_{x1}$  имеют вид:

$$\dot{E}_{y1} = \dot{E}_0 \frac{2v_0}{v_1 + v_0} e^{ik_1 z}; \quad (21)$$

$$\dot{H}_{x1} = -\dot{E}_0 \frac{2v_0 v_1}{v_1 + v_0} e^{ik_1 z}. \quad (22)$$

На основе анализа решений (21) и (22) была получена функция передачи электромагнитной волны на глубину  $e_{y1}$  ( $d$ ) в относительных единицах:



$$e_{y1}(d) = K(\lambda)e^{-\alpha_1 d}, \quad (23)$$

где  $K(\lambda)$  – соответственно функции амплитуды:

$$K(\lambda) = \frac{2}{\sqrt{(1 + \sqrt{\varepsilon_{r1}})^2 + \left(\frac{30\lambda\sigma_1}{\sqrt{\varepsilon_{r1}}}\right)^2}}; \quad (24)$$

где  $\varepsilon_{r1}$ ,  $\sigma_1$ ,  $\lambda$  – соответственно относительная диэлектрическая проницаемость среды, проводимость среды и длина ЭМВ в вакууме;

$\alpha_1$  – коэффициент ослабления ЭМВ в среде:

$$\alpha_1 \approx \frac{188,4 \sigma_1}{\sqrt{\varepsilon_{r1}}}. \quad (25)$$

Мощности, передаваемые на глубину  $z = d$  на различных частотах  $f_1$  и  $f_2$  определяются выражениями:

$$P_1(d) = 2\pi\varepsilon_{r1}\varepsilon_0\text{tg}\delta_1 f_1 |E_1(d)|^2; \quad (26)$$

$$P_2(d) = 2\pi\varepsilon_{r2}\varepsilon_0\text{tg}\delta_2 f_2 |E_2(d)|^2, \quad (27)$$

где  $f_1$  и  $f_2$  – частота ЭМВ;

$P_1(d)$ ,  $P_2(d)$  – мощности на глубине  $z = d$  соответственно на частотах  $f_1$  и  $f_2$ ;

$\varepsilon_{r1}$ ,  $\varepsilon_{r2}$ ,  $\text{tg}\delta_1$ ,  $\text{tg}\delta_2$  – соответственно относительная диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь среды на частотах  $f_1$  и  $f_2$ ;

$\varepsilon_0$  – диэлектрическая постоянная ( $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м);

$|E_1(d)|^2$ ,  $|E_2(d)|^2$  – значение квадрата модуля напряженности электрического поля на частотах  $f_1$  и  $f_2$ .

Поэтому для оценки технологического результата целесообразно использовать относительный коэффициент эффективности СВЧ мощности, передаваемой на глубину  $z = d$  на разных частотах равный отношению мощностей на различных частотах  $f_1$  и  $f_2$ :

$$\beta_{\text{эф}}(d) = \frac{P_2(d)}{P_1(d)} = \frac{2\pi\varepsilon_{r2}\varepsilon_0\text{tg}\delta_2 f_2 |E_2(d)|^2}{2\pi\varepsilon_{r1}\varepsilon_0\text{tg}\delta_1 f_1 |E_1(d)|^2}, \quad (28)$$

или с учетом (23):

$$\beta_{\text{эф}}(d) = \frac{\varepsilon_{r2} \text{tg} \delta_2 f_2}{\varepsilon_{r1} \text{tg} \delta_1 f_1} \left( \frac{K(\lambda_2)}{K(\lambda_1)} \right)^2 e^{-2(a_2 - a_1)d}, \quad (29)$$

где  $K(\lambda_1)$  – значение функции передачи электромагнитной волны на глубину  $z = d$  при различных длинах волн соответственно на частотах  $f_1$  и  $f_2$ ;

$\alpha_1, \alpha_2$  – коэффициент ослабления электромагнитной волны на частотах  $f_1$  и  $f_2$ .

**Выводы.** В средах с диэлектрическими потерями принято считать, что ослабление амплитуды электромагнитной волны пропорционально коэффициенту ослабления. В то же время отражение и преломление электромагнитных волн на границе раздела сред рассматриваются отдельно от контекста эффективности технологической обработки среды.

Качество СВЧ обработки среды зависит от скорости и конечной температуры диэлектрического (микроволнового) нагрева, которые зависят от физических свойств среды, частоты и напряженности электрического поля. Поэтому при прогнозировании эффективности СВЧ обработки весьма важно определить условия, влияющие на характер распределения напряженностей электромагнитных полей.

Проведены теоретические исследования относительно выбора эффективной частоты источника электромагнитного излучения для СВЧ обработки технологической среды с диэлектрическими потерями.

Для оценки технологического результата – диэлектрического (микроволнового) нагрева среды рекомендуется использовать относительный коэффициент эффективности СВЧ мощности, передаваемой на глубину  $z = d$  на разных частотах равный отношению мощностей на различных частотах  $f_1$  и  $f_2$ .

Представленные расчетные соотношения имеют общую постановку и могут быть применимы как в промышленности, так и в сельском хозяйстве.

### Список литературы

1. Глуханов, Н. П. Высокочастотный нагрев диэлектрических материалов в машиностроении / Н. П. Глуханов, И. Г. Федорова. – Л.: Машиностроение. – 1983. – 160 с.
2. Ушакова, Н. Ф. Опыт применения СВЧ-энергии при производстве пищевых продуктов / Н. Ф. Ушакова, Т. С. Копысова, В. В. Касаткин, А. Г. Кудряшова // Пищевая промышленность. – 2013. – № 10. – С. 30–32.
3. Агафонова, Н. М. Применение СВЧ-энергии для обработки продукции растениеводства / Н. М. Агафонова, В. В. Касаткин, В. В. Фокин // Аграр-

ная наука на рубеже тысячелетий: м-лы науч.-практ. конф. – Ижевская ГСХА. – 2001. – С. 175–179.

4. Вендин, С. В. Экспериментальные исследования процессов СВЧ обработки семян: моногр. / С. В. Вендин. – Москва-Белгород: ООО ЦКБ БИБКОМ. – 2017. – 116 с.

5. Вендин, С. В. Высокочастотный нагрев в технологии обработки семян зерновых / С. В. Вендин // Техника в сельском хозяйстве. – 1994. – № 3. – С. 18.

6. Вендин, С. В. Воздействие температурных факторов на всхожесть семян зерновых при их обработке в электромагнитном поле СВЧ / С. В. Вендин, А. Д. Горин // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 1994. – № 3. – С. 21.

7. Вендин, С. В. Обработка семян и зерна электромагнитным полем сверхвысокой частоты / С. В. Вендин // Сельский механизатор. – 1994. – № 8. – С. 1.

8. Вендин, С. В. Интегральная оценка температурного действия на семена / С. В. Вендин // Техника в сельском хозяйстве. – 1995. – № 3. – С. 31.

9. Вендин, С. В. Технологические приемы СВЧ-обработки семян в слое / С. В. Вендин // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2016. – № 2(10). – С. 3–11.

10. Вендин, С. В. К расчету напряженностей электромагнитного поля при СВЧ – обработке диэлектрических плоскостойких объектов / С. В. Вендин // Вестник Белгородского ГТУ им. В. Г. Шухова. – 2013. – № 6. – С. 215–218.

УДК 536.7

**С. В. Вендин, А. Ю. Мамонтов**  
*ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ*

## **ОЦЕНКА МОЩНОСТИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОТЫ ДЛЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО БИОГАЗОВОГО РЕАКТОРА**

Приведены результаты теоретических исследований по оценке величины мощности дополнительных источников теплоты для подогрева сырья в биогазовом реакторе. Получены аналитические соотношения при расчете температурных полей, а также расчетные формулы оценки мощности равномерно распределенных внутри рабочего объема дополнительных (сторонних) источников теплоты для подогрева массы в цилиндрическом реакторе.

**Введение.** Вопросы разработки и эффективного использования альтернативных и возобновляемых источников энергии являются наиболее актуальными при возрастающем энергопотреблении как в промышленности, в агропромышленном комплексе, так

и в быту. При этом возможно использование энергии ветра, солнца, производство биогаза из органических отходов и др. [1–7].

При переработке органических отходов в биогаз важное значение имеют состав сырья и технологические режимы его сбраживания. При этом выделяют следующие режимы сбраживания: психрофильный (20–25 °С), мезофильный (25–40 °С) и термофильный (свыше 40 °С). Технологическим регламентом необходимо также выдерживать определенные требования по колебаниям температуры в течение определенного времени. В зависимости от рекомендуемых режимов колебания температуры могут составлять от  $\pm 0,5$  °С/ч (при термофильном режиме) до  $\pm 2$  °С/ч (при психрофильном режиме) [4].

При недостатке теплоты, производимой во время химической реакции брожения, для обеспечения технологического режима необходимо использовать дополнительные (сторонние) источники теплоты [5]. Это могут быть различные теплообменные аппараты или электрические нагреватели (ТЭНы). Проблема состоит в правильном выборе мощности дополнительных источников теплоты.

**Основные результаты.** Сбраживание органического сырья осуществляется в биогазовых реакторах, простейшая конструкция которых представляет цилиндрическую емкость, оснащенную перемешивающими устройствами, а также устройствами подачи свежего сырья, отбора биогаза и выгрузки отработанного сырья.

Расчет мощности дополнительных источников теплоты может быть проведен на основе решения уравнения теплопроводности Фурье в слоистых средах [8–10]. Для математической постановки задачи физическую модель биореактора можно представить в виде сплошного цилиндра радиусом  $R_1$  (рабочий объем реактора) и высотой  $H$ , окруженного цилиндрической оболочкой (стенкой) с толщиной  $\Delta$ . При этом наружный радиус конструкции будет равен  $R_2 = R_1 + \Delta$ .

Мощность дополнительных (сторонних) источников теплоты, которые можно расположить внутри рабочего объема реактора, будет зависеть от распределения температурного поля внутри конструкции и условий теплообмена снаружи.

Технологический диапазон изменения температуры при сбраживании в первом приближении можно определить двумя способами: как разницу значений температурного поля между центром биореактора  $T_1(0)$  и у внутренней стенки биореактора  $T_1(R)$ :

$$\Delta T_1 = T_1(0) - T_1(R), \quad (1)$$

или как разницу значений температурного поля между температурой на оси биореактора и температурой снаружи (окружающей среды)  $T_c$ :

$$\Delta T = T_1(0) - T_c. \quad (2)$$

Таким образом, расчетная модель биогазового реактора представляется двухслойным цилиндром с внутренним радиусом  $R_1$  (рабочий объем реактора), внешним радиусом  $R_2$  (с учетом толщины стенки реактора  $\Delta$ ) и высотой  $H$ , а для расчета температуры принимаем осесимметричное распределение температурного поля, когда температура внутри реактора зависит только от координаты  $R$ , т. е. рассматриваем одномерную задачу. На наружной поверхности стенки принимаем граничные условия третьего рода, а между внутренней поверхностью стенки и внутренним объемом биомассы внутри реактора обеспечиваем условия сопряжения температурных полей и тепловых потоков четвертого рода. С учетом изложенного, распределение температурного поля в каждом слое определяется общим уравнением теплопроводности Фурье [8–10]:

$$\frac{\partial T_i(\tau, r)}{\partial \tau} = a_i \nabla T_i(\tau, r) + \frac{q_i(\tau, r)}{\rho c}, \quad i = 1, 2, \quad (3)$$

где  $a_i$ ,  $\rho_i$ ,  $c_i$  – соответственно теплопроводность, плотность, теплоемкость материала в каждом цилиндрическом слое;

$q_i(r)$  – мощность внутренних (дополнительных (сторонних)) источников теплоты в каждом цилиндрическом слое;

$\nabla T_i(\tau, r)$  – оператор Лапласа, в случае осесимметричного распределения температурного поля в каждом слое:

$$\nabla T_i(\tau, r) = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial T_i(\tau, r)}{\partial r} \right), \quad i = 1, 2, \quad (4)$$

Для установившегося режима (стационарного случая) уравнение (3) приобретает вид:

$$\nabla T_i(\sigma) = -\frac{q_i(\sigma)}{\lambda_i}, \quad i = 1, 2, \quad (5)$$

где  $\lambda_i$  – теплопроводность материала каждого слоя.

Будем полагать также, что объект является изотропным, т. е. теплофизические параметры постоянны и однородны по всему занимаемому ими объему. Граничные условия на внутренней поверхности  $r = R_1$  определим как граничные условия четвертого рода:

$$T_1(R_1) = T_2(R_1), \quad (6)$$

$$\lambda_1 \frac{dT_1(R_1)}{dR} = \lambda_2 \frac{dT_2(R_1)}{dR}. \quad (7)$$

Условия теплоотдачи на внешней поверхности  $r = R_2$  определим как граничные условия третьего рода:

$$T_2(R_2) + \frac{\left(\frac{\lambda_2}{\alpha}\right) (dT_2(R_2))}{dR} = T_c \quad (8)$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи на внешней поверхности  $r = R_2$ ;  
 $T_c$  – температура окружающей среды.

Решением уравнения (5) является функция вида:

$$T_i(r) = g_i(r) + A_i P_i(r) + B_i, \quad i = 1, 2, \quad (9)$$

где  $A, B$  – постоянные коэффициенты, определяемые граничными условиями,

$$P_i(r) = \ln r, \quad (10)$$

$$g_i(r) = - \int \frac{\partial r}{r} \int r \frac{q_i(r)}{\lambda} dr. \quad (11)$$

Для независимых от пространственной координаты  $r$  источников теплоты (равномерно распределенных по объему)  $q_i(r) = q_i$ , а функция определяемая интегралом (11) имеет вид:

$$g_i(r) = - \frac{q_i}{4\lambda_i} r^2. \quad (12)$$

С учетом ограниченности решения при  $r = 0$  следует полагать  $A_1 = 0$ .

В этом случае решениями для температурных полей в каждом слое являются функции:

$$T_1(r) = T_c - \frac{q_1}{4\lambda_1} r^2 + B_1, \quad 0 \leq r \leq R_1 \quad (13)$$

$$T_2(r) = T_c - \frac{q_2}{4\lambda_2} r^2 + A_2 \ln r + B_2, \quad R_1 \leq r \leq R_2 \quad (14)$$



Если внутренние источники теплоты присутствуют только внутри объема реактора ( $q_2 = 0$ ), то получим:

$$T_1(r) = T_c - \frac{q_1}{4\lambda_1} + B_1, \quad 0 \leq r \leq R_1 \quad (15)$$

$$T_2(r) = T_c + A_2 \ln r + B_2, \quad R_1 \leq r \leq R_2. \quad (16)$$

Выражения (14), (15) можно представить в форме:

$$T_1(r) = T_c + \frac{q_1}{(4\lambda_1)(C_3 - r^2)}, \quad 0 \leq r \leq R_1 \quad (17)$$

$$T_2(r) = T_c + \frac{q_1}{(4\lambda_1)(C_1 \ln r + C_2)}, \quad R_1 \leq r \leq R_2 \quad (18)$$

Значения коэффициентов  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  определяются из условий (6), (7), (8):

$$C_1 = -2(\lambda_1/\lambda_2)R_1^2, \quad (19)$$

$$C_2 = -C_1 \ln R_2 - C_1(\lambda_2/\alpha)(1/R_2), \quad (20)$$

$$C_3 = -C_1 \ln R_1 + C_2 + R_1^2. \quad (21)$$

Таким образом выражения (17)–(21) определяют распределение температурного поля в объекте.

В рекомендациях по температурным режимам сбраживания биомассы обычно указывают рекомендуемую температуру или диапазон температур, например для мезофильного температурного режима – 34–37 °С. В этом случае диапазон температур в первом приближении можно принимать в качестве значений температурного поля у стенок реактора  $T_1(R)$  и в центре реактора  $T_1(0)$ .

Тогда для поддержания диапазона температур  $\Delta T_1 = T_1(0) - T_1(R)$  из выражения (17) получим:

$$\Delta T_1 = T_1(0) - T_1(R) = \frac{q_1}{4\lambda_1} R_1^2 \quad (22)$$

Мощность дополнительных (сторонних) источников теплоты определяется выражением:

$$q_l = \frac{4\lambda_l \Delta T_l}{R_l^2} . \quad (23)$$

С учетом предположений, что мощность источников  $P$  распределена по всему объему реактора  $V$ , то для  $q$  получим:

$$q_l = \frac{P}{V} = \frac{4\lambda \Delta T_l}{R_l^2} . \quad (24)$$

Объема цилиндрического реактора равен:

$$V = \pi R_l^2 H, \quad (25)$$

где  $H$  – высота реактора.

Окончательно с учетом (24) и (25) получаем выражение для расчета тепловой мощности источников  $P$ :

$$P = 4\pi \lambda_l H \Delta T_l. \quad (26)$$

Выражение (26) в точности совпадает с зависимостью, приведенной в работе [7]. Из выражения (26) следует, что мощность равномерно распределенных дополнительных (сторонних) источников теплоты, необходимая для поддержания разницы температур  $\Delta T_l$  между стенкой и центром реактора зависит от высоты реактора  $H$  и теплопроводности биомассы  $\lambda_l$  и не зависит от его радиуса  $R_l$ .

На рисунке 1 представлены расчетные значения мощности источника теплоты в зависимости от высоты реактора  $H$  при различных значениях  $\Delta T_l$  (°C) для биомассы с теплопроводностью  $\lambda_l = 0,6$  Вт/(м·К).

Следующим важным моментом является поддержание оптимальных температур внутри реактора в зависимости от температуры снаружи (окружающей среды)  $T_c$ , от теплофизических свойств стенки  $\lambda_2$ , толщины стенки  $\Delta = R_2 - R_l$  и интенсивности теплообмена  $\alpha$ . Если принять нормируемой (критической) температурой температуру на оси реактора  $T_{кр} = T_l(0)$ , то требуется оценить мощность дополнительных источников теплоты для поддержания разницы температур  $\Delta T = T_l(0) - T_c$ .

Анализ показывает, что в этом случае мощность дополнительных источников теплоты будет определяться согласно выражению:

$$P = 4\pi \lambda_l H \Delta T F(R_l, \Delta, \lambda_2, \alpha), \quad (27)$$

где  $F(R_l, \Delta, \lambda_2, \alpha)$  – безразмерная функция, учитывающая свойства стенки и условий теплообмена:

$$F(R_I, \Delta, \lambda_2, \alpha) = \frac{1}{\left[ 1 + \frac{2\lambda_1}{(\alpha(R_I + \Delta))} - 2 \left( \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \right) \ln \left( \frac{R_I}{(R_I + \Delta)} \right) \right]}, \quad (28)$$

где  $\Delta$  – толщина стенки;

$R_I$  – внутренний радиус реактора;

$\alpha$  – коэффициент теплоотдачи на внешней поверхности;

$\lambda_1$  – коэффициент теплопроводности биогазовой среды;

$\lambda_2$  – коэффициент теплопроводности стенки реактора.

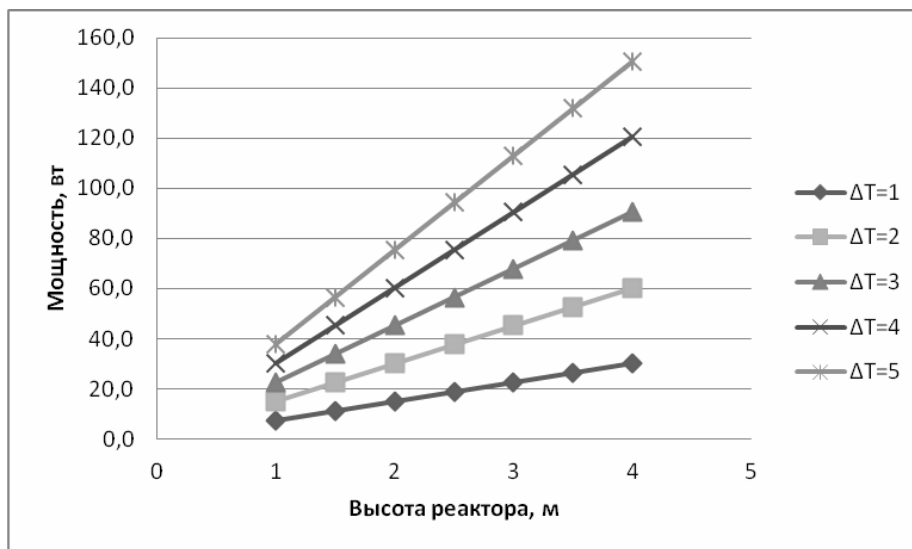


Рисунок 1 – Мощность дополнительных (сторонних) источников теплоты в зависимости от высоты реактора  $H$  при различных значениях  $\Delta T_1$  ( $^{\circ}\text{C}$ )

Коэффициент теплоотдачи на внешней поверхности  $\alpha$  можно определить по формуле

$$\alpha = \frac{\lambda_c N_u}{2R_2}, \quad (29)$$

где  $\lambda_c$  – коэффициент теплопроводности внешней среды;

$N_u$  – безразмерный критерий Нусельта для условий теплообмена.

Тогда функция  $F(R_I, \Delta, \lambda_2, \alpha)$  определяется по формуле:

$$F(R_I, \Delta, \lambda_2, \alpha) = \frac{1}{\left[ 1 + \frac{4\lambda_1}{N_u \lambda_c} - 2 \left( \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \right) \ln \left( \frac{R_I}{(R_I + \Delta)} \right) \right]} \quad (30)$$

где  $\Delta$  – толщина стенки;

$R_I$  – внутренний радиус реактора;

$\lambda_c$  – коэффициент теплопроводности внешней среды;

$\lambda_1$  – коэффициент теплопроводности биогазовой среды;  
 $\lambda_2$  – коэффициент теплопроводности стенки реактора;  
 $N_u$  – безразмерный критерий Нусельта для условий теплообмена.

Результаты расчетов мощности равномерно распределенных внутри рабочего объема биореактора дополнительных (сторонних) источников теплоты при изменении толщины кирпичной стенки  $\Delta$  и наружной температуры воздуха  $T_c$ , проведенные с учетом выражений (27)–(30), приведены на рисунке 2.

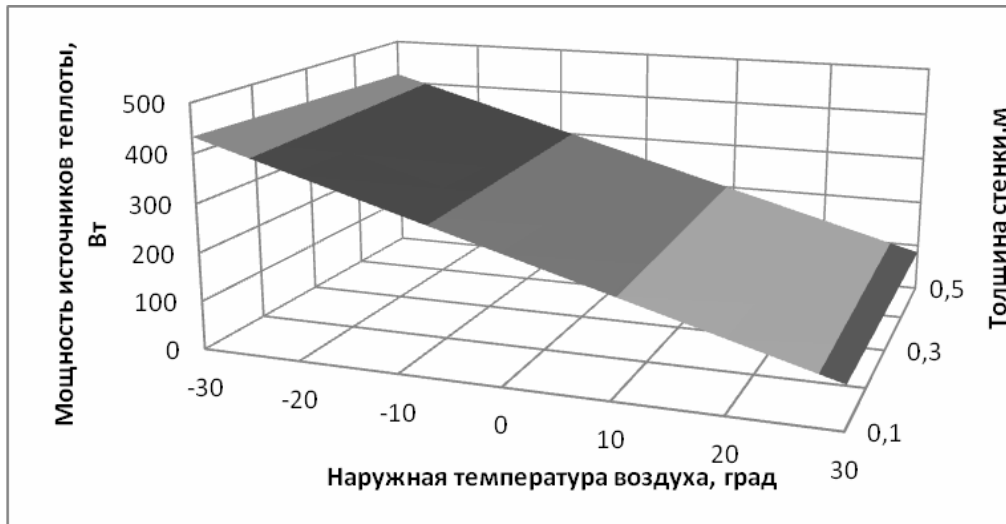


Рисунок 2 – Мощность дополнительных (сторонних) источников теплоты при изменении толщины кирпичной стенки  $\Delta$  и наружной температуры воздуха  $T_c$

Характер представленной на рисунке 1 поверхности указывает на то, что необходимая мощность практически не зависит от толщины стенки реактора  $\Delta$ , но существенно зависит от температуры наружной среды вне реактора  $T_c$ .

Далее при значениях параметров  $\lambda_1 = 0,6$  Вт/(м·К),  $\lambda_2 = 0,4$  Вт/(м·К),  $\lambda_c = 0,022$  Вт/(м·К),  $H = 5$  м,  $R_I = 5$  м,  $T_{кр} = 45$  °С,  $N_u = 2$ ,  $T_c = 0$  °С, и  $P = 30$  Вт по выражениям (17)–(18) были проведены расчеты температурных полей внутри реактора, которые показали что перепад температур между центром и внутренней стенкой реактора практически зависит от толщины стенки биореактора  $\Delta$  – разница температур составляет  $\Delta T = 0,796$  °С. Однако с увеличением толщины стенки биореактора  $\Delta$  абсолютная температура внутри него, хотя и несущественно, но повышается и составляет:  $T_I(0) = 44,27$  °С при  $\Delta = 0,1$ ;  $T_I(5) = 44,45$  °С при  $\Delta = 0,5$ . Расчетная поверхность распределения температурного поля внутри биореактора при изменении толщины кирпичной стенки  $\Delta$  приведена на рисунке 3.

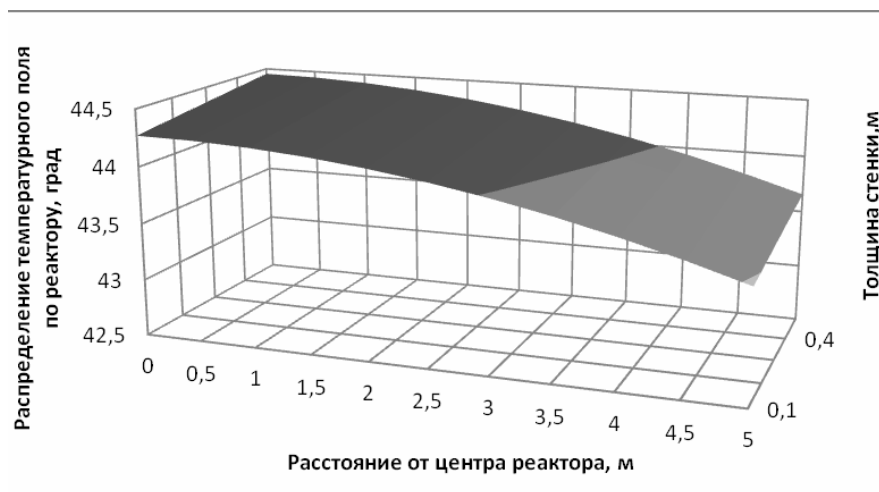


Рисунок 3 – Распределение температурного поля внутри биореактора при изменении толщины кирпичной стенки  $\Delta$

**Выводы.** Получены аналитические соотношения для расчета температурных полей внутри биореактора цилиндрической формы, а также расчетные формулы оценки мощности равномерно распределенных внутри рабочего объема дополнительных (сторонних) источников теплоты для подогрева массы в биореакторе.

В результате теоретических исследований установлено, что необходимая для обеспечения разницы температур  $\Delta T_I$  мощность дополнительных (сторонних) источников теплоты не зависит от радиуса рабочего объема биореактора  $R_I$  и определяется такими параметрами, как теплопроводность биомассы  $\lambda_I$  и высота биореактора  $H$ .

Необходимая мощность дополнительных (сторонних) источников теплоты практически не зависит от толщины стенки реактора  $\Delta$ , но существенно зависит от температуры наружной среды вне реактора  $T_c$ .

Перепад температур между центром и внутренней стенкой реактора практически зависит от толщины стенки биореактора  $\Delta$ , разница температур составляет  $\Delta T = 0,796$  °C. Однако с увеличением толщины стенки биореактора  $\Delta$  абсолютная температура внутри него, хотя и незначительно, но повышается и составляет:  $T_I(0) = 44,27$  °C при  $\Delta = 0,1$ ;  $T_I(5) = 44,45$  °C при  $\Delta = 0,5$ .

#### Список литературы

1. Шопинский, С. Н. Проблемы и перспективы использования ветроэлектрических установок в зонах со слабыми ветрами / С. Н. Шопинский, С. В. Вендин // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2016. – № 1(9) – С. 16–20.
2. Нуриева, А. А. Актуальность использования биогазовых установок для утилизации отходов сельского хозяйства / А. А. Нуриева, В. В. Касаткин // Энергосбережение, информационные технологии и устойчивое развитие

электронное научное издание: м-лы Междунар. науч.-практ. интернет-конф. – ИжГТУ им. М. Т. Калашникова», 2014. – С. 142–145.

3. Вохмин, В. С. Разработка технологической линии утилизации биомасс животного и растительного происхождения / В. С. Вохмин, А. С. Линкевич, В. В. Касаткин, Н. Ю. Литвинюк // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ. – 2011. – № 73. – С. 168–177.

4. Вендин, С. В. Автоматизация механических и тепловых процессов в многокамерном биогазовом реакторе непрерывной загрузки сырья / С. В. Вендин, А. Ю. Мамонтов // Вестник Московского ГАИУ им. В. П. Горячкина, 2016. – № 4 (74). – С. 55–60.

5. Вендин, С. В. Электрооборудование биогазового реактора / С. В. Вендин, А. Ю. Мамонтов // Сельский механизатор. – 2017. – № 5. – С. 26–27.

6. Вендин, С. В. Программа расчета геометрических и конструктивных параметров биогазового реактора / С. В. Вендин, А. Ю. Мамонтов, А. В. Каплин // Промышленная энергетика. – 2017. – № 3. – С. 51–55.

7. Вендин, С. В. Расчет мощности дополнительных источников теплоты для подогрева биомассы в биогазовом реакторе / С. В. Вендин, А. Ю. Мамонтов // Вестник Белгородского ГТУ им. В. Г. Шухова. – 2017. – № 7 – С. 97–99.

8. Вендин, С. В. К решению задач нестационарной теплопроводности в слоистых средах / С. В. Вендин, И. А. Щербинин // Вестник Белгородского ГАУ им. В. Г. Шухова. – 2016. – № 3. – С. 96–99.

9. Вендин, С. В. К расчету нестационарной теплопроводности в многослойных объектах при граничных условиях третьего рода / С. В. Вендин // ИФЖ. – № 8. – Т.65. – 1993. – С. 249–251.

10. Vendin, S. V. Calculation of nonstationary heat conduction in multilayer objects with boundary conditions of the third kind / S. V. Vendin // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – Т. 65. № 2, 1993. – С. 823.

УДК 691.12

**А. В. Вотинцев, О. Б. Поробова**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ОТХОДОВ ЛЬНОПРОИЗВОДСТВА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Использование костры в строительстве для изготовления теплоизоляционных материалов и как наполнитель с улучшенными теплотехническими показателями. Костробетон состоит из костры, вяжущего компонента (цемент или известь), песка, воды и ускорителя твердения. Применяется для строительства наружных и внутренних стен.



Костра – отходы растений (лен, конопля) после первичной обработки, которые используются в прядильной промышленности.

Состав костры: лигнин (21...29 %), целлюлоза (45...58 %), пентоза (23...26 %). Костра состоит из частиц размером 10...20 мм по длине и толщиной 0,1...1,5 мм [1].

Используется костра в строительстве для изготовления теплоизоляционных материалов и как наполнитель для материалов с улучшенными теплотехническими показателями [4, 6, 7, 8]. Есть данные, что при толщине стен 400 мм с использованием утеплителя из костры, для обогрева помещения площадью 100 м<sup>2</sup> необходимо в зимнее время года всего 3 кВт/ч электроэнергии. Наиболее широко костра применяется для строительства частных домов и коттеджей с деревянным каркасом. Также она используется для изготовления полов. Основу костры составляют лён или конопля, свойства которых практически одинаковые.

Костра может производиться в виде насыпной костры (в мешках), костроплиты или в виде блоков и кирпичей.

Преимущества костры как строительного материала. Костра – экологически чистый материал. Материалы с применением костры имеют относительно низкую стоимость. Костра – это природный антисептик. Материалы с применением костры обладают хорошими звукоизоляционными свойствами. Костра и костробетон имеют хорошие термические свойства. Костра не гниёт. При длительном использовании она не теряет своих первоначальных свойств. Костра обладает высокой биологической устойчивостью, она не поглощается грызунами и насекомыми. Имеет высокий показатель паропроницаемости и пористости, что позволяет стене «дышать». Также высокая паропроницаемость исключает образование и скопление конденсата в теле стены, т.к. образование конденсата в стеновых материалах приводит к резкому снижению теплотехнических показателей и разрушению материала при замерзании [10].

Костробетон – это легкий бетон с органическим заполнителем – костры. Костробетон состоит из костры, вяжущего компонента (цемент или известь), песка, воды и, по необходимости, ускорителя твердения. В составе волокон конопли или льна содержится большое количество кремнезема SiO<sub>2</sub> (диоксида кремния), который при взаимодействии с водой и вяжущим компонентом вследствие гидратации образует прочное соединение. Блоки или стены из комбинированного бетона на протяжении всего периода использования медленно набирают прочность и кроме того поглощают углекислый газ при наборе прочности, создавая комфортную атмосферу в помещении.

Примерная пропорция компонентов костробетона по массе следующая: 1:0, 44:3, 7:1,85, (Ц:К:П:В), где Ц – портландцемент М400 или М500, К – костра, П – песок, В – вода. Вначале необходимо перемешивать костру с песком, затем затворяют водоцементной смесью и перемешивают до получения однородного раствора.

Костробетон следует укладывать послойно (10...15 см), с уплотнением. Удельная плотность костробетона составляет 400...700 кг/м<sup>3</sup>. Такой бетон обладает хорошей тепло – и звукоизоляцией. Строительство с применением костры значительно снижает стоимость строительства жилых домов [3, 9].

На строительство дома среднего размера (площадью около 150 м<sup>2</sup>) необходимо 10...12 тонн костры.

Применяется для строительства наружных и внутренних стен. Технология строительства из костробетона нашла применение в таких странах, как Австралия, Германия, Великобритания, Франция, США и начала развиваться в Украине.

Известны различные способы получения плит из костры льна [2, 12].

1. Рассмотрим технологию, состоящую из следующих операций: первое – это очистка необработанной костры. На очищенную костру наносят клей с отвердителем и гидрофобные добавки. Далее она поступает в конденсационную камеру для удаления избыточной влаги и выравнивания влажности. В камере достигается частичное сгущение нанесенного клея и тем самым увеличение его действия.

Из конденсационной камеры костра поступает на установку для формирования из нее ковра. Ковер настилается на транспортерном листе. Сформированный пакет подвергается холодному предварительному прессованию в одноэтажном прессе. Он уплотняется до такой степени, что в гидравлический пресс горячего прессования подается без транспортерного листа.

Основным участком производства является гидравлический пресс для горячего прессования. Производство плит из костры заканчивается обрезкой в размер, шлифованием, контролем качества, сортировкой и складированием.

Для производства костроплит с использованием гидролизного лигнина установлен следующий состав компонентов:

- льняная костра – 53–64 %;
- гидролизный лигнин – 18–20 %;
- карбамидоформальдегидная смола – 7–9 %;
- хлористый аммоний – 0,06–0,08 %;
- вода – остальное.

Гидролизный лигнин – сложная смесь веществ гидролитического распада древесных остатков, включающая собственно лигнин, часть трудногидролизуемых полисахаридов, редуцирующие вещества (моносахариды, фурфурол), смолы, зольные элементы, остатки серной и органической кислот, влагу (до 70 %).

2. Ещё один способ изготовления плит из костры включает: первичную переработку костры до получения фракции 0,5–3 мм с последующим смешиванием части ее с водой до влажности 84 – 95 % и мокрым помолом до получения суспензии, характеризующейся остатком на сите 0,01–0,1 % и смешивание 36–58 мас. % (по сухому веществу) полученной суспензии с 0,1–60 мас. % костры после первичной переработки и 0,1–35 мас. % исходной костры. Формование смеси осуществляют с уплотнением при давлении 0,05–3 МПа. Полученные плиты характеризуются плотностью 170–400 кг/м<sup>3</sup> и пределом прочности 0,2–1,0 МПа.

3. Существует способ получения декоративно-отделочных плит из костры, включающий смешение костры со связующим фенол-формальдегидными смолами прессование и сушку.

Недостатками способа являются выделение экологически вредных веществ с помощью плит, высокое энергопотребление и давление прессования, высокая плотность продукта, что влияет на теплоизоляционные свойства, использование дорогостоящих химических компонентов при изготовлении плит.

4. Блоки и кирпичи также получают путем заливки в формы костробетона или путем прессования. Блоки и кирпичи из костры имеют коэффициент теплопроводности – 0,18 Вт/(м×К). Теплоизоляционные характеристики этих блоков и кирпичей высокие, например, стена из блоков костры толщиной 150 мм эквивалентна по теплоизоляции кирпичной стене толщиной в два кирпича (толщиной 510 мм). Однако блоки и кирпичи из костры обладают невысокими прочностными характеристиками, например, предел прочности на сжатие 1,2 МПа. Поэтому ограничение для использования блоков и кирпичей из костры – это их несущая способность. Конечно, можно увеличить прочность на сжатие за счет прессования и добавления песка с вяжущим компонентом, но это значительно снизит их теплотехнические показатели [5].

Так как такая прочность не пригодна для возведения несущих стен, блоки и кирпичи используют для закладывания стеновых проемов (деревянные стойки воспринимают нагрузку). Несущие стены из блоков и кирпичей из костры можно возводить не выше 3 этажей (высотой до 9...10 м).

Недостатком блоков и кирпичей из костры является их высокая стоимость по сравнению с обычными. Например, в Европе кир-

пич из костры размером 30×14,5×10,5 см стоит примерно 1 €, при стоимости обычного кирпича (24×11,5×6 см) – 0,10...0,40 €. Но при расчете экономического эффекта от применения костры данные затраты относительно быстро окупаются за счет снижения затрат на отопление и кондиционирование дома [11].

При производстве костроблоков требуется смеситель (в котором будут смешиваться компоненты) и вибропресс.

Основным участком является вибропрессование. Так как благодаря ему можно получить ровные и качественные блоки.

Вибропресс для блоков – универсальный и практичный станок, который позволяет наладить высокоэффективное производство готовых бетонных изделий в кратчайшие сроки. Благодаря специальной формообразующей оснастке повышенной прочности, готовые изделия отличаются идеально выверенной геометрией, что облегчает их использование в процессе строительства.

Вибропресс «Вибромастер-Пресс-1500» уникален еще и тем, что оператор пресса может задавать любую требуемую высоту блока.

После окончания цикла вибропрессования изделия высвобождаются из формы при помощи гидропривода. Поддон с готовой продукцией по направляющим роликам выкатывается из-под формы и его место занимает новый поддон.

В стандартном исполнении вибропресс комплектуется формой (матрицей) для выпуска пустотелых (четыре пустоты продолговатого сечения) строительных блоков размером 390×190×190 мм (согласно ГОСТ 6133-99) – четыре штуки за один цикл вибропрессования. Это наиболее распространенный и покупаемый размер блока.

### Список литературы

1. Бадретдинова, И. В. Направления эффективного использования льняной костры / И. В. Бадретдинова, А. Б. Спиридонов // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2016. – С. 3–5.
2. Главатских, Н. Г. Эффективные методы переработки отходов пищевых и перерабатывающих производств / Н. Г. Главатских, К. В. Анисимова // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2016. – С. 144–146.
3. Главатских, Н. Г. Питание человека в настоящем и будущем / Н. Г. Главатских, А. Б. Спиридонов, О. Б. Поробова, И. Ш. Шумилова, К. В. Анисимова // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевск: Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 160–168.

4. Касаткин, В. В. Как сохранить урожай круглый год / В. В. Касаткин, И. Г. Поспелова, К. В. Анисимова // Картофель и овощи. – 2007. – № 8. – С. 16.

5. Литвинюк, Н. Ю. Авангардное направление развития науки и техники XXI века / Н. Ю. Литвинюк, К. В. Кожевникова // Научное обеспечение реализации национальных проектов в сельском хозяйстве: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. – 2006. – С. 190–194.

6. Литвинюк, Н. Ю. Мембранные процессы / Н. Ю. Литвинюк, К. В. Кожевникова // Научное обеспечение реализации национальных проектов в сельском хозяйстве: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. – 2006. – С. 194–202.

7. Поробова, О. Б. Применение информационных технологий при подготовке инженеров сельскохозяйственного производства / О. Б. Поробова, В. В. Касаткин // Научное обеспечение реализации национальных проектов в сельском хозяйстве: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. – 2006. – С. 443–449.

8. Поробова, О. Б. Роль общественных организаций в решении социальных вопросов / О. Б. Поробова, И. В. Воробьёва, Н. Н. Бармина // Научный потенциал – аграрному производству: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф., посвящ. 450-летию вхождения Удмуртии в состав России. – Ижевск: Ижевская ГСХА. – 2008. – С. 252–255.

9. Спиридонов, А. Б. Автоматизация производственных процессов, зданий и сооружений пищевых и перерабатывающих производств / А. Б. Спиридонов, Р. А. Худяков, И. В. Бадретдинова // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2018. – С. 228–231.

10. Спиридонов, А. Б. Повышение энергоэффективности промышленных зданий и сооружений путём внедрения автоматизированных систем / А. Б. Спиридонов, К. В. Анисимова, Н. Г. Главатских, О. Б. Поробова, Т. А. Шумилова // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевск: Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 270–275.

11. Спиридонов, А. Б. Современные методы и средства безопасного хранения и производства в пищевой отрасли / А. Б. Спиридонов, И. Ш. Шумилова, К. В. Анисимова, Н. Г. Главатских // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевск: Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 183–187.

12. Шумилова, И. Ш. Инновационные приемы в индустрии питания / И. Ш. Шумилова, А. Б. Спиридонов, К. В. Анисимова, Н. Г. Главатских, О. Б. Поробова // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевск: Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 205–210.



**Н. Г. Главатских**

*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ**

Здоровье населения во многом зависит от питания и грамотной политики государства в плане обеспечения продуктами питания в достаточном количестве, в соответствующем качестве и с максимальной безопасностью. Однако каждый человек трактует понятие «здоровое питание» на свой лад. Информирование населения по данному вопросу создает правильный вектор развития.

**Актуальность.** Поиск и потребление пищи остается основной силой, способной сдвинуть человека с места даже в современном мире, мире технического, технологического и информационного прогресса. К сожалению, расстройство питания в последние десятилетия имеет тенденцию постоянного роста. Алиментарные заболевания не относятся к разряду социально значимых, при этом они входят в число наиболее распространенных. Функциональные продукты питания помогают решить проблему недостатка отдельных компонентов в ежедневном питании человека без лишних затрат, ограничений и изменений сложившихся устоев.

**Объект исследования.** Продукты питания.

**Цель исследований:** произвести анализ состояния вопроса питания населения Удмуртской Республики и обосновать перспективность применения функциональных продуктов питания.

**Задачи исследования:** 1) определить причины возникновения расстройств питания; 2) изучить ситуацию по данному вопросу в Удмуртской Республике; 3) изучить рынок используемых функциональных продуктов питания Удмуртии.

По данным ВОЗ (Всемирной организации здравоохранения), недостаточность питания остается во главе списка проблем мирового здравоохранения. Не только просто недостаток пищи, но и неправильное соотношение пищевых составляющих приводит к ухудшению здоровья человечества. Белково-энергетическая недостаточность, в том числе кваршиоркор и алиментарный маразм, авитаминозы, тяжелые степени недостаточности железа и йода и другие пищевые расстройства повышают восприимчивость к инфекциям, являются причинами развития сопутствующих заболеваний и отягощают их течение. «Международная классификация болезней и проблем, связанных со здоровьем», среди болезней и отклонений отдельно выделяет алиментарно-зависимые состояния, такие, как первич-



ные расстройства питания (болезни недостаточного или избыточного питания); вторичные расстройства питания (заболевания эндогенного характера, ведущие к нарушению переваривания, всасывания, усвоения и метаболизма вещества); болезни с алиментарным фактором риска (неинфекционные заболевания массового характера); болезни, обусловленные пищевой непереносимостью, и болезни с алиментарным фактором передачи [2].

В основе питания человека развитых стран лежит выбор, слишком разнообразный и не всегда правильный. В выборе пищи нас ориентируют вкусовые предпочтения. Именно они и формируют у человека пищевые зависимости, приводящие к противоположным явлениям: регулярному перееданию, ожирению или анорексии, булимии.

Результаты и обсуждения. По статистическим данным, в Удмуртии за последние два года наблюдается рост численности заболевших сахарным диабетом II типа (вторичные расстройства питания), абсолютное число заболевших, которым диагноз поставили впервые в 2017 г., – 3766, в 2018 г. – 3945) [2]. При этом наблюдается снижение числа людей, перешедших в группу лиц, страдающих ожирением (первичные расстройства питания) с 7596 (2017 г.) до 6322 (2018 г.).

Данные статистики также свидетельствуют об изменениях в питании населения. По сравнению с 2017 годом в 2018 году выросло потребление мяса и мясных продуктов, молока и молочных продуктов, яиц, ягод и фруктов, сахара и кондитерских изделий, при этом уменьшилось потребление хлеба и хлебных продуктов, картофеля, а потребление овощей и бахчевых, рыбы и рыбных продуктов, масла растительного и жиров практически не изменилось [4]. Эти данные могли бы порадовать, если бы не одно «но». Снижение поступления углеводов в целом не наблюдается. Происходит перераспределение потребления простых (сахар и кондитерские изделия) и сложных углеводов (хлеб, хлебобулочные изделия, картофель) в пользу первых, что может спровоцировать новый рост заболеваний сахарным диабетом, ожирением и сопутствующих им болезней.

Несмотря на приобщение жителей Удмуртии к потреблению продуктов, причисляемых к здоровым, соотношение их потребления остается не правильным, особенно ввиду нарастания численности страдающих алиментарными заболеваниями.

Пищевая ценность потребленных продуктов питания в среднем на члена домашнего хозяйства в сутки составила: белки – 72 г, жиры – 100 г, углеводы – 329 г. Что не соответствует норме, согласно которой соотношение Б:Ж:У должно быть равно, в среднем, 1:1,2:4 (по данным статистики 1:1,4:4,6).

Энергетическая ценность суточного рациона питания в среднем на члена домашнего хозяйства составила 2516 килокалорий (ккал/сутки), это на 35 килокалорий больше, чем в 2017 году. Это также является тревожным, так как в среднем нам необходимо потреблять 1 ккал на 1 кг массы тела в сутки (величина основного обмена), а с учетом физической нагрузки 2300–2500 ккал/сут. Современные технические средства снижают уровень энергозатрат, поэтому современный городской житель, а иногда и сельский, должен изменить подход к потреблению ккал: есть меньше, а двигаться больше.

При этом стоимость минимального набора продуктов питания, входящих в потребительскую корзину в УР, в декабре 2018 года составила 3518 руб. [4]. В эту корзину входят продукты массового производства и обычного состава: чаще продукты быстрого приготовления (быстрорастворяющиеся каши), полуфабрикаты (пельмени), фаст-фуд и снеки. Хорошей тенденцией является увеличение потребления плодов и овощей, но они зачастую имеют сниженный процент содержания микронутриентов. Также из-за необходимости применения сложных логистических маршрутов они обрабатываются пищевыми добавками для сохранения товарных характеристик.

Питание человека в современных реалиях, в том числе и жителей Удмуртии, состоит из продуктов, массово выпускаемых предприятиями пищевых производств, и блюд, производимых предприятиями общественного питания. Однако ввиду изменения образа жизни, уменьшения суточных энергозатрат, перехода на рафинированные продукты и применение интенсивных методик в сельском хозяйстве, человек не получает необходимые пищевые и минорные компоненты в достаточном количестве.

Решение этой проблемы кроется в обогащении традиционных источников питания функциональными (обогащающими) ингредиентами. Функциональные чайные напитки, соковые продукты и даже каши модифицированным составом реализуются в аптеках и специализированных магазинах Удмуртии, но массового применения пока не имеют [6, 7].

Производство обогащенных (модифицированных) продуктов (натуральные продукты модифицированного состава) решает обозначенные проблемы питания. Обогащенные продукты питания можно разделить на специализированные, функциональные и лечебно-профилактические. Источником обогащения (носителем) должны быть именно продукты массового питания, так как специальные продукты и продукты детского питания имеют ограничения по числу потребителей. С профилактической целью модифицирован-

ные продукты в настоящий момент применяются редко, чаще, когда возникает уже крайняя необходимость, то есть возникает или прогрессирует заболевание. К тому же по органолептическим характеристикам функциональные продукты не всегда могут конкурировать с традиционными.

Информирование населения и производство пищевой продукции в рамках государственной политики в области здорового питания и полная информация на этикетках могут изменить ситуацию в лучшую сторону.

Анализ ассортимента функциональных напитков, производимых в России и Удмуртии, показал недостаточность развития данного направления и ограниченность применения обогатителей [1, 3, 4, 5]. Согласно Федеральному закону «О качестве и безопасности пищевых продуктов», деятельность по изготовлению и обороту пищевых продуктов, организационных, агрохимических, ветеринарных, технологических, инженерно-технических, санитарно-противоэпидемических и фитосанитарных мероприятий производителями необходимо осуществлять по требованиям нормативных документов к пищевым продуктам, условиям их изготовления, хранения, перевозок и реализации. Для ввода в производство нового продукта и/или обогащения его нетрадиционным компонентом необходимо провести длительную (не менее 3 лет) и дорогостоящую процедуру определения показателей качества и безопасности. Поэтому производство не заинтересовано в таких изменениях. Однако применение функциональных кисломолочных напитков (биокефиры, сывороточные напитки) помогает сбалансировать питание различных групп населения, например, детей, спортсменов. Йодированный хлеб по своим органолептическим характеристикам не отличим от обычного, но помогает при недостатке йода, особо ощутимого в нашей республике. Все это говорит о том, что необходимо заинтересовать или убедить производителей пищевой продукции в изготовлении пищи, правильной не только с точки зрения пищевой ценности, но и биологически активной, обогащенной [8].

Выводы. Приоритетное развитие данного направления пищевого производства состоит во внедрении принципов здорового питания в массовое питание населения и других группах с учетом их индивидуальных особенностей. Функциональные (модифицированные натуральные) продукты, уже нашедшие широкое применение во многих странах мира, в нашей стране пока не нашли повсеместного потребления. Но активное информирование населения России и Удмуртии о пользе таких продуктов, а также привлечение производственных мощностей позволит расширить ассортимент и повы-

ситель контроль качества выпускаемой продукции данной направленности и, как следствие, приведет к укреплению здоровья нации.

### Список литературы

1. Главатских, Н. Г. Питание человека в настоящем и будущем / Н. Г. Главатских, А. Б. Спиридонов, О. Б. Поробова, И. Ш. Шумилова, К. В. Анисимова // *Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т.* – Ижевск: Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 160–168.
2. Заболеваемость всего населения России в 2018 году с диагнозом, установленным впервые в жизни. Статистические материалы. – М., 2019. – ФГБУ ЦНИИОИЗ Минздрава РФ. – 140 с.
3. Калмыкова, Е. Н. Анализ рынка молочной продукции / Е. Н. Калмыкова, О. Б. Поробова // *Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т.* – Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 229–232.
4. Основные показатели здоровья населения и эффективности использования ресурсов в системе здравоохранения Удмуртской Республики за 2018 г. (по предварительным статистическим данным) Минздрав УР / Отв. за выпуск: Е. В. Сычева, О. А. Рузан. – Ижевск: БУЗ УР РМИАЦ МЗ УР. – 2019.
5. Поробова, О. Б. Изучение ассортимента продукции ОАО МИЛКОМ с целью выявления путей повышения рентабельности производства / О. Б. Поробова, Э. М. Михайлова // *Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т.* – ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2018. – С. 218–220.
6. Спиридонов, А. Б. Современные методы и средства безопасного хранения и производства в пищевой отрасли / А. Б. Спиридонов, И. Ш. Шумилова, К. В. Анисимова, Н. Г. Главатских // *Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т.* – Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 183–187.
7. Шумилова, И. Ш. Синергия двух систем менеджмента – оптимизированное управление качеством и безопасность пищевой продукции / И. Ш. Шумилова, Н. Г. Главатских // *Актуальные вопросы развития производства пищевых продуктов: технологии, качество, экология, оборудование, менеджмент и маркетинг: м-лы II Всеросс. науч.-практ. конф.* – Приморская ГСХА. – 2018. – С. 253–257.
8. Шумилова, И. Ш. Инновационные приемы в индустрии питания // И. Ш. Шумилова, А. Б. Спиридонов, К. В. Анисимова, Н. Г. Главатских, О. Б. Поробова // *Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т.* – Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 205–210.

**Н. Г. Главатских, Е. А. Ошуркова**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **МОЛОКО ИЗ КЕШЬЮ**

Исследуется состав и полезные свойства продукта переработки орехов кешью, условно названного «молоко из кешью». Рассмотрена технология приготовления и внесены предложения по его промышленному применению.

**Актуальность.** Мир охватывает тенденция здорового образа жизни и, следовательно, правильного питания. Все больше людей начинают придерживаться особых диет, исключая из употребления в пищу молока и продуктов, приготовленных на его основе. В повседневном рационе человека отдельное место занимают продукты с модифицированным составом, такие, как растительное молоко [2, 4].

Растительное молоко – богатый витаминами, макро – и микроэлементами продукт, подходящий для употребления в пищу людям любого возраста.

**Объект исследования:** растительное молоко из орехов кешью.

**Целью исследования** является изучение химического состава молока из кешью и технология его приготовления.

**Задачи исследования:** 1. Изучить полезные свойства кешью. 2. Провести сравнительный анализ химического состава молока из кешью с молоком коровьим. 3. Предложить технологию приготовления молока из кешью.

Здоровое питание определяет развитие пищевой промышленности на ближайшие годы в направлении модификации традиционных (натуральных) продуктов, с целью их обогащения или устранения факторов, ухудшающих здоровье. Особенно остро встает вопрос полноценности и адекватности этих изменений. Молоко и молочные продукты на протяжении многих столетий являлись основными и, пожалуй, самыми доступными продуктами питания для всех слоев населения. Однако в современной экономической ситуации и экологической обстановке возникает необходимость в молоке с альтернативным составом, но аналогичными свойствами [3].

Традиционно молоком считают биологическую жидкость животных, богатую питательными веществами и энергетически ценную. Однако для многих людей этот продукт становится не приемлемым в связи с генетическими изменениями (непереносимость лак-

тоза, галактоземия), с особенностями пищевого поведения (психологическая непереносимость молока и продуктов его переработки) или приверженностью строгого вегетарианства. Для восполнения недостающих компонентов и разнообразия пищевого рациона таких людей предлагаются растительные заменители молока – кокосовое, соевое, овсяное, гречневое, ореховое молоко. Среди всего разнообразия вариантов растительного молока, технологии производства которых уже разработаны и активно применяются в странах ЕАЭС [4], особо можно выделить молоко, полученное из орехов кешью, отличающееся гипоаллергенностью.

**Результаты и обсуждения.** Кешью содержит много питательных веществ, в том числе ненасыщенных жиров, белков, витаминов и минералов, которыми нас обрадует и молоко из этих орехов.

Содержание полезных веществ в молоке из кешью представлено ниже.

Таблица 1 – Химический состав молока из кешью и молока коровьего (в 100 г продукта)

Показатель	Молоко из кешью*	Молоко коровье
Калорийность, ккал	64	62
Углеводы, г	3,6	4,7 (лактоза)
Белок, г	2	3,3
Жиры, г	5,6	4,5
Клетчатка, г	1	0
Магний, мг	32	14
Железо, мг	0,7	0,067
Калий, мг	73	120
Кальций, мг	4	146
Фосфор, мг	65	90

\* – количественный состав компонентов приведен из пропорционального

Растительное молоко не содержит лактозы, а значит, подходит для людей с лактазной недостаточностью.

По содержанию белка молоко из кешью уступает коровьему во всех отношениях и по количеству, и по полноценности (содержание незаменимых аминокислот далеко от «Идеального белка»).

В то же время, содержащиеся в кешью полиненасыщенные жирные кислоты и клетчатка очень важны в питании современного человека.

Из представленных данных видно, что продукт богат магнием – минералом, жизненно важным для многих процессов организма, включая нервную функцию, здоровье сердца и регуляцию арте-



риального давления. Присутствующее железо помогает при железодефицитной анемии. Молоко из кешью содержит фосфора, кальция и калия меньше, чем коровье, но при сбалансированном питании этот недостаток можно компенсировать.

**Технология молока из кешью.** Данная технология пока не отработана и имеет определенные несовершенства, но уже вполне может быть использована для приготовления продукции не длительного хранения [8, 9]. Представлены основные и вспомогательные ингредиенты молока из кешью.

Таблица 2 – **Ингредиентный состав молока из кешью**

<b>Ингредиенты</b>	
Основные	Орехи кешью(термически не обработанные) – 250 г Вода фильтрованная – 700 мл – 1000 мл
Вспомогательные	Мед, Ваниль, Соль.

Технологические этапы:

- Сортировка: органолептический контроль качества сырья.
- Замачивание: сырые орехи залить фильтрованной холодной водой и оставить на 8 часов.
- Подготовка к измельчению: слить воду и ополоснуть орехи под проточной водой. Переложить орехи в чашу блендера, залить фильтрованной водой (количество воды зависит от желаемой густоты напитка).
- Измельчение: вначале измельчать орехи кешью с водой на небольшой скорости, постепенно увеличьте скорость блендера до максимума, и прокрутите в течение одной-двух минут.
- В зависимости от желаемого конечного результата (молоко сладкое, соленое или ароматизированное), добавить в чашу блендера ложку меда, соль или ваниль по вашему вкусу.
- Фильтрация: процедить полученное молочко в подготовленную посуду через сетчатый металлический, лавсановый или марлевый фильтр.

**Упаковка и хранение.** Перелить молоко из кешью в стеклянную банку или контейнер. Храните в холодильнике при температуре  $4 \pm 2$  °С не более трех-четырёх суток. Перед использованием тщательно перемешать, так как в процессе хранения происходит расслоение плотной и водной частей молока.

**Рекомендации по использованию:** молоко из кешью может добавляться в качестве аналога молока сельскохозяйственных животных, например, в выпечку, горячие напитки или как самостоятельный продукт.

Для промышленного применения данной технологии необходимы дальнейшие исследования, и особенно со стороны обоснования выбора и подбора методик определения показателей качества и безопасности продукции: сохранения однородности консистенции, продления сроков хранения, возможного обогащения компонентами, приближающими состав молока из кешью к составу молока животных [6, 7].

Также необходимо продолжить исследования по приданию однородной консистенции. Для этого можно рассмотреть такие стабилизаторы, как желатин, агар-агар и пектины (яблочный и свекловичный), их концентрацию в продукте и возможность изменения качественных характеристик молока из кешью [5].

**Выводы.** Молоко из кешью – ценный и питательный продукт, не содержащий лактозу, в состав которого входят полезные для сердца ненасыщенные жиры, белки и несколько витаминов и минералов. Употребление этого напитка может также улучшить здоровье кожи, показатели сахара в крови, укрепить здоровье глаз и многое другое. Предложена технология приготовления продукта и даны рекомендации по промышленному внедрению. Определены задачи для дальнейшего изучения вопроса.

#### Список литературы

1. Главатских, Н. Г. Питание человека в настоящем и будущем / Н. Г. Главатских, А. Б. Спиридонов, О. Б. Поробова, И. Ш. Шумилова, К. В. Анисимова // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевск: Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 160–168.
2. Егорова, Е. Ю. Немолочное молоко: обзор сырья и технологий / Е. Ю. Егорова // Ползуновский вестник. – 2018. – № 3. – С. 25–34.
3. Касаткин, В. В. Теория адекватного питания / В. В. Касаткин, Н. Ю. Литвинюк, И. Г. Поспелова, К. В. Кожевникова // Вестник Ижевской ГСХА. – 2005. – № 3. – С. 17–19.
4. Морковкин, Д. Е. Современные тенденции и перспективы развития производства растительного молока в странах ЕАЭС / Д. Е. Морковкин, А. В. Власов // Ученые записки Российской академии предпринимательства. – 2019. – Т. 18. – № 2. – С. 128–138.
5. Шумилова, И. Ш. Инновационные приемы в индустрии питания / И. Ш. Шумилова, А. Б. Спиридонов, К. В. Анисимова, Н. Г. Главатских, О. Б. Поробова // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 205–210.
6. Калмыкова, Е. Н. Анализ рынка молочной продукции / Е. Н. Калмыкова, О. Б. Поробова // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 229–232.

7. Поробова, О. Б. Изучение ассортимента продукции ОАО МИЛКОМ с целью выявления путей повышения рентабельности производства / О. Б. Поробова, Э. М. Михайлова // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2018. – С. 218–220.

8. Food is medicine – Текст: электронный [сайт]. – 2019 – URL: <https://foodismedicine.ru/moloko-iz-keshju-poleznye-svoystva-recept-prigotovlenija> (дата обращения 12.11.2019)..

9. Ijuls.com – Текст: электронный [сайт]. – 2019 – URL: <https://ijuls.com/recipes/kak-prigotovit-moloko-iz-keshyu/> (дата обращения 12.11.2019).

УДК 664

**А. Д. Голованов, А. Б. Спиридонов, А. Ф. Ипатова**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ В ПИЩЕВОЙ ИНДУСТРИИ**

Рассмотрена история изобретения твердого шоколада, его классификация и технология производства, а также предоставлена информация о печати шоколадом на 3D принтерах.

Шоколад известен с давних времен. Сегодня – это одно из самых популярных лакомств. Шоколад помогает приобрести хорошее настроение. На полках магазинов можно встретить множество разновидностей шоколада: темный, молочный, белый, кремовый, кокосовый, с орешками, изюмом, карамелью [1].

Шоколад - кондитерское изделие на основе масла какао, являющееся продуктом переработки какао-бобов -семян шоколадного дерева, богатых теоброминном и кофеином [2].

**История изобретения твердого шоколада.** Длительное время люди пили шоколад. Революционный толчок продукту дал в XIX веке известный швейцарский шоколатье по имени Франсуа-Луи Кайе. Он внедрил идею получения из жидкого шоколада более густой массы, консистенция которой напоминала сливочное масло.

С тех пор появился твердый вариант этого продукта, после чего на прилавках обычные граждане увидели батончики и рулетики, твердость которых была сопоставимой с продающимся в магазинах сегодня сливочным маслом. Этот факт дает право утверждать, что история происхождения имеет швейцарские корни.

История шоколада была продолжена Конрадом ван Хаутеном. Именно он заметил, что какао-масло плавится при температуре 30 °С. Он повторно решил смешать ингредиенты, полученные из какао-бобов. При соединении тертого какао и какао-масла он заметил, что получилась плотная консистенция, из которой легко удалось создать цельную плитку [3].

**Классификация шоколада.** Согласно нормативной документации, по органолептическим показателям выделяют 11 видов шоколада. Самое большое распространение получили следующие 6 видов шоколада:

– Обычный шоколад – содержит не меньше 35 % общего сухого остатка какао – продуктов.

– Молочный шоколад – содержит не менее 25 % общего сухого остатка какао – продуктов.

– Горький шоколад – содержит не менее 55 % общего сухого остатка какао – продуктов.

– Темный шоколад: кондитерское изделие, в составе которого не менее 40 % общего сухого остатка какао-продуктов.

– Белый шоколад: кондитерское изделие, в состав которого входит не менее 20 % масла какао.

– Шоколад с различными добавками (с орехами, изюмом, цукатами, печеньем и т.д.) [4].

На рисунке 1 представлена схема технологического процесса изготовления шоколада [5].

Современный способ придания формы шоколаду, печать шоколада на 3D принтерах. В течение последних нескольких лет такие компании, как Hershey, Nestle, Mars Inc. и другие экспериментировали с печать шоколада на 3D принтерах. Как следствие на рынке стали появляться съедобные шоколадные творения искусства.

Главное достоинство – это возможность печати сладостей любых форм. Другими словами, производство может адаптироваться под нужды и предпочтения заказчика и изготовить персональную форму по его предпочтениям. Трехмерная печать позволяет воплотить в реальность практически любую идею. Как это работает.

Большинство шоколадных 3D-принтеров работают с файлами САПР (Система автоматизированного проектирования), как и прочие аналоги для трехмерной печати. Вместо нити в шоколадных 3D-принтерах используется шприц, наполненный шоколадом. Головка экструдера перемещается и укладывает расплавленный шоколад желаемой формы слоями. Шоколад со временем остывает и становится твердым. Система загрузки шприцев безопасна для пищевых продуктов, обеспечивая сохранность сладкого сырья.

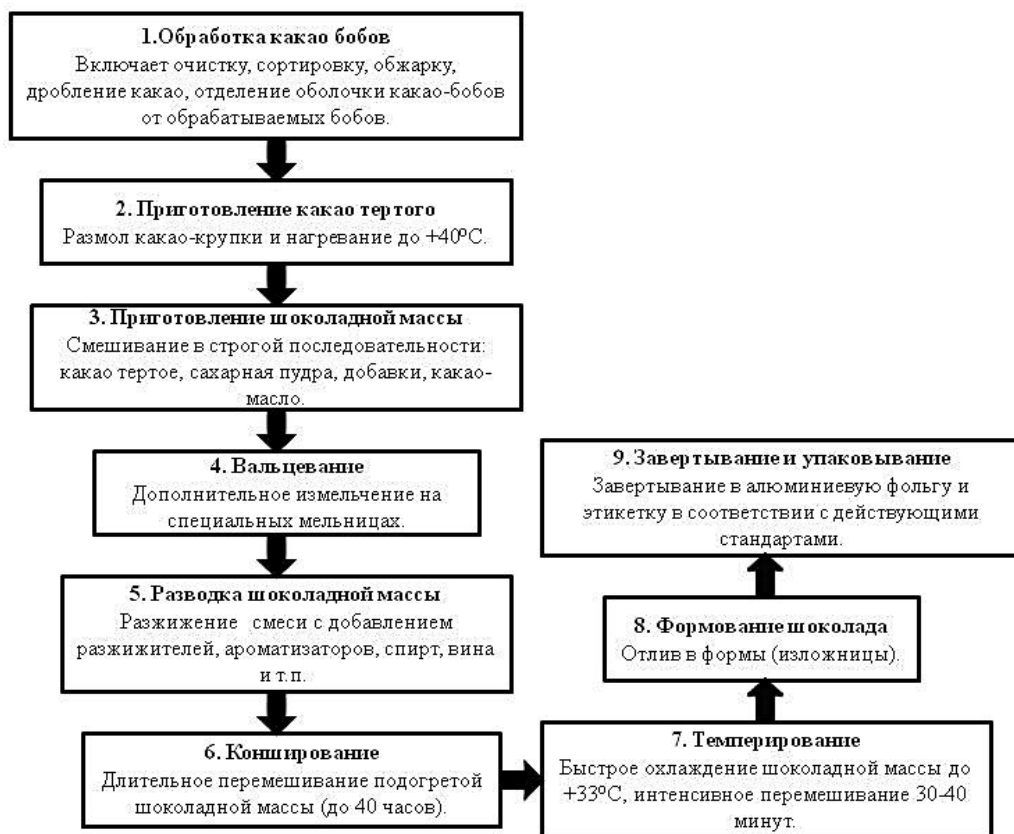


Рисунок 1 – Технология изготовления шоколада

**Аспекты процесса печати, требующие внимания.** Полимером печатать намного легче, чем шоколадом. Сладкая масса имеет совершенно иные свойства плавления и охлаждения, поэтому растопленный шоколад не может затвердеть так быстро, как пластик.

Разный тип шоколада (молочный, черный, белый и т. д.) имеет разную вязкость, что необходимо учитывать. Рекомендуется использовать высококачественный и темперированный шоколад для лучших результатов.

В некоторых случаях добавляется значительное количество пектина, чтобы упростить 3D-печать. Поскольку шоколад нельзя свернуть в твердую нить из-за слишком мягкой текстуры, расплавленный шоколад хранится в картридже и прессуется с помощью шприца.

Основной проблемой шоколадных 3D-принтеров является соблюдение температурного режима. Процесс печати может занять много времени, что связано с температурными осложнениями. Шоколад должен быть достаточно нагрет, чтобы таять, и в то же время он должен быть достаточно холодным и сухим, чтобы сохранить свою форму [6].

Из сказанного выше следует, что на данный момент существует множество разновидностей шоколада, способных удовлетворить

спрос даже самого придирчивого потребителя. Также независимо от традиционного способа формования шоколада существует метод 3D печати, который быстро популяризуется и набирает обороты, в дальнейшем он продолжит свое развитие и преимущественно будет использоваться в коммерческой сфере в таких предприятиях, как кондитерские, кафе и т. п.

### Список литературы

1. 3D-печать шоколадом: преимущества и подводные камни [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://make-3d.ru/news/3d-pechat-shokoladom-preimushhestva-i-podvodnye-kamni/>
2. Все самое интересное о шоколаде [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vseoshokolade.ru/o-shokolade/vse-o-shokolade.html>
3. Где и когда появился шоколад [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://shokoladd.ru/fakty/gde-i-kogda-poyavilsya>
4. Главатских, Н. Г. Безопасность продукции общественного питания -результат взаимосвязи между производством и контролем / Н. Г. Главатских, И. Ш. Шумилова // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – ФГБОУ ВО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. 2018. С. 231–218.
5. Главатских, Н. Г. Обоснованность применения пищевых добавок в молочном производстве / Н. Г. Главатских // Научное обеспечение развития АПК в современных условиях: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Ижевская ГСХА. – 2011. – С. 8–12.
6. ГОСТ 31721-2012 Шоколад. Общие технические условия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-31721-2012>
7. Инновационные приемы в индустрии питания / И. Ш. Шумилова, А. Б. Спиридонов, К. В. Анисимова, Н. Г. Главатских, О. Б. Поробова // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 205–210.
8. Питание человека в настоящем и будущем / Н. Г. Главатских, А. Б. Спиридонов, О. Б. Поробова, И. Ш. Шумилова, К. В. Анисимова // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практической конф. в 3 т. – Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 160–168.
9. Современные методы и средства безопасного хранения и производства в пищевой отрасли / А. Б. Спиридонов, И. Ш. Шумилова, К. В. Анисимова, Н. Г. Главатских // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 183–187.
10. Шоколад – Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B0%D0%B4>



11. Шоколадные технологии. (Секреты производства шоколада) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://abrikosov-sons.ru/shokoladnye\\_tehnologii.\\_sekrety\\_pr](http://abrikosov-sons.ru/shokoladnye_tehnologii._sekrety_pr)

УДК 633.521:631.811.98

**О. А. Жарких**

*ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева*

## **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АГРОТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНОПЛИ (CANNABIS SATIVA L.) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВЫХ БИОРЕГУЛЯТОРОВ**

Представлены результаты оценки эффективности применения новых биорегуляторов на качество пенькопродукции при условии выращивания технической конопли в полевом опыте. Установлено, что применение современных биопрепаратов на посевах агроконопли увеличило урожайность и качество получаемой коноплепродукции.

Новое отношение к конопле посевной в России ясно вытекает из названия постановления Правительства РФ от 20 июля 2007 г. № 460 «О запрете культивирования конкретных сортов конопли на территории Российской Федерации». В редакции от 30.10. 2010 г. (постановления Правительства № 881) оно стало называться «Об установлении сортов наркосодержащих растений, разрешённых для культивирования в промышленных целях, требований к таким сортам и к условиям их культивирования».

Согласно этому документу сельхозпредприятиям законодательно разрешено выращивать коноплю, в сухой массе листьев и соцветий верхних частей растений которой содержится не более 0,1 % ТГК. При этом запрещено использовать для посева в промышленных целях семена четвертой и последующих репродукций.

Более года назад в России была создана Агропромышленная ассоциация коноплеводов (АПАК), которая стала активно взаимодействовать с властями, чтобы окончательно легализовать производство и переработку конопли.

В настоящий момент коноплей занимаются уже в 25 регионах нашей страны: Южный округ, Сибирский округ, Центральный округ и Поволжье.

На сегодняшний день в Госреестре зарегистрировано 26 ненаркотических сортов технической конопли, которую можно использо-

вать для выращивания и последующей переработки. В 2019 году посевные площади под техническую коноплю составили 4,4 тыс. га, что в 4 раза превышает показатели 2010 года. Потребность внутреннего рынка и экспортный потенциал продукции из конопли достаточно высоки, есть перспективы для наращивания производства.

Агроконоплю культивируют как среднерусскую, так и южную. Согласно данным Росстата, на 2019 год в РФ урожайность конопли среднерусской: волокно, соломка и семена составили 6,5; 24,3 и 3 ц с 1 га убранной площади соответственно. Урожайность конопли южной соломка и семена – 61,4 и 0,5 ц с 1 га убранной площади [2, 9].

Совокупная потребность ГОСЗАКАЗА в текущем году составляет не менее 350 тыс. тонн волокна льна и конопли, половина которых пойдет на изготовление тканей, а остальное – на производство технических изделий (медицинских, санитарно-гигиенических товаров, сырья для производства углепластика и химической продукции, в том числе синтетических материалов), целлюлозы и строительных материалов. Одной лишь целлюлозы, по данным ГК РОСТЕХ, Россия может потреблять не меньше 100 тыс. тонн/год.

Следует отметить, что в стеблях конопли современных сортов отечественной селекции содержание целлюлозы составляет 45–58 %. Используя целлюлозу конопли, можно существенно сократить вырубку лесов и обеспечить сохранность экологической среды, ведь 1 га конопли дает в 4 раза больше целлюлозы, чем лес [2, 9].

Конопля может служить сырьем для производства до 40 тысяч видов продукции для медицинской, пищевой, текстильной, бумажной, строительной, авиационной, топливной и других отраслей промышленности. Например, конопляное масло обладает уникальными пищевыми и целебными достоинствами, поскольку отличается высоким содержанием линолевой кислоты, которая положительно влияет на иммунную и гормональную системы человека, способна выводить из организма радионуклиды, препятствует накоплению холестерина и нормализует липидный обмен, то есть с помощью конопляного масла вполне можно бороться с болезнями века [2, 9].

Одним из факторов повышения урожайности и качества биомассы сельскохозяйственных культур является использование регуляторов роста. Регуляторы роста растений (РРР) или биорегуляторы – это природные низкомолекулярные вещества, которые в исключительно малых концентрациях существенно влияют на активизацию процессов жизнедеятельности растений. Применение РРР дает возможность получить существенный рост производительности и экономической эффективности, а также уменьшение негативного влияния на окружающую среду. Один и тот же биопрепарат мо-

жет называться по-разному: биостимулятор, биорегулятор, регулятор роста или фиторегулятор. В России более распространен термин «регулятор роста растений», реже – «биорегулятор», в последнее время все чаще встречается термин «биостимулятор». Следует отметить, что граница в терминологии «регулятор роста – биорегулятор – биостимулятор» зачастую размыта.

Высокая физиологическая активность, положительное влияние на качество получаемой продукции, доступность сырья, в качестве которого могут быть использованы различные источники природного происхождения, технологичность производства и, как правило, низкая токсичность и себестоимость биорегуляторов – все это обуславливает значительные перспективы их использования в сельском хозяйстве [2, 9].

Таким образом, направление исследований биорегуляторов в настоящее время интенсивно развивается, свидетельством чему является рост объема их продаж на мировом рынке. Рост рынка биорегуляторов оценивается в 10 % и более, ежегодно составляет, по оценкам специалистов, от 200 до 400 млн евро в Европе и 800 млн евро в мире. Интерес к данной группе препаратов может возрасти в связи со спросом населения на продукцию органического земледелия, не содержащую ГМО [2, 9].

На сегодняшний день в России зарегистрировано более 100 регуляторов роста различной природы. Однако, согласно справочнику пестицидов и агрохимикатов 2019, для технической конопли рекомендован к применению только один биорегулятор – «Артафит», действующим веществом (д.в.) которого является полидиаллилдиметиламмоний хлорид, принадлежащий к классу брассиностероидов, природных гормонов растений. Используется как предпосевная обработка семян, так и опрыскивание в фазе двух пар листьев. Применение Артафита способствует активизации ростовых процессов, повышению полевой всхожести, урожайности, устойчивости к неблагоприятным факторам среды, качества продукции, активизации формообразовательных процессов [2, 9].

Техническая конопля должна оставаться для России стратегической сельскохозяйственной культурой. Это сырье незаменимо во многих отраслях промышленности и медицины. Наша задача – увеличить выход конкурентоспособной продукции технической конопли за счет повышения урожайности и качества на основе широкого применения на практике инновационных разработок, достижений науки.

Важная роль в решении задачи увеличения урожайности и качества льно – и пенькопродукции принадлежит применению в ин-

тенсивных агротехнологиях защитно-стимулирующих комплексов натурального и синтетического происхождения, разработкой к которым занимаются на кафедре химии Тимирязевской академии. Например, внедрение таких комплексов при выращивании льна-долгунца способствовало увеличению урожайности волокна льна-долгунца до 9,8 ц/га [2, 9]. В последние 8–10 лет такая урожайность, по данным Минсельхоза РФ, стабильна для всех льносеющих регионов страны. Такими задачами занимаются в РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева на факультете почвоведения, агрохимии и экологии, в рамках подготовки магистров по программе «Химико-токсикологический анализ и оценка объектов агросферы».

Гуминово-фульватный комплекс (ГФК) – фиторегулятор на основе гуминовых и фульвокислот, разработанный на кафедре химии Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К. А. Тимирязева, способствует ускорению созревания и увеличению качественных показателей урожая [2, 9].

Применение биорегуляторов способствует увеличению номерности соломы конопли на 0,5–1,0 ед., повышению разрывной нагрузки волокна на 10–20 %, выходу длинного волокна на 10–15 %, урожайности волокна и семян с 1 га на 10–20 %, снижению поступления тяжелых металлов в семена и волокно до 50 %, снижению дозы применяемых при обработках пестицидов на 30–70 %.

### Список литературы

1. Акмаров, П. Б. Состояние и основные направления развития цифровой экономики в сельском хозяйстве России / П. Б. Акмаров, М. Х. Газетдинов, О. П. Князева // Вестник Казанского ГАУ. – 2019. – Т.14. – № 1 (52). – С. 107–112.
2. Белопухов, С. Л. Влияние биопрепарата Флоравит на рост, развитие и урожайность льна-долгунца / С. Л. Белопухов, И. И. Дмитревская, И. С. Прохоров, А. И. Григораш // Агрехимический вестник. – 2014. – № 6. – С. 28–30.
3. Белопухов, С. Л. Исследование влияния карвитола на качество волокна при обработке льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) / С. Л. Белопухов, И. И. Дмитревская // Бутлеровские сообщения. – 2009. – Т.16. – № 4. – С. 26–30.
4. Белопухов, С. Л. Применение бик-анализа для исследования химического состава и энергетической ценности льняной костры / С. Л. Белопухов, Е. В. Калабашкина, И. И. Дмитревская, С. Ю. Зайцев // Бутлеровские сообщения. – 2014. – Т. 38. – № 5. – С. 112–117.
5. Белопухов, С. Л. Применение термоанализа для изучения зерна белого люпина / С. Л. Белопухов, А. С. Цыгуткин, А. Л. Штеле // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 4. – С. 56–58.
6. Жарких, О. А. О применении метода электронной сканирующей микроскопии для определения качества волокна прядильных культур / О. А. Жар-

ких // Студенчество России: век XXI: м-лы VI Всеросс. молод. науч.-практ. конф. в 4-х частях. – Орел, – 2019. – С. 88–92.

7. Жарких, О. А. Экологическая оценка применения биорегуляторов Циркон и Экофус на повышение урожайности и качества продукции льна-долгунца и льна масличного / О. А. Жарких // Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции м-лы IV Науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2018. – С. 498–500.

8. Иванова, Т. Е. Показатели качества овощных культур в зависимости от технологии выращивания / Т. Е. Иванова, О. В. Любимова, Л. А. Несмелова, Е. В. Соколова, Т. Н. Тутова // Вестник Ижевской ГСХА. – 2019. – № 1 (57). – С. 10–23.

9. Ленточкин, А. М. Оценка состояния посевных площадей зерновых культур / А. М. Ленточкин // Пермский аграрный вестник. – 2019. – № 1 (25). – С. 55–62.

10. Толмачева, Т. А. Сортвые особенности льна-долгунца и качество хлебобулочных изделий / Т. А. Толмачева, И. И. Дмитриевская, Ю. Б. Белопухова, С. Л. Белопухов, О. А. Жарких // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2018. – Т. 8. – № 4 (27). – С. 150–157.

УДК 631.22

**О. В. Кондратьева, А. Д. Федоров, О. В. Слинко, В. А. Войтюк**  
*ФГБНУ Росинформагротех*

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И МОДЕРНИЗАЦИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

Описано состояние и развитие отрасли животноводства. Рассмотрены принципы перехода на наилучшие доступные технологии, позволяющие значительно улучшить экологическую ситуацию в стране, обновить основные фонды, создать энергоэффективные и ресурсосберегающие производственные мощности, решить задачи импортозамещения и повышения конкурентоспособности.

Состояние отечественного сельского хозяйства в настоящее время требует пристального внимания государства и финансовой поддержки, поскольку ключевым положением дел в отрасли сельского хозяйства является продовольственная безопасность страны.

Проведение ряда мероприятий Государственной поддержки оказывает положительное влияние на состояние подотраслей животноводства, что позволяет увеличить производство основных видов животноводческой продукции, способствует увеличению показателей Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации.



В целях реализации Указа Президента Российской Федерации от 21 июля 2016 г. № 350 «О мерах по реализации государственной научно-технологической политики» в интересах развития сельского хозяйства Правительство Российской Федерации утвердило Федеральную научно-техническую программу развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы (ФНТП), предусматривающую создание и внедрение технологий производства племенной продукции (материала) животноводства, обозначив такие подпрограммы, как создание отечественных конкурентоспособных кроссов мясной птицы, развитие селекции крупного рогатого скота мясных и молочных пород, пород свиней.

В целях наращивания продукции животноводства необходимо продолжить технологическую модернизацию отрасли, которая сопряжена с колоссальным объемом строительства и реконструкции животноводческих объектов, направленных на внедрение в производство инновационных технологий, сокращение импортных поставок, снижение экологической нагрузки на окружающую среду [1, 2].

В отрасли животноводства в 2018 г. сохраняется положительная динамика по производству скота и птицы на убой в живом весе – 14,9 млн т (выше на 2,5 %, чем в 2017 г.), по производству молока – 30,6 млн т (выше на 1,5 %, чем в 2017 г.), по производству яиц – 44,9 млрд шт. (увеличилось на 0,1 %, чем в 2017 г.) [3].

Производство молока в хозяйствах всех категорий за 2018 г. увеличилось на 1,5 % (на 455,2 тыс. т выше к уровню 2017 г.). В том числе в сельхозорганизациях производство выросло на 3,6 %, что на 557,7 тыс. т выше, чем в 2017 г., в крестьянских (фермерских) хозяйствах – на 5 % (на 117,9 тыс. т выше, чем в 2017 г.), а в хозяйствах населения уменьшилось на 1,8 % (на 220,5 тыс. т по сравнению с 2017 г.). В структуре производства удельный вес хозяйств населения остается высоким и в 2018 г. составил 39 % (в 2017 г. – 40 %). Надой молока на одну корову в сельскохозяйственных организациях в 2018 г. вырос на 3,8 % по сравнению с 2017 г. и составил 6094 кг [3].

В 2018 г. выполнение показателя «Производство скота и птицы на убой в живом весе в хозяйствах всех категорий» составило 107,4 % к плану.

По итогам реализации Государственной программы в 2018 г. перевыполнены плановые показатели по производству в сельхозорганизациях, К(Ф)Х (включая ИП), молока – на 8,8 % (фактически – 18,7 млн т), шерсти от тонкорунных и полутонкорунных пород овец – на 3,7 % (фактически – 17,99 тыс. т), мясных табунных лошадей – на 1,7 % (фактически – 430,1 тыс. голов), КРС специализированных мясных пород и помесного скота – на 6,6 % (фактически –



2878,8 тыс. голов), товарному поголовью коров специализированных мясных пород – на 10,9 % (фактически – 886,9 тыс. голов) [3].

По данным Росстата, с января по сентябрь 2019 года производство скота и птицы на убой (в живом весе) в хозяйствах всех категорий составило 10,4 млн т и по сравнению с аналогичным периодом 2018 года увеличилось на 1,7 %. В сельхозорганизациях производство скота и птицы (в живом весе) составило 8525,7 тыс. т, что на 2,4 % выше уровня аналогичного периода 2018 года.

Объем промышленного производства мяса – 2 017,7 тыс. т (+ 7,7 %), полуфабрикатов мясных, мясосодержащих, охлажденных, замороженных – 2 640,2 тыс. т (+ 9,9 %), изделий колбасных, включая изделия колбасные для детского питания, – 1 696,8 тыс. т (без изменений) и консервов мясных (мясосодержащих).

В сельскохозяйственных организациях произведено говядины – 724,6 тыс. т (+2,1 %); свинины – 3 167,0 тыс. т (+6,2 %); мясо птицы (кур) – 4 605,3 тыс. т (+0,1 %) к аналогичному периоду 2018 года [4].

Вышепредставленная динамика структуры производства мяса соответствует мировым тенденциям: в мире растет доля потребления белого мяса и сокращается доля потребления красного. Поэтому увеличение производства мяса птицы обеспечивает устойчивое импортозамещение в стране. Этому способствует непосредственно проводимая реконструкция и модернизация животноводческих комплексов, строительство новых объектов, что неразрывно связано с внедрением в производство инновационных технологий [5].

Федеральная научно-техническая программы развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы предусматривает создание и внедрение технологий производства племенной продукции (материала) по направлениям отечественного животноводства [6].

За период с 2013–2018 гг. в отрасли птицеводства построено и введено 74 новых птицефабрики, модернизировано 65 объекта. Дополнительное производство птицы на убой составил 1151,6 тыс. т. В отрасли свиноводства введено 168 новых объектов, 41 модернизировано, дополнительное производство мяса составило 586,2 тыс. т. В мясном скотоводстве введено в эксплуатацию 289 новых комплексов, модернизирован 141 объект, дополнительное производство КРС на убой в этих объектах составило 71,9 тыс. т.

Одним из факторов увеличения производства молока является техническая модернизация, только в 2018 году построено, реконструировано, модернизировано и введено в эксплуатацию 239 новых молочных комплексов и ферм, дополнительное производства молока составило 289,8 тыс.т. Всего за 2013–2018 гг. было построено, реконструировано, модернизировано и введено в эксплуатацию 1402 объекта.

Модернизация производится во всей технологической цепочке, что позволяет повышать качество и ассортимент мяса птицы и мясной продукции, поставляемых в торговые сети. Доля продукции, производимой по инновационным технологиям, за последние 5 лет увеличилась на 18,4 %, что позволило повысить ее конкурентоспособность.

В конце 2017 г. в СХПК-колхозе «Луч» Удмуртской Республики открылась новая молочно-товарная ферма на 400 дойных коров [7, 8]. Ферма предназначена для беспривязного содержания и оборудована современными доильными установками.

В Томской области ООО «Березовская ферма» запустили новый животноводческий комплекс мясного направления. Комплекс включает в себя ферму на 1300 голов с комбикормовочным цехом, ветеринарным пунктом, откормочными площадками для бычков. поголовье комплекса составляют герефорды.

В Воронежской области с. Третьяки запущена крупнейшая региональная птицефабрика, на данный момент открыта первая мощностная очередь. Плановые показатели на ближайшие пару лет – 1,5 млн кур-несушек и более 400 миллионов качественных яиц в год.

ПАО «Группа «Черкизово» Липецкой области ввела в эксплуатацию шестую площадку доращивания и откорма свиней. Мощность площадки 5,1 тыс. тонн свинины в год в живом весе. Объект рассчитан на прием 20 тыс. свиней одновременно, в год – до 50 тыс. товарных свиней.

В республике Марий Эл агрохолдинг «Лукоз» открыл крупнейшую в России и одну из самых больших в Европе козью ферму, рассчитанную на 5000 голов стада. Для этого было реконструировано старое хозяйство на 4000 скотомест и запущен еще один корпус холодного содержания коз на 1000 голов с планом увеличения до 10 тыс.

Группой компаний «Агропромкомплектация» в 2016 г. в Железногорском районе Курской области запущен завод по производству свинины, занимающий лидирующее место в России и Европе. Помимо производства свинины на предприятии предусмотрен выпуск кормовой муки и технического жира. Проектная мощность площадки по забою и переработке скота составляет 1,8 млн голов в год, по производству мяса – 200 тыс. т, кормовой муки – 6 тыс. т, технического жира – 2,4 тыс. т. в год, т.е., более глубокая переработка животноводческих отходов обеспечивает комплексное и рациональное использование побочного сырья, что позволяет свести до минимума объемы неиспользуемых остатков в мясной промышленности, способствуя повышению экологизации.

В Краснодаре открыт завод сельскохозяйственного машиностроения, который впервые в России выпускает кормоагрегаты но-

вого поколения серии АКГСМ «Мрия». Агрегаты производят увлажненную ферментированную гомогенную кормовую суспензию из смеси фуражных зерновых кормов для откорма крупного рогатого скота, телят и свиней. Применяемая при этом технология одна из лучших в мире, поскольку экономически выгодна и малозатратна – на 2–3 части воды засыпается 1 часть зерновой смеси, затем включается агрегат, и через 20 мин. получается высококалорийный, обогащенный протеином и аминокислотами ферментированный продукт. Введение его в рацион увеличивает приросты на 30–35 % по сравнению с традиционным откормом. При этом в 2 раза меньше расходуется сырьё и на 50 % электроэнергии. Новая технология позволяет в сжатые сроки и с большей экономией откормить молодняк крупного рогатого скота, у лактирующих коров повышается жирность молока и улучшается его состав. Важным преимуществом скармливания суспензии является ее позитивное воздействие на организм животного, сокращение заболеваемости, улучшается иммунитет. Благодаря высокой усвояемости ферментированного корма, уменьшается выход навоза у телят и коров на 25 %, у свиней – на 44 %.

Достижение показателей, предусмотренных ФНТП, по увеличению производства мясных и молочных продуктов, требует существенного переустройства материально-технической базы животноводства – построек, зданий и сооружений с учетом современной техники и технологий для дальнейшей модернизации животноводческого производства.

Учитывая необходимость решения данной задачи в короткие сроки, сельхозтоваропроизводители наряду со строительством новых современных животноводческих ферм и комплексов (для замены выбывающих из-за износа старых) осуществляют реконструкцию, расширение и техническое перевооружение действующих капитальных животноводческих построек [6, 9].

Наращивание животноводческой продукции происходит преимущественно в тех регионах, где реализуются перспективные проекты и создается необходимая производственная инфраструктура.

#### **Список литературы**

1. Кондратьева, О. В. Обеспечение продовольственной независимости России основа экономической безопасности / О. В. Кондратьева, А. Д. Федоров // Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. Сост. Н. А. Щербакова, А. П. Селиверстова. – 2018. – С. 570–576.
2. Кондратьева, О. В. Импортозамещение в сфере АПК – необходимое условие обеспечения продовольственной независимости России / О. В. Кондра-

тьева, А. Д. Федоров, О. В. Слинко // Развитие торговли и ее роль в импортозамещении: задачи бизнеса и власти. – 2016. – С. 112–117.

3. Национальный доклад «О ходе и результатах реализации в 2018 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия». – 2019. – С. 172–175.

4. Ситуация на рынке мяса и мясопродуктов с 18 по 22 марта 2019 года [электронный ресурс]. URL: <http://new.uralbiovet.ru/situaciya-na-gynke-myasa-i-myasoproduktov-s-18-po-22-marta-2019-goda/> (дата обращения 09.09.2019)

5. Федоров, А. Д. О перспективах цифровизации животноводства / А. Д. Федоров, О. В. Кондратьева, О. В. Слинко // Вестник Всероссийского НИИ механизации животноводства. – 2019. – № 1 (33). – С. 127–131.

6. Войтюк, М. М. Строительство и модернизация животноводческих объектов – драйвер развития сельского хозяйства / М. М. Войтюк, О. В. Кондратьева, О. В. Слинко, В. А. Войтюк // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 2. – С. 26–33.

7. Дедюкин, А. М. Влияние технологии содержания на молочную продуктивность коров-первотелок черно-пестрой породы в СХПК-колхоз «Луч» Вавожского района Удмуртской Республики / А. М. Дедюкин // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2016. – С. 123–124.

8. Ижболдина, С. Н. Технология содержания и кормления коров черно-пестрой породы в СХПК-колхоз «Луч» Вавожского района Удмуртской Республики / С. Н. Ижболдина, Л. А. Федорова, А. М. Дедюкин // Сборник трудов Ижевского отделения МСА. – Москва – Ижевск, 2016. – С. 59–61.

9. Войтюк, М. М. Инновационные проектно-технологические решения строительства, реконструкции и модернизации ферм и комплексов крупного рогатого скота / М. М. Войтюк, О. П. Мачнева, В. И. Стяжкин, В. А. Войтюк. – М.: ФГБНУ Росинформагротех, 2019. – 180 с.

УДК 007.52

**Д. Р. Миназов, В. Д. Романов, А. Б. Спиридонов, А. Ф. Ипатова**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **ЭКЗОСКЕЛЕТ – СКАЧОК В БУДУЩЕЕ**

Рассматривается общий термин экзо скелета, его положительные и отрицательные моменты, где и в каком виде можно встретить на сегодняшний день.

Сейчас появляется потребность в устройствах, усиливающих физические способности человека. Одним из путей разрешения предоставленной задачи считается использование человеко-машинных

систем (устройств), где взаимодействие оператора и механизма приводит к отличным показателям человеческих способностей. Одним из примеров разработок систем считаются экзоскелеты.

Люди на протяжении тысячелетий создавали различные устройства и механизмы во многих областях, дабы облегчить себе жизнь и существование человека в целом. Например, медицина, машиностроение, биоинженерия, инженерия и, конечно, военное дело. Некоторые путают понятие экзоскелет с видеоигрой и считают, что это фантастика, но их разработка и создание происходит почти во всех цивилизованных странах мира.

Экзоскелет – устройство, предназначенное для восполнения утраченных функций, увеличения силы мышц человека и расширения амплитуды движений за счёт внешнего каркаса и приводящих частей. Экзо – скелет повторяет биомеханику человека для пропорционального увеличения усилий при движениях.

По данным отечественной и зарубежной литературы, проанализировано состояние проблемы разработки и внедрения экзоскелетов, показано, что в настоящее время приоритетными областями применения экзоскелетов являются военная промышленность и реабилитационная медицина. Отмечено, что большинство созданных экзо скелетов не могут найти массового применения в реабилитации больных с ограничением функций верхних и нижних конечностей из-за большой массы конструкции, зависимости от источников внешнего питания, значительной стоимости.

Главным направлением разработок является военное применение экзо – скелетов. Цель – создание брони, которая совместила бы в себе огневую мощь и бронирование танка, подвижность и скорость человека, и в несколько раз увеличивающей силу того, кто использует экзоскелет.

Другой возможной областью применения экзоскелетов является помощь травмированным людям и людям с инвалидностью, пожилым людям, которые в силу своего возраста имеют проблемы с опорно-двигательным аппаратом.

Модификации экзоскелетов, а также отдельные их модели, могут оказывать значительную помощь спасателям при разборах завалов рухнувших зданий. При этом экзоскелет может защитить спасателя от падения обломков.

Экзоскелеты, созданные на сегодняшний день или находящиеся в стадии перспективных разработок, могут быть классифицированы по следующим признакам:

- тип исполнительного механизма;
- наличие привода усиления сочленений;



- анатомическое расположение усиленных сочленений;
- наличие встроенного источника энергии;
- вид используемого силового привода;
- способ получения управляющего сигнала;
- тип силовой установки и источника энергии;
- область практического применения.

В России на данный момент существует один прототип пассивного экзоскелета ЭкзоАтлет, разрабатываемый НИИ механики МГУ, в Америке – два: легкий пехотный HULC от Lockheed Martin и тяжелый многоцелевой XOS-2 от Raytheon.

Первый экзоскелет был совместно разработан General Electric и ВС США в 60-х годах и назывался Hardiman. Он мог поднимать 110 кг при усилии, применяемом при подъеме 4,5 кг. Однако он был непрактичным из-за его значительной массы в 680 кг. Проект не был успешным. Любая попытка использования полного экзоскелета заканчивалась интенсивным неконтролируемым движением, в результате чего никогда не проверялся с человеком внутри. Дальнейшие исследования были сосредоточены на одной руке. Хотя она должна была поднимать 340 кг, ее вес составлял 750 кг, что в два раза превышало подъемную мощность (рис. 1). Без получения всех компонентов для работы практическое применение проекта Hardiman было ограничено.



Рисунок 1 – Прототип руки

В России на данный момент разработан экзоскелет под названием «Ратник 3», который сделан из легких материалов и с электрическими двигателями, что позволяет солдату применять меньше усилий, помогает бойцу переносить тяжести и легче преодолевать препятствия. Костюм работает в двух режимах: автоматическом и полуавтоматическом.



Этот скелет, сделанный из легких материалов, с электрическими двигателями. Экзоскелет позволит солдату перепрыгивать траншеи в три метра длиной, а специальные приводы, работающие от батареек, облегчат солдату физическую нагрузку. Это особенно важно для действий в горах, где от человека нужно супернапряжение, где нужны очень крепкие ноги, очень выносливое сердце. Экзоскелет помогает эту нечеловеческую нагрузку брать на себя. Прототип данного экзо скелета представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Прототип экзоскелета

Как отметил Романюта, специалисты обсуждают технические требования к экипировке следующего поколения: «Закладываем перспективу: то, что можно будет получить на 2025 год, когда экзоскелет уже не будет никого пугать, а будет нормальной, встроенной в экипировку конструкцией», – сказал он.

Несмотря на стремительное развитие современных технологий, ученые, работающие над созданием удобного, функционального и доступного экзоскелета, сталкиваются с рядом трудностей. И самая главная из них – ограниченность действия энергоносителей. Даже самая мощная батарея не способна обеспечить длительную автономную работу. Ее нужно или заряжать, или заменять, или подключать аппарат к проводному источнику питания. Ученые рассматривали возможные варианты замены батареи двигателем внутреннего сгорания или электрохимическими топливными элементами. Но в первом случае это значительно увеличивает размер экзоскелета, а во втором – требуется дополнительная система охлаждения, что опять-таки не удобно. Идеальный вариант – беспроводная передача энергии, но четкого механизма технической реализации пока нет.

Вторая серьезная проблема, которую предстоит решить ученым, – поиск супер легкого материала для изготовления каркаса.

Первые экзо- скелеты делали из алюминия и стали, но сталь оказалась слишком тяжелой, а алюминий накапливал усталость, что исключало возможность высоких нагрузок. Существующие сверхлегкие материалы, вроде титана или углеродного волокна, подходят по эффективности, но слишком дороги в использовании.

Наконец, третья проблема – управление. Сложность заключается в том, что экзоскелет должен быть одновременно отзывчивым, но при этом защищать пользователя от рассинхронизации движений. Отдельно требуется и особая система распознавания непреднамеренных действий, которая уберет от негативных последствий при внезапном резком движении вроде чихания или кашля.

Главными проблемами в России, конечно же, являются отсутствие средств для создания экзоскелета, некоторых технических знаний в проектировании, отсутствие кадров и неопытность изобретателей.

Как это часто бывает, разработки военных агентств (вспомним, например, интернет) могут принести огромную пользу в мирное время, так как технологии в конечном итоге выйдут наружу и будут помогать людям. Страдающие от полного или частичного паралича, люди с повреждениями спинного мозга и атрофией мышц смогут вести более полноценную жизнь. Одно можно сказать наверняка: начало процессу бурной разработки экзоскелетов было положено в начале этого века (назовем это второй волной), а чем все закончится – станет известно очень и очень скоро. Технологии никогда не стоят на месте, и если уж инженеры за что-то берутся, то доводят это дело до логического конца.

### Список литературы

1. Бадретдинова, И. В. Направления эффективного использования льяной костры / И. В. Бадретдинова, А. Б. Спиридонов // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2016. – С. 3–5.
2. Васильев, Д. А. Повышение энергосбережения при применении частотных преобразователей / Д. А. Васильев, Л. А. Пантелеева, В. А. Носков // Научно обоснованные технологии интенсификации сельскохозяйственного производства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевская ГСХА. – 2017. – С. 238–241.
3. Воробьев, А. А. Экзоскелет – состояние, проблемы и перспективы внедрения в систему абилитации и реабилитации инвалидов (аналитический обзор) / А. А. Воробьев, О. А. Засыпкина, П. С. Кривоножкина, А. В. Петрухин, А. М. Поздняков // cyberleninka [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekzoskelet-sostoyanie-problemy-i-perspektivy-vnedreniya-v-sistemu-abilitatsii-i-reabilitatsii-invalidov-analiticheskiy-obzor> (дата обращения 20.03.2019)5

4. Коновалов, К. П. Энерго – и ресурсосберегающие мероприятия в сельском хозяйстве: обзор технологий / К. П. Коновалов, А. М. Ниязов, П. Л. Лекомцев // Инновационный потенциал сельскохозяйственной науки XXI века: вклад молодых ученых-исследователей: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2017. – С. 208–212.

5. Коэффициент мощности асинхронного генератора / В. А. Носков Л. А. Пантелеева, Д. Н. Гайнутдинова, Н. А. Бакакина // Вестник Ижевской ГСХА. – 2010. – № 2 (23). – С. 76–78.

6. Пантелеева, Л. А. Энергоэффективный ДОМ / Л. А. Пантелеева, Я. С. Поздеев // Аграрная наука – инновационному развитию АПК в современных условиях: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. – 2013. – С. 61–63.

7. Спиридонов, А. Б. Автоматизация производственных процессов, зданий и сооружений пищевых и перерабатывающих производств / А. Б. Спиридонов, Р. А. Худяков, И. В. Бадретдинова // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2018. – С. 228–231.

8. Экзоскелет – на службе фермерства // Агробизнес консалт [Электронный ресурс] URL:<http://agrobk.ru/ekzoskelet-na-sluzhbe-fermerstva> (дата обращения 20.03.2019)9

9. Экзоскелет. Прошлое, настоящее и будущее суперкостюмов // infocom [Электронный ресурс] URL: <http://infocom.uz/2017/02/17/ekzoskelet-proshloe-nastoyashhee-i-budushhee-superkostyumov/> (дата обращения 20.03.2019)3

10. Экзоскелеты медленно идут в цеха // эксперт online [Электронный ресурс] URL: <http://expert.ru/expert/2018/29/ekzoskeleyi-medlenno-idut-v-tseha/> (дата обращения 20.03.2019)4

УДК 338.439.4

**Н. В. Нестерова, М. М. Ромащенко, Е. М. Камышникова**  
*ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ им. В. Я. Горина*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ В АПК**

Рассмотрены методы получения крахмала путем глубокой переработки зерна. Повышения эффективности национального и регионального производства.

Наиболее острой проблемой в сельском хозяйстве является отсутствие предприятий по переработке зерна. Технология глубокой

переработки состоит из выделения всех ценных компонентов зерна и производства таких продуктов, как крахмал, глютен, лизин, биоэтанол, молочная кислота и лимонная кислота и т. д., которые могут использоваться в различных отраслях промышленности.

Основным преимуществом зерноперерабатывающих компаний является возможность регулировать количество продукта на различных этапах, что позволяет адаптировать производственный процесс к текущим требованиям рынка и повышать эффективность производства [1, 2].

Ежегодно в Российской Федерации по причине нерационального использования, нерентабельности перевозки и продажи на экспорт остается много неиспользованного зерна, которое является потенциальным сырьем для глубокой переработки. Кроме того, Россия ежегодно импортирует продукты глубокой переработки зерна на сотни миллионов долларов.

Перспективными рынками сбыта продуктов глубокой переработки зерновых в РФ являются рынки крахмала и крахмалопродуктов, аминокислот, глюкозы и глюкозо-фруктозных сиропов, биопластика.

Мировой рынок крахмала на сегодняшний день один из самых быстроразвивающихся. В связи с этим необходимо уделить особое внимание совершенствованию технологий глубокой переработки зерна для получения крахмала [3, 4].

Наиболее важным свойством крахмала является способность его зерен при повышении температуры набухать в воде с образованием вязкого коллоидного раствора-клейстера. Для картофельного крахмала набухание зерен заметно при 40–45 °С, а крахмалов из зерновых культур – при 35 °С. Каждый вид крахмала имеет отличную от других зону клейстеризации. Картофельный крахмал клейстеризуется в интервале температур 55–65 °С, кукурузный – 65–75 °С, пшеничный – 65–72 °С. При температуре 120 °С и выше происходит растворение амилопектина и некоторая деструкция молекул крахмала. Добавление в крахмальный клейстер даже незначительного количества раствора йода приводит к интенсивному синему окрашиванию, исчезающему при нагревании и вновь появляющемуся при охлаждении. По изменению окраски йодного раствора судят о глубине осахаривания крахмала при производстве крахмальной патоки [5].

Крахмал вырабатывается из многих сельскохозяйственных культур: кукурузы, пшеницы, картофеля и маниоки, в редких случаях – из риса, ячменя, сорго, саго и амаранта. Крахмал обеспечивает почти три четверти пищевой энергии, потребляемой человечеством. Он также широко используется в фармацевтической, текстильной, целлюлозно-бумажной, химической и других отраслях промышлен-

ности. Продукт, который получается в процессе экстракции, известен, как нативный крахмал. Он используется не только непосредственно в этой форме, но и как модифицированный крахмал или подвергается дополнительной обработке с получением различных видов заменителей сахара, применяется в разнообразных ферментационных процессах. Вид исходного материала, из которого выделяется крахмал, не является существенным: технологический процесс похож во всех случаях. Процесс базируется на расщеплении исходного материала (дробление) с последующим механическим разделением различных составляющих.

Такие злаки, как кукуруза и пшеница, размалываются, тогда как клубни, корни (картофель и маниока) режутся. Последовательное разделение компонентов выполняется либо по размеру, с помощью экранов или фильтров, либо по весу, с применением гравитационных сил в центробежных сепараторах (декантерные центрифуги, сопловые центрифуги или гидроциклоны) [6].

Основными технологическими операциями при получении побочных продуктов крахмального производства являются – концентрирование, уваривание и сушка, что связано с удалением из них процессовой воды, масса которой и определяет экономическую целесообразность выработки в сухом виде корма, глютена и др. В этой связи важнейшим условием функционирования технологического потока крахмала является использование минимального количества воды на ведение технологических процессов, что обуславливает её содержание в побочных продуктах [7].

При работе даже по самым прогрессивным технологиям производства крахмала – с замкнутым процессом – требуется расход свежей воды более 2 м<sup>3</sup> на 1 тонну зерна, или 3,2 м<sup>3</sup> – на 1 тонну сухого крахмала. За счет противоточной промывки крахмала и сопутствующих ему веществ рециркуляционной процессовой водой расход свежей воды может быть снижен до 1,8 м<sup>3</sup> на 1 тонну зерна, но при дальнейшем уменьшении его ухудшается промывка крахмала от растворимых веществ, которые появляются в самом начале технологического потока – при замачивании зерна. Значительные энергетические затраты на обезвоживание и сушку побочных продуктов крахмального производства обуславливают необходимость проведения исследований по их использованию в сыром виде – как жидких кормов и как сырья для микробиологических видов производств.

Основными условиями эффективного функционирования и развития технологического потока производства крахмала являются: снижение расхода воды путем совершенствования процессов измельчения сырья и разделения измельченной массы, решение про-



блемы утилизации побочных продуктов путем уменьшения их влажности, повышения их питательной ценности как кормовых и пищевых продуктов за счет биохимических и тепловых способов обработки, возможность использования их как сырья для комбикормовых производств [8].

С конца 2000-х годов в Российской Федерации было анонсировано более 20 проектов по переработке пшеницы, но не все они все еще находятся на стадии строительства. Основными причинами, препятствующими развитию торговли зерном в нашей стране, является необходимость высоких финансовых вложений, в то время, как схема финансирования в российских реалиях часто оказывается необдуманной, а технологические риски, связанные со сложностью интеграции, являются составляющими проекта. Существенное влияние на направленное развитие оказывает необходимость адаптации западных технологий к региональным стандартам, отсутствие опыта реализации таких проектов в России, а также существенная нехватка квалифицированных кадров. В то же время значительная часть обработанных продуктов является относительно новой для российского рынка, и поэтому требуется не только продажа таких товаров, но и их продвижение и создание самого рынка. Организация производства органических продуктов затрудняется тем, что многие зарубежные технологии являются «закрытыми». В то же время нет никаких серьезных правовых ограничений, которые препятствуют развитию отрасли. Исключением является только производство биоэтанола, одного из возможных зерновых продуктов, которые широко используются за рубежом [9].

В настоящее время базовый нативный крахмал составляет только 25 % мирового производства крахмала. Это обусловлено тем, что огромное количество предприятий изготавливает крахмал на заказ в соответствии с конкретными требованиями своих клиентов. 25 % произведенного крахмала подвергается физической или химической обработке, он известен как модифицированный крахмал. Оставшиеся 50 % гидролизуются в основанные на крахмале заменители сахара для промышленного использования. Эта совокупность потребностей рынка открывает значительные возможности для производителей крахмала.

В целом, у России есть значительный потенциал и ресурсы для развития отрасли глубокой переработки, данное направление имеет огромный потенциал для дальнейшего развития, чему способствует наличие большой сырьевой базы в РФ. Например, в нашей стране сегодня наблюдается перепроизводство зерна, оцениваемое примерно в 20 миллионов тонн, которое можно использовать для це-



лей глубокой переработки зерна. В то же время Сибирский и Поволжский регионы испытывают объективные трудности с экспортом зерна, что связано с высокими материально-техническими затратами. Поэтому развитие глубокой переработки является наиболее актуальным и перспективным для этих регионов [10].

#### Список литературы

1. Жушман, А. И. Модифицированные крахмалы / А. И. Жушман. – М.: Пищепромиздат, 2007. – С. 236.
2. Бондаренко, А. Е. Совершенствование системы технического сервиса и повышение эффективности работы сельских электроустановок / А. Е. Бондаренко Н. В. Нестерова // М-лы Междунар. студ. науч. конф. – Белгородский ГАУ им. В. Я. Горина, 2016. – С. 164.
3. Васюткина, Д. И. Архитектура комплекса технических средств безопасности / Д. И. Васюткина, Н. В. Нестерова, Е. Г. Ковалева // Научные механизмы решения проблем инновационного развития: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 4 ч. – 2017. – С. 6–8.
4. Нестерова, Н. В. Электроэнергетика. Проблемы и перспективы / Н. В. Нестерова, Л. С. Острова // Молодежный аграрный форум–2018: м-лы Междунар. студ. науч. конф. – 2018. – С. 280.
5. Нестерова, Н. В. Математические методы анализа эффективности технических средств безопасности / Н. В. Нестерова, С. А. Кеменов, Н. Б. Кутергин // Вестник Белгородского ГТУ им. В. Г. Шухова. – 2016. – С. 152–156.
6. Нестерова, Н. В. Обоснование единой системы обеспечения комплексной безопасности / Н. В. Нестерова, Д. И. Васюткина, А. В. Павленко // Наука: прошлое, настоящее, будущее: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – 2015. – С. 68–70.
7. Юдин, В. В. Специфика надежности сельских электросетей / В. В. Юдин, Н. В. Нестерова // Молодежный аграрный форум–2018: м-лы Междунар. студ. науч. конф. – 2018. – С. 299.
8. Страхов, В. Ю. Энергосбережение в Белгородской области / В. Ю. Страхов, Н. В. Нестерова // М-лы междунар. студ. науч. конференции. – 2015. – С. 238.
9. Нестерова, Н. В. Выбор мероприятий по реагированию на техногенные риски предприятия / Н. В. Нестерова, М. А. Латкин, В. Г. Шаптала, В. Ю. Радоуцкий // Вестник Белгородского ГТУ им. В. Г. Шухова. – 2017. – № 4. – С. 145–149.
10. Соломин, Д. А. Развитие крахмалопоточной отрасли в условиях рыночной экономики / Д. А. Соломин, Д. Н. Лукин // Пищевая промышленность. – 2011. – С. 56–58.

**О. Б. Поробова***ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА***СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ СОЗДАНИЯ НАПИТКОВ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ**

Исследования по составлению рецептур напитков, отвечающих требованиям функционального питания. Снижение риска развития заболеваний, связанных с питанием, предотвращение дефицита или восполнение имеющегося в организме человека дефицита питательных веществ.

В рамках исследования растительного сырья, произрастающего на территории Удмуртской Республики, с целью создания экстрагированных напитков с заданными свойствами были рассмотрены следующие растения: костяника, облепиха, шиповник, пижма, барбарис, боярышник, ежевика, зверобой продырявленный, липа сердцевидная, малина, смородина, черемуха.

Перед коллективом авторов поставлена задача – разработать рецептуру напитков с оптимальным соотношением ингредиентов.

Разрабатываемые рецептуры напитков относятся к разряду функциональных пищевых продуктов, имеющих особое влияние на физиологические функции организма человека [1, 4, 5, 6].

В таблице 1 представлена сравнительная характеристика исследуемого сырья по таким показателям, как ареал произрастания и способ заготовки.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика растительного сырья

<b>Наименование. Используемые части растения</b>	<b>Ареал произрастания</b>	<b>Технология заготовки</b>
Костяника. Ягоды, листья	Распространена в средней полосе умеренной зоны Европы, Азии и Северной Америки. Растет в тенистых лесах, среди кустарников, реже – на болотах	Сушеная костяника. Ягоды костяники сушат на свежем воздухе (под навесом), разложив в один слой, либо в сушильном шкафу при температуре, не превышающей 45 – 55 °С. Замороженная костяника. Ягоды моют, подсушивают на полотне, укладывают на противни (картонные поддоны) и замораживают. Затем пересыпают в пакеты и запаивают.

Наименование. Используемые части растения	Ареал произрастания	Технология заготовки
Облепиха. Ягоды	Встречается в степных зонах Азии, Европы, Северной Америки и Австралии, но основной ареал ее произрастания – Западная и Восточная Сибирь.	Полезные свойства этой ягоды сохраняются даже при термической обработке и глубокой заморозке.
Шиповник. Ягоды.	Ареал – практически все умеренные области северного полушария, но чаще шиповник встречается в европейской части России, Поволжье, на Дальнем Востоке, в Восточной и Западной Сибири.	Начинать сушку рекомендуется сразу после сбора ягод. Перед началом сушки их нужно тщательно промыть. После сушки плоды шиповника нужно хранить в темных местах в хорошо проветриваемых ёмкостях.
Пижма. Соцветия.	Пижма обыкновенная имеет евро-азиатский тип ареала. Распространена почти по всей европейской части СНГ, кроме восточных районов Предкавказья, Закавказья, нижнего течения рек Волги и Урала.	Заготавливают соцветия пижмы во время цветения, срезая ее корзинки с цветоносами не длиннее двух сантиметров. Собранное сырье сушат под навесами или в сушилках при температуре не выше 40°. Выход сухого сырья 22–23 %. Его влажность не должна превышать 13 %.
Барбарис. Плоды	Природные места обитания барбариса обыкновенного – восток, центр и юг Европы, Передняя Азия и Закавказье. Постепенно вид распространяется в экосистемы Западной Европы. Барбарис обыкновенный растет на светлых, сухих равнинных участках, иногда в предгорьях и в горах на высоте до 2000 м.	Сушка. Спелые ягоды после сбора перебирают, очищая от поврежденных плодов и посторонних включений, промывают и тщательно просушивают на чистых салфетках, после чего раскладывают на ситах, поддонах или противнях. Окончание процесса определяют, сжимая горсть ягод в ладони. Если барбарис остается рассыпчатым, не давится и не оставляет на ладонях следов сока, сушку завершают, а остывшие плоды пересыпают в чистые сухие емкости, оснащенные плотными крышками.
Боярышник	Природный ареал кустарника – часть территории Европы и Азии, в частности Урал, Кавказ, Восточная и Западная Сибирь, Средняя Азия. Растет в лесных и лесостепных экосистемах.	Сушка. Плоды после сбора сушат на воздухе. Затем хранятся в темном сухом помещении.

Наименование. Используемые части растения	Ареал произрастания	Технология заготовки
Ежевика. Ягоды	Распространена в Западной Сибири, Средней Азии, Крыму, на Кавказе, по всей европейской части Российской Федерации за исключением северо-запада.	Ягоды подвяливают на солнце, через 2–3 дня ежевику досушивают в сушильной камере вначале при температуре 70 °С, а ближе к завершению процесса – при 45–50 °С. Спелые ягоды ежевики моют, удаляют плодоножки, просушивают на полотне или на чистой бумаге, высыпают в картонный поддон и замораживают. Готовый продукт пересыпают в порционные пакеты и герметично завязывают.
Зверобой продырявленный. Облиственные верхушки в фазе цветения	Ареал распространения – это вся Евразийская территория: от Монголии, Китая, Сибирского побережья и до Атлантического океана.	Траву заготавливают в фазе цветения до появления незрелых плодов, срезая ножами или серпами облиственные верхушки длиной до 25–30 см, без грубых оснований стеблей. Сушат под навесами при хорошей вентиляции, разложив слоем в 5–7 см. В сушилках с искусственным обогревом при температуре 40–60 °С.
Липа сердцевидная. Соцветия	Различные виды липы распространены по всей Европе. Липа сердцевидная растёт в зоне смешанных лесов средней полосы европейской части России, западных предгорьях Урала, в Башкирии, Западной Сибири, на Кавказе, в Молдавии, в Крыму, на Украине.	С лечебной целью используют соцветия липы (липовый цвет) вместе с прицветником – летучкой. Сбор цветков проводят в то время, когда большая часть цветков распустилась, а другая часть еще находится в стадии бутонизации.
Малина. Ягоды	Малина широко распространена в средней и северной полосе, в лесной и лесостепной зонах европейской части России, также в Сибири, реже в горах Кавказа и Средней Азии.	Из малины заготавливают варенья, джемы, компоты, настойки. Ягоды замораживают или сушат.
Смородина. Ягоды, листья.	В Европейской части России присутствуют 3 дикорастущих вида, на Кавказе – 6, большее число их растёт в Сибири, особенно Восточной.	Замораживание. Консервирование.

Наименование. Используемые части растения	Ареал произрастания	Технология заготовки
Черемуха. Плоды	Черемуха – евро-азиатский вид с дизъюнктивным ареалом. В СНГ северная граница ее ареала начинается от Кольского полуострова. На Урале черемуха растет гораздо южнее. В равнинной части Западной Сибири достигает берегов Обской губы.	Плоды черёмухи используют в питании. Их употребляют свежими, сушеными, измельченными в порошок. Из плодов черёмухи можно делать начинки для пирожков, варить варенья, кисели, квасы. Из сушеной черёмухи можно намолоть муку: растолочь костянки в ступке или смолоть на ручной мельнице.

Создание экстрагированных напитков подразумевает такой состав компонентов, полезные свойства и противопоказания которых не противоречили бы друг другу [2, 3, 7, 11]. С этой целью представленное растительное сырье было рассмотрено по этим показателям (табл. 2).

Таблица 2 – Сравнительная характеристика растительного сырья по полезным свойствам и противопоказаниям

Наименование	Полезные свойства	Противопоказания
Костяника. Ягоды, листья	Костяника обладает такими свойствами, как потогонные; мочегонные; противовоспалительные; бактерицидные; жаропонижающие. Ее используют для нормализации работы нервной системы; в стрессовых состояниях; улучшения обмена веществ; для выведения токсинов и вредных веществ (благодаря наличию пектиновых веществ); для снижения холестерина; при заболеваниях желудочно-кишечного тракта; при простудных заболеваниях; воспалительных заболеваниях мочевой системы; некоторых болезнях сердца.	Противопоказано употребление костяники при колите; тромбозе; варикозном расширении вен; повышенном артериальном давлении. Возможно появление аллергической реакции. Во время беременности нужно также соблюдать некоторую осторожность, так как кислый вкус может спровоцировать изжогу. А во время кормления грудью – появление колик у ребенка.
Облепиха. Ягоды, листья	Сок активизирует иммунитет человека, улучшая его защитные функции против вирусных заболеваний, поднимает уровень гемоглобина и избавляет от анемии. Происходит активное выделение желчи и пищеварительных ферментов, что оказывает благотворное влияние на работу системы пищеварения в целом. Обладает жаропонижающим, противоопухолевым действием. Положительно воздействует на нервную систему, полезно для поднятия иммунитета и для защиты от атеросклероза.	Эта ягода противопоказана при острых заболеваниях желчного пузыря, печени и расстройствах желудка. Категорически запрещается употреблять плоды облепихи и их сок людям, которые страдают от мочекаменной болезни. Это связано с тем, что данное растение способно повышать кислотность мочи. Облепиховое масло нельзя использовать при ряде заболеваний поджелудочной железы, в том числе при остром панкреатите.

Наименование	Полезные свойства	Противопоказания
Шиповник. Ягоды, корень	<p>Ягоды снимают воспаления, улучшают работу кишечника и желудка. Шиповник обладает бактерицидным свойством; мочегонным, желчегонным действием, снижает возможность атеросклероза; укрепляет иммунитет; улучшает свертываемость крови, ускоряет срастание костей при переломах.</p> <p>Отвар шиповника. Лечит атеросклероз, простуду, эндокринную систему, повышает обмен веществ. За счет приема отвара лечится холецистит, гиповитаминоз С и Р, нефрит, гепатит. растение способно излечить астму, кишечник, печень, унять кровотечения.</p>	<p>Высокое содержание витамина С может нанести вред в случае гастрита с повышенной кислотностью, язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки.</p> <p>По этой же причине употребление в больших количествах мякоти плодов шиповника при беременности может привести к выкидышу.</p> <p>Препараты из шиповника противопоказаны при тромбофлебите, эндокардите в дистрофической стадии сердечной недостаточности из-за витамина К, увеличивающего свертываемость крови.</p>
Пижма. Соцветия.	<p>Препараты из пижмы повышают выработку желудочного сока, возбуждают аппетит и улучшают пищеварение, способствуют очищению кишечника от старых залежей, препятствуют развитию в нем гнилостных процессов. Антимикробные свойства пижмы помогают избавиться от метеоризма.</p> <p>Применяют растения при лечении мигрени и даже малярии. Пижма избавляет от мочекаменной болезни.</p> <p>Лечит пижма болезни дыхательных путей, даже туберкулез. Действует оздоравливающе на щитовидную и поджелудочную железы. Вещества, содержащиеся в пижме, блокируют развитие опухолей, способствуют их излечению, лечат нервы, избавляют от вирусов, благотворно влияют на работу сердца, но повышают давление.</p>	<p>Препараты, приготовленные из пижмы, противопоказаны к применению маленьким детям, а также запрещено использовать растение во время беременности и в период лактации.</p> <p>Следует помнить, что это растение ядовитое. При превышении дозы могут появиться тошнота и рвота. В более тяжелой ситуации могут наступить судороги и даже остановка сердца.</p>
Барбарис. Плоды	<p>Укрепляет иммунитет; снижает артериальное давление; нормализует сердечный ритм; оказывает желчегонное действие; устраняет приступы тошноты; снижает риск развития онкологических заболеваний.</p>	<p>Повышенная кислотность желудочного сока; гипотония; цирроз печени; тромбофлебит; кровотечения в период климакса; детский возраст до 12 лет.</p> <p>С осторожностью барбарис употребляют в период беременности. Несмотря на то, что ягоды эффективно устраняют симптомы токсикоза, они повышают сокращения матки и могут привести к выкидышу. Длительный прием барбариса вызывает запор.</p>



Наименование	Полезные свойства	Противопоказания
Боярышник	Ягоды боярышника отличаются следующими воздействиями на организм: противовоспалительными; антимикробными; сосудорасширяющими; мочегонными; противоопухолевыми; кардиостимулирующими; гепатопротекторными; омолаживающими; антиоксидантными; желчегонными.	Беременность; период кормления грудью; дети до 12 лет; пониженное давление: аритмия; вегетососудистая дистония; черепно-мозговая травма; заболевания головного мозга; заболевания печени. При его использовании могут возникать побочные действия в виде: головокружения; аллергической реакции, например, зуд или крапивница; брадикардия; снижение артериального давления.
Ежевика. Ягоды.	Употребляя ягоды в пищу, можно нормализовать обмен веществ, укрепить иммунитет, затормозить процессы старения в организме. Вещества, содержащиеся в ягодах, даже оказывают профилактическое действие в сфере онкологических заболеваний. Это жаропонижающее и противовоспалительное средство.	Ежевике следует с осторожностью употреблять людям с диагнозом гастрит или язва желудка или двенадцатиперстной кишки.
Зверобой продырявленный. Облиственные верхушки в фазе цветения	Это растение используют в качестве антибактериального, антисептического, болеутоляющего, ранозаживляющего, противоревматического, мочегонного, желчегонного, вяжущего и противоглистного средства.	Противопоказано растение: беременным; в период грудного вскармливания; гипертоникам. Нельзя принимать зверобой с некоторыми видами антибиотиков и сердечных препаратов, оральными контрацептивами. В момент приема зверобоя следует воздержаться от приема солнечных ванн. Растение делает кожу очень чувствительной к солнцу.
Липа сердцевидная. Соцветия	Уменьшает воспалительные явления, снимает отёк, зуд. Является жаропонижающим и потогонным средством. Улучшает пищеварение, облегчает отток желчи, успокаивает нервную систему. Снижает уровень сахара в крови.	Основные противопоказания обусловлены наличием патологий сердца; мочекаменной болезни; плохой сворачиваемости крови; заболеваний печени.
Малина. Ягоды	Ягоды утоляют жажду и улучшают пищеварение. Применяются при различных заболеваниях желудочно-кишечного тракта. Обладает кровоостанавливающим и антитоксическим действием, улучшает аппетит. Применяется при простудных заболеваниях, гриппе, острых респираторных инфекциях, обострении болей в суставах, при радикулите и других заболеваниях: при лихорадках и невралгических явлениях.	При злоупотреблении сырьём могут развиваться проблемы со здоровьем в виде камней в почках, мочевого и желчного пузыря. Также обостряет протекание подагры, язвы и эрозии слизистых ЖКТ.

Наименование	Полезные свойства	Противопоказания
Смородина. Ягоды, листья.	Смородину применяют в целях профилактики и лечения простудных заболеваний, так как она обладает противовирусным эффектом. К тому же плоды и листья черной смородины богаты витамином С. Плоды черной смородины богаты витамином Е, или витамином молодости (его также называют женским витамином).	Чрезмерное употребление черной смородины вызывает повышенную свертываемость крови. Употребление противопоказано при острых заболеваниях желудочно-кишечного тракта, гепатите, а также после перенесенных инфарктов и инсультов.
Черемуха. Плоды	Дубильные вещества, входящие в состав ягод, оказывают закрепляющее воздействие на кишечник. Регулярный прием может укрепить стенки кровеносных сосудов. Также плоды предотвращают всасывание холестерина в кровь и способствуют выведению вредных токсинов.	Из-за закрепляющего эффекта черемуха противопоказана людям, склонным к запорам. Запрещено есть черемуху в период беременности и во время грудного вскармливания. Нельзя употреблять маленьким детям в возрасте до 3-х лет.

Проведенный анализ позволяет начать исследования по составлению рецептур напитков отвечающих требованиям функционального питания. Согласно ГОСТ Р 54059-2010 функциональность пищевого ингредиента в составе пищевых продуктов обуславливается его эффективностью при систематическом употреблении. Однако она должна быть предварительно научно подтверждена и обоснована согласно требованиям соответствующих нормативных и правовых документов [8, 9, 10].

Такой продукт предназначен для употребления всеми возрастными группами здорового населения. Его предназначение – снижать риск развития заболеваний, связанных с питанием, предотвращать дефицит или восполнять имеющийся в организме человека дефицит питательных веществ (ГОСТ Р 52349-2005). Функциональный пищевой ингредиент должен содержаться в продукте в количестве не менее 15 % от суточной физиологической потребности в расчете на одну порцию продукта, обладать способностью оказывать эффект на одну или несколько физиологических функций, процессы обмена веществ в организме человека при систематическом употреблении.

#### Список литературы

1. Главатских, Н. Г. Эффективные методы переработки отходов пищевых и перерабатывающих производств / Н. Г. Главатских, К. В. Анисимова // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импорто-

замещения: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2016. – С. 144–146.

2. Главатских, Н. Г. Питание человека в настоящем и будущем / Н. Г. Главатских, А. Б. Спиридонов, О. Б. Поробова, И. Ш. Шумилова, К. В. Анисимова // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевск: Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 160–168.

3. Касаткин, В. В. Как сохранить урожай круглый год / В. В. Касаткин, И. Г. Поспелова, К. В. Анисимова // Картофель и овощи. – 2007. – № 8. – С. 16.

4. Литвинюк, Н. Ю. Авангардное направление развития науки и техники XXI века / Н. Ю. Литвинюк, К. В. Кожевникова // Научное обеспечение реализации национальных проектов в сельском хозяйстве: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. – 2006. – С. 190–194.

5. Литвинюк, Н. Ю. Мембранные процессы / Н. Ю. Литвинюк, К. В. Кожевникова // Научное обеспечение реализации национальных проектов в сельском хозяйстве: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. – 2006. – С. 194–202.

6. Поробова, О. Б. Применение информационных технологий при подготовке инженеров сельскохозяйственного производства / О. Б. Поробова, В. В. Касаткин // Научное обеспечение реализации национальных проектов в сельском хозяйстве: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. – 2006. – С. 443–449.

7. Поробова, О. Б. Роль общественных организаций в решении социальных вопросов / О. Б. Поробова, И. В. Воробьева, Н. Н. Бармина // Научный потенциал – аграрному производству: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф., посвящ. 450-летию вхождения Удмуртии в состав России. – Ижевск: Ижевская ГСХА. – 2008. – С. 252–255.

8. Спиридонов, А. Б. Автоматизация производственных процессов, зданий и сооружений пищевых и перерабатывающих производств / А. Б. Спиридонов, Р. А. Худяков, И. В. Бадретдинова // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2018. – С. 228–231.

9. Спиридонов, А. Б. Повышение энергоэффективности промышленных зданий и сооружений путём внедрения автоматизированных систем / А. Б. Спиридонов, К. В. Анисимова, Н. Г. Главатских, О. Б. Поробова, Т. А. Шумилова // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевск: Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 270–275.

10. Спиридонов, А. Б. Современные методы и средства безопасного хранения и производства в пищевой отрасли / А. Б. Спиридонов, И. Ш. Шумилова, К. В. Анисимова, Н. Г. Главатских // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевск: Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 183–187.

11. Шумилова, И. Ш. Инновационные приемы в индустрии питания / И. Ш. Шумилова, А. Б. Спиридонов, К. В. Анисимова, Н. Г. Главатских, О. Б. Поробова // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевск: Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 205–210.

УДК 004.942

**Т. Ю. Савва**

*ФГБОУ ВО ОГУ имени И. С. Тургенева*

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РАСПИСАНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ПЛОДООВОЩНОГО СЫРЬЯ**

Рассмотрены особенности формирования производственных расписаний на предприятиях по переработке плодоовощного сырья. На основе анализа предметной области разработаны объектно-ориентированная модель автоматизированной системы формирования производственных расписаний для подобных предприятий, ее программное обеспечение и база данных.

Перерабатывающая промышленность является важнейшей отраслью АПК, от эффективности работы которой, как отмечено в работе [1], в значительной степени зависит стратегическая безопасность государства. При этом в организации производственных процессов на предприятиях перерабатывающей промышленности АПК нами был выделен ряд особенностей, которые, прежде всего, обусловлены спецификой используемого скоропортящегося сырья, способного изменять в определенных условиях свое качественное состояние вплоть до непригодного к дальнейшему использованию [2]. Вследствие этих особенностей главной задачей производственного планирования на предприятиях по переработке плодоовощного сырья является повышение эффективности их работы за счет минимизации объемов непригодного для технологической переработки или продажи испорченного сырья.

Реализация на перерабатывающем предприятии производственной программы, включающей несколько номенклатурных позиций со схожими технологическими маршрутами (ТМ), требует составления такого плана загрузки оборудования, который бы учитывал с одной стороны, специфику скоропортящегося сырья, а с другой – минимизировал бы простой оборудования и объем незавершенного производства [3]. При этом также необходимо повысить эффективность использования оборудования и сократить время его простоя.

Порядок загрузки оборудования определяется в производственных расписаниях в соответствии с последовательностью технологических операций, предусмотренных рецептурой изготовления продукции. Если производственным планом предусмотрено параллельное осуществление технологических процессов для двух или более видов готовой продукции, то при наличии конкурентного доступа к определенным видам оборудования возможно возникновение конфликтной ситуации, при которой плановику (мастеру цеха) следует в кратчайшие сроки принять решение об очередности загрузки. В отличие от аналогичной ситуации, возникшей, например, на предприятиях приборостроения, решение о приоритете загрузки каких-либо партий над другими должно приниматься с учетом их текущего качественного состояния, а также возможность отложить загрузку других готовых к загрузке партий без существенных потерь в их качестве или количестве. Кроме того, следует принять во внимание необходимость в переналадке, очистке оборудования, затратах подготовительно-заключительного времени.

Разработанная нами в [2] методика формирования производственных расписаний для предприятий по переработке плодоовощного сырья основана на применении имитационного моделирования и математической модели технологических маршрутов, построенной с помощью предложенного модифицированного аппарата сетей Петри [4]. Указанная методика формирования производственных расписаний включает три этапа (рис. 1).



Рисунок 1 – Общая схема формирования производственных расписаний на предприятии по переработке плодоовощного сырья



На *первом этапе* «Формализация описания реализуемых ТМ» осуществляется построение модели ТМ для множества видов выпускаемой продукции в виде модифицированной сети Петри. При этом в модифицированной сети Петри учитываются все возможные пересечения заданных ТМ, как в плане используемых ингредиентов, так и по видам используемого оборудования в ходе тех или иных технологических операций.

На *втором этапе* построения производственных расписаний «Формирование допустимых вариантов сценария производственного расписания» выполняется дискретно-событийное моделирование процесса производства указанных видов готовой продукции в заданном плановом периоде на основе построенной на предыдущем этапе модели ТМ в виде модифицированной сети Петри.

Проектирование автоматизированной системы формирования производственных расписаний было выполнено с использованием стандарта языка визуального моделирования UML [6]. На основе анализа предметной области были выделены четырех основных варианта использования в структуре программного средства. При этом с ним взаимодействуют три вида внешних сущностей: Плановик, Кладовщик, Диспетчер. Разработанная диаграмма вариантов использования для разработанной автоматизированной системы представлена на рисунке 2.

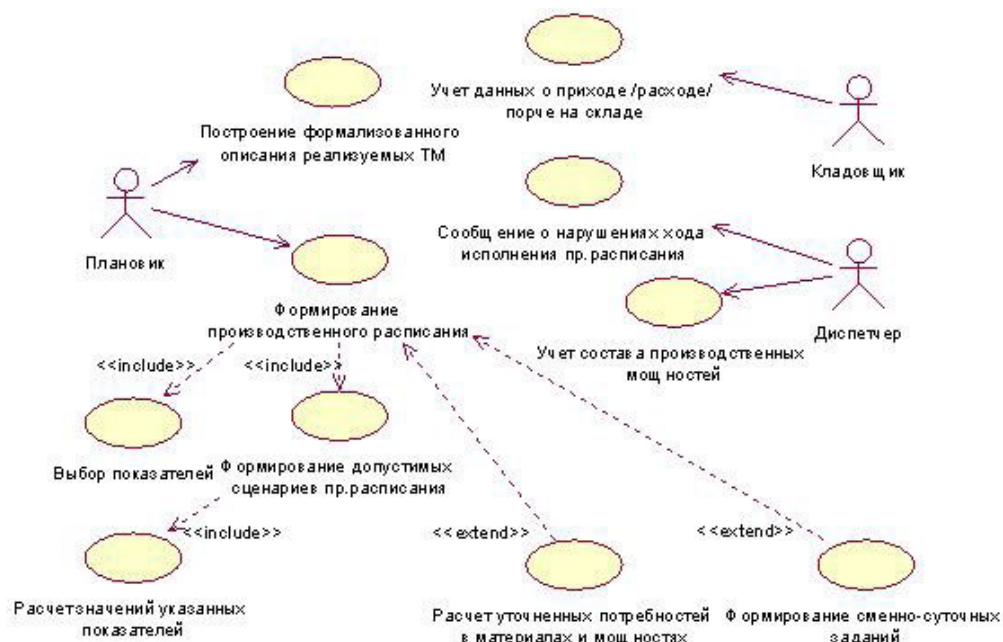


Рисунок 2 – Диаграмма вариантов использования для программного средства формирования производственных расписаний

Кладовщик и Диспетчер осуществляют ввод сведений о текущем состоянии сырья, полуфабрикатов, готовой продукции и про-



изводственных мощностей. Кладовщик – осуществляет фиксацию изменений состава закупаемого сырья и полуфабрикатов, а также полуфабрикатов собственного производства и готовой продукции на складах предприятия. Оперативное предоставление указанных сведений плановику является одним из необходимых условий эффективного формирования производственного расписания.

Диспетчер цеха указывает на отклонения от принятого к исполнению производственного расписания (выбранного варианта сценария), в том числе, выход из строя оборудования, нехватку обслуживающего персонала, изменения в составе закупаемого сырья и полуфабрикатов, а также полуфабрикатов собственного производства или готовой продукции, например, порчи, в результате тех или иных сбоев в ходе реализации технологических процессов. Выявленные таким образом отклонения служат предпосылкой для корректировки текущего производственного расписания.

Роль Плановика при взаимодействии с программным средством предполагает следующие действия:

- ввод исходных данных о производственных планах на определенный период, о структуре технологических маршрутов с точностью до описания требуемых объемов загружаемых в ходе каждой технологической операции партий закупаемого сырья и полуфабрикатов, а также полуфабрикатов собственного производства, основном и подготовительно-заключительном времени обработки, требуемой оснастки, допустимых интервалах нетехнологического пролеживания и т. д.;

- выбор показателей для оценки сценариев производственного расписания из множества предлагаемых автоматизированной системой;

- задание параметров моделирования (начало и окончание моделирования относительно текущей даты);

- график поступления закупаемого сырья и полуфабрикатов с указанием объемов партий;

- анализ результатов моделирования – набора допустимых сценариев производственного расписания производства, и выбор наилучшего, по его мнению, для дальнейшего автоматизированного построения производственного расписания в некотором удобном для использования формате, включая сменно-суточные задания и расчет уточненных потребностей в материалах и мощностях.

В соответствии с методикой, изложенной в [6], разработана модель информационного обеспечения автоматизированной системы формирования производственных расписаний в виде диаграммы классов (рис. 3).

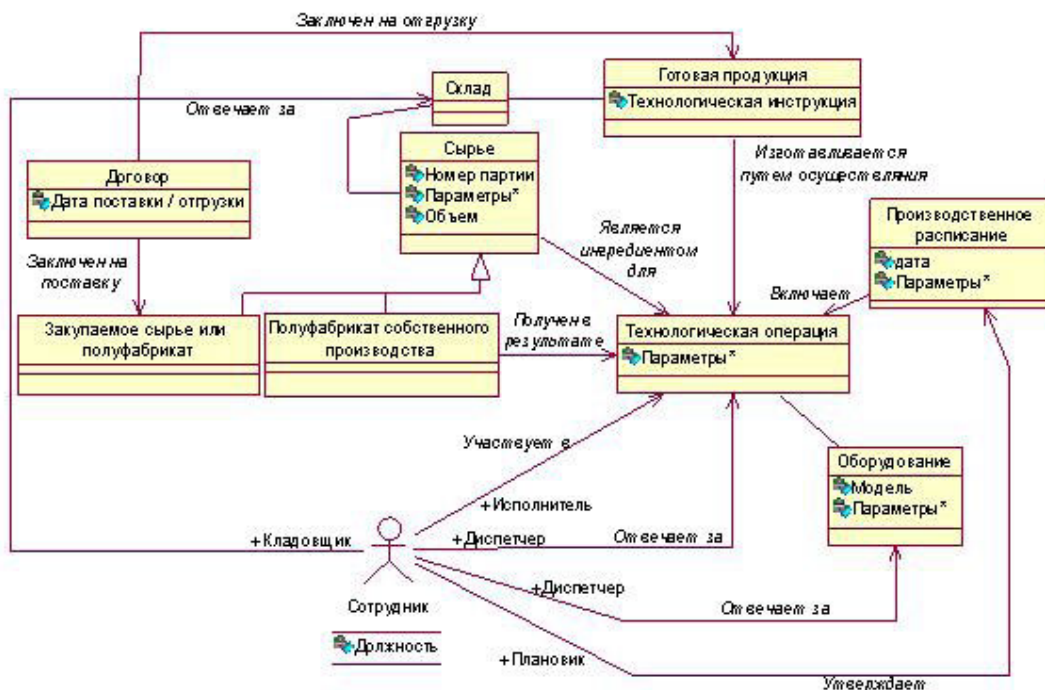


Рисунок 3 – Диаграмма классов автоматизированной системы формирования производственных расписаний

Экранная форма программного средства для решения задачи формирования производственных расписаний в режиме редактирования технологического маршрута изготовления продукции «Варенье сливовое» (дочернее окно «Технологический маршрут») представлена на рисунке 4.

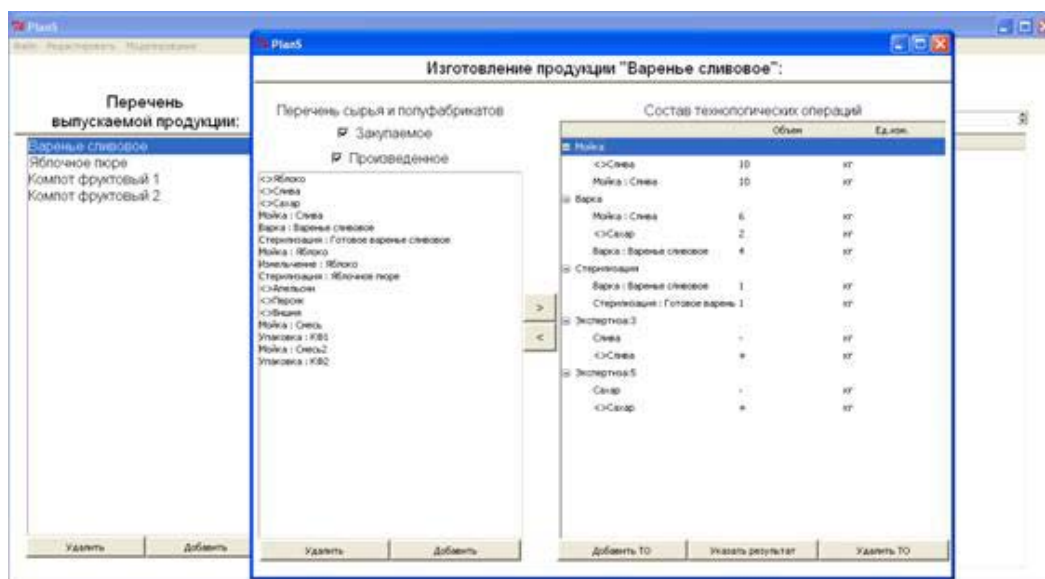


Рисунок 4 – Экранная форма программного средства формирования производственных расписаний в режиме редактирования технологического маршрута изготовления продукции «Варенье сливовое» (дочернее окно «Технологический маршрут»)

Итоговые значения решения задач по формированию производственных расписаний сохраняются в файлах базы данных автоматизированной системы и выводятся на экран монитора и печатающее в формате табличного процессора MS Excel. Экранная форма представления результатов решения задачи формирования производственного расписания изготовления продукции «Варенье сливовое» приведена на рисунке 5.

Производственное расписание									
19.08.2019-25.08.19									
Сутки: 19.08.2019							Мастер: Иванов И.П.		
Смена: I			Дата утверждения: 19.08.2019						
Время	Вид продукции	Операция	Время операции, мин	Оборудование	Игредиенты		Выход		Допустимый остаток сырья, мин
					Наименование	(кг)	Наименование	(кг)	
6:00	-	Премка	20	-	Батожаны	3000	Батожаны	2050	14400
6:00	-	Премка	20	-	Кабачки	3500	Кабачки	2050	14400
6:00	-	Премка	20	-	Лук	3000	Лук	2090	30240
6:25	Икра кабачковая	Мойка	10	Мойка I	Кабачки	250	Кабачки	250	4320
6:35	Икра кабачковая	Измельчение	10	Машина для измельчения	Кабачки	250	Кабачки : кусочки	200	4320
6:40	Икра кабачковая	Прокаливание масла	15	Паромасляная печь	Масло растительное	88	Масло растительное : прокал.	80	30
6:55	Икра кабачковая	Обжарка	25	Промасляная печь	Кабачки	1470	Основное сырье : обжаренное	1300	420
					Масло растительное	80			
					Морковь	91			
					Лук	74			
					Белые корни	25			

Рисунок 5 – Экранная форма представления результатов построения детализированного производственного расписания в формате электронной таблицы MS Excel

Практическое использование системы автоматизированного формирования производственных расписаний на ряде предприятий АПК Орловской области позволило увеличить пропускную способность производственного оборудования на 6–8 % и сократить потери плодоовощного сырья и полуфабрикатов на 5–10 % за счет повышения качества и оперативности планирования работ.

### Список литературы

1. Тимошкина, Е. В. Система управления сырьевым обеспечением перерабатывающих предприятий (на примере Удмуртской республики) / Е. В. Тимошкина // Землеустройство и экономика АПК: информационно-аналитическое и налоговое обеспечение управления: материалы I Междунар. научно-практической конф. (Ижевск, 5 мая 2019 г.), под общ. ред. Н. А. Алексеевой – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – С. 77–81.
2. Савва, Т. Ю. Автоматизация формирования производственных расписаний на предприятиях по переработке плодоовощного сырья: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: 05.13.06 / Савва Татьяна Юрьевна; Госуниверситет-УНПК. – Орел, 2013. – 16 с.

3. Савва, Т. Ю. О задаче оперативного планирования загрузки оборудования на предприятии по переработке скоропортящегося сырья / Т. Ю. Савва // Инновационные информационные технологии (Innovation Information Technologies, г. Прага): материалы Междунар. научно-практической конф. – М.: МИЭМ, 2012. – С. 450–455.

4. Вирбицкайте, И. Б. Сети Петри: модификации и расширения / И. Б. Вирбицкайте. – Новосибирск: Изд-во НГУ, 2005. – 123 с.

5. Савва, Т. Ю. Разработка модифицированного аппарата сетей Петри для моделирования систем с переменными характеристиками используемых ресурсов / Т. Ю. Савва // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия История, экономика, политология, информатика. – 2013. – № 8 (151), выпуск 26/1. – С. 167–174.

6. Буч, Г. Язык UML. Руководство пользователя / Г. Буч, Д. Рамбо, А. Джекобсон. – Пер. с англ. – А. А. Слинкин. – 2-е изд., стер. – М.: ДМК Пресс; СПб: Питер, 2004. – 432 с., ил. – (Серия «Объектно-ориентированные технологии в программировании»).

УДК 536.6

**А. А. Сергеев, И. В. Бадретдинова**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **ТРАНСПОРТНЫЕ ХОЛОДИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ**

Дан анализ существующих автотранспортных холодильных установок, предназначенных для перевозки скоропортящихся грузов.

В настоящее время все более увеличивается объем перевозок различных товаров, в том числе продуктов, автомобильным транспортом. В связи с этим актуальным является вопрос сохранности скоропортящихся продуктов во время транспортировки. Это позволит обеспечить надлежащее качество перевозимой продукции и уменьшить потери.

Все транспортные рефрижераторы состоят из двух неотъемлемых частей: холодильной установки и изотермического корпуса. Установки монтируются на изотермические фургоны разного класса и габаритов, соответственно, чем больше внутренний объем фургона, тем мощнее должен быть холодильный агрегат.

Перевозка продуктов осуществляется в изотермических фургонах или полуприцепах, минимизирующих теплопритоки со стороны окружающего воздуха. Изотермическая изоляция обычно вы-

полняется из сэндвич-панелей, в качестве утеплителя используется пенополиуретан, под давлением нагнетаемый в межпанельное пространство. Он обеспечивает хорошую теплоизоляцию, проникая практически во всё незаполненное пространство между стенок, и придаёт повышенную прочность всему фургону, выполняя функцию дополнительного скрепляющего конструкцию полуприцепа материала. Пол фургона рефрижератора выполнен из металла, утепление выполняется также из пенополиуретана, шириной около 50 мм, покрытое фанерой и оцинкованным или алюминиевым профилем. Все швы соединений обрабатываются герметиком. Чем ниже температура перевозимого груза и чем выше окружающая, тем толще должна быть термоизоляция.

Рефрижераторные установки способны поддерживать температуру внутри фургона от +20 до -25 °С. Все холодильные установки автоматически, с помощью термостата, осуществляют поддержание заданной температуры и имеют автоматическое и ручное включение оттайки испарителя. Управление рефрижераторами производится либо электромеханической системой управления, либо встроенным микропроцессорным контроллером, обеспечивающим самодиагностику и облегчающим управление холодильной установкой

В рефрижераторной установке имеется холодильный компрессор, который можно назвать сердцем данной установки. Во вращение его может приводить двигатель автомобиля, дизельный двигатель, находящийся в самом рефрижераторе, или электродвигатель.

Установки с приводом от двигателя транспортного средства, их ещё называют рефрижераторами с прямым приводом, имеют приводной клиновидный или плоский ремень, с помощью которого компрессор и приводится в движение. На валу холодильного компрессора установлена электромагнитная муфта сцепления, которая включается или выключается в то время, когда, соответственно, холодильный агрегат включен или выключен. Вентиляторы конденсатора и испарителя работают от бортового электричества. Примером таких рефрижераторных установок могут служить агрегаты Carrier модельных рядов ZEPHYR, INTEGRA, XARIOS, VIENTO, Thermo King – Vx00.

Есть ещё такие небольшие холодильные установки-моноблоки (как Carrier Neos 100), где приводом компрессора является электродвигатель постоянного тока (обычно 12 или 24 Вольт). Они очень легко и быстро устанавливаются на крыше небольших грузовиков, ведь нет нужды искать место и крепить дорожный холодильный компрессор где-то на двигателе автомобиля. В последнее время стали встречаться моноблочные рефрижераторные установки, работа-



ющие от питания в 230 Вольт в дорожном режиме – там стоит преобразователь напряжения, который из 12 или 24 Вольт постоянного тока вырабатывает 230 Вольт переменного тока. Эти преобразователи называются инверторами.

В дизельных холодильных установках запускается дизель и через центробежную муфту вращает компрессор и далее через сеть ременных передач – турбины испарителя и конденсатора, а также генератор для подзарядки аккумулятора. Если предусмотрено заводом-изготовителем, они могут работать от стояночного электродвигателя. Это такие рефрижераторы, как Carrier Transicold SUPRA, OASIS, ULTRA, MAXIMA, GENESIS и Thermo King KD, MD, RD, URD, TS, SB, SMX, SL.

Ну и последний из видов приводов транспортных рефрижераторов – это дизель-электрические. Тоже относительно всё просто – работает дизель и приводит во вращение генератор переменного трёхфазного тока, а вся холодильная установка питается уже от этого электричества. Вентиляторы воздухоохладителя и конденсатора – электрические, оттайка производится тэнами. На таких установках обычно стоят полугерметичные или герметичные холодильные компрессоры. Примерами могут служить Carrier Transicold VECTOR или различные модификации Frigoblock и TRS.

Существует ещё один класс авторефрижераторов – эвтектоидные, в простонародье мороженицы, но транспортными их можно назвать с большой натяжкой, т.к. компрессор во время движения транспортного средства стоит. Привод – только электрический, холодильная установка работает только на стоянке. Холодоотдача происходит за счет аккумуляирования холода в специальных плитах заполненных хладоносителем, например, антифризом или тосолом, во время работы холодильной машины.

Рефрижераторная часть транспортных холодильных агрегатов практически одинакова на всех типах установок. Итак, холодильный компрессор качает хладагент, который в нормальных условиях представляет собой гигроскопичный газ с отрицательной температурой кипения. На стороне всасывания компрессора температура и давление низкие (чуть больше атмосферного). Далее компрессор сжимает газообразный хладагент, при этом повышается давление (более 10 атм.) и из-за трения молекул резко возрастает температура, она может достигать до 130 °С. Затем горячий газ под большим давлением попадает в конденсатор, где он охлаждается и превращается в жидкость. Сконденсированный хладагент в жидком состоянии скапливается в ресивере, но давление все так же остается высоким. Далее на пути жидкого хладагента стоит фильтр-осушитель, он улавливает



на молекулярном уровне частички воды – самого главного врага холодильных машин. Вода, как и воздух, в холодильном контуре недопустимы. При попадании нескольких капель воды в рефрижераторную систему рефрижератор работать не будет, она просто замерзнет в дросселирующем отверстии терморегулирующего вентиля (ТРВ), предназначенного для понижения давления хладагента от давления конденсации до давления кипения. ТРВ – через него хладагент вырывается в больший, предоставленный ему объем воздухоохладителя или, как его ещё называют, испарителя. Выглядит он, чаще всего, так же, как и конденсатор, но располагается внутри камеры, которую надо охладить. Резко понижается давление, хладагент начинает кипеть и испаряться. А как известно из школьного курса физики, любая жидкость при кипении забирает тепло, то есть охлаждает. В испарителе хладагент выкипает, превращаясь обратно в пар, который всасывает компрессор, и цикл повторяется. На испарителе устанавливают вентиляторы, которые его продувают и охлаждают фургон или полуприцеп. Чтобы хладагент в конденсаторе лучше охлаждался, обычно на нём тоже ставят вентиляторы.

#### Список литературы

1. Анисимова, К. В. Установка для быстрого замораживания пищевых продуктов / К. В. Анисимова, О. Б. Поробова // Продовольственная индустрия: безопасность и интеграция: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. (Пермь, 11–14 ноября 2014 года). – Пермь: Пермская ГСХА им. Д. Н. Прянишникова. – 2014. – С. 3–5.
2. Константинова, У. И. Технология производства творога с использованием термостатного оборудования / У. И. Константинова, Т. С. Копысова // Научно обоснованные технологии интенсификации сельскохозяйственного производства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевск: Ижевская ГСХА. – 2017. – С. 115–118.
3. Литвинюк, Н. Ю. Способ криогенного замораживания для последующей сублимационной сушки в потоке инертного газа / Н. Ю. Литвинюк, К. В. Анисимова, А. Б. Анисимов // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. – 2008. – № 9. – С. 39–41.
4. Сергеев, А. А. Модель холодильной установки для производства ледяной воды / А. А. Сергеев, А. А. Штин // Устойчивому Развитию АПК – научное обеспечение: м-лы Республ. науч.-практ. конф. 24–27.02. 2006 г. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. – 2006. – С. 388–391.
5. Сергеев, А. А. Малогабаритный аккумулятор холода / А. А. Сергеев, А. И. Якименко // Научный потенциал – аграрному производству: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф., посвящ. 450-летию вхождения Удмуртии в состав России. 26–29.02 2008. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. – 2008. – Т. III. – С. 229–231.

6. Сергеев, А. А. Установка для получения ледяной воды / А. А. Сергеев, А. И. Якименко, Ф. В. Габбасова // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – № 6. – С. 26–27.

7. Сергеев, А. А. Современные тенденции применения холодильной техники в пищевой промышленности / А. А. Сергеев // Научное обеспечение АПК. Итоги и перспективы: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА 16–18 октября 2013 г. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. – 2013. – Т. 2. – С. 154–157.

8. Сергеев, А. А. Холодильная установка, работающая по комбинированному циклу / А. А. Сергеев, О. Б. Поробова // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения: м-лы Всероссийской науч.-практ. конф., 16–19 февр. 2016 г. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2016. – Т. 2. – С. 156–158.

9. Сергеев, А. А. Холодильная установка для охлаждения молока на фермах / А. А. Сергеев // Научно обоснованные технологии для интенсификации сельскохозяйственного производства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 11–17 февраля 2017 г. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2017.

10. Сергеев, А. А. Холодильная установка для охлаждения молока на автомобиле / А. А. Сергеев // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 13–16 февр. 2018 г. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2018. – Т. 2. – С. 224–228.

# ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА МАШИН

УДК 531.1

**Н. В. Гусева**

*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## ОЦЕНКА РАБОТЫ, ЗАТРАЧЕННОЙ НА ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ЗЕРНА В МОЛОТКОВЫХ ДРОБИЛКАХ

Получено аналитическое выражение для оценки полной работы  $A$ , затраченной на разрушение зерна в молотковых дробилках.

В технологии приготовления кормов основными машинами являются измельчители ударного действия – молотковые дробилки. Молотковые дробилки изготавливаются из стали 65Г с последующей закалкой. При измельчении 200 т зерна износ молотков достигает 8–10 мм. Износ происходит при взаимодействии молотков с зерном и с посторонними включениями [5].

Оценим работу, затраченную на измельчение зерна в молотковых дробилках. Происходящий в рабочей камере дробилки удар молотков барабана о куски материала (зерна) можно считать прямым центральным неупругим [1–3]. Запишем выражения теоремы об изменении количества движения молотка массой  $M$  и зерна массой  $m$ :

$$M(U_1 - V_1) = S$$

$$m(U_1 - V_2) = -S,$$

где  $U_1$  – скорости молотка и зерна после удара;

$V_1$  – скорость молотка до удара;

$V_2$  – скорость зерна до удара;

$S$  – ударный импульс.

Если пренебречь скоростью падения зерна при вводе его в дробильную камеру и считать, что скорость зерна до удара равна нулю, то скорость зерна и молотка после удара:

$$U_1 = MV_1 / (M + m).$$

При неупругом ударе часть механической энергии превращается в работу разрушения, затрачиваемую на разрушение зерна  $A_{p,z}$

и разрушение молотка  $A_{p.m.}$ . На основании закона сохранения энергии можно записать:

$$T_0 = T_1 + A_{p.m.} + A_{p.z.}$$

где  $T_0$  – кинетическая энергия молотка до удара;

$T_1$  – кинетическая энергия молотка и зерна после удара.

$$A_{p.m.} + A_{p.z.} = MV_1^2/2 - MU_1^2/2 - mU_1^2/2 = mV_1^2/2.$$

При ударе молоток отбрасывает зерна, которые ударяются о неподвижные части машины. В этом случае масса ударяемого тела много больше массы ударяющего тела и кинетическая энергия зерна также превращается в работу разрушения. Таким образом, полная работа  $A$ , затраченная на разрушение зерна:

$$A = mV_1^2 - A_{p.m.}$$

Работу, затраченную на разрушение молотка  $A_{p.m.}$ , можно оценить по ударной вязкости материала молотка [4].

### Список литературы

1. Дородов, П. В. Комплексный метод расчета и оптимального проектирования деталей машин с концентраторами напряжений: монография / П. В. Дородов. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2014. – 318 с.
2. Дородов, П. В. Повышение надежности сельскохозяйственных машин путем оптимизации формы их деталей: дисс....док. техн. наук: 05.20.03 – технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве: защищена 17.03.2016 в диссертационном совете Д 220.043.14 на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева» / Дородов Павел Владимирович. – Москва, 2015. – 327 с.
3. Решение задач теоретической механики и теории механизмов и машин с помощью принципа возможных перемещений : учеб. пособие для студентов / сост.: Н. В. Гусева, Л. А. Пушкарева. – Ижевск: ИжГСХА, 2004. – 39 с.
4. Прикладная механика [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным работам для студентов бакалавриата направления подготовки Агроинженерия / сост. П. В. Дородов. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2018. Режим доступа: <http://library.izhgsha.ru/jirbis2/>.
5. Бастрогов, А. Г. Исследование конструкции и рабочего процесса всасывающе-нагревательных дробилок зерна / Н. С. Панченко, В. И. Широбоков. – Ижевская ГСХА. Инновационному развитию АПК и аграрному образованию – научное обеспечение, 2012. – 14 с.

**П. В. Дородов, В. А. Петров, В. А. Бабушкин**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ ПОТОКА ЧАСТИЦ В БАРАБАНЕ ДРОБИЛКИ ДКР-5М**

Исследуются процессы износа рабочего барабана дробилки зерна ДКР-5М. В работе предложены теоретические методы определения напора и давления, создаваемых рабочим лопастным колесом. Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований.

**Актуальность.** При приготовлении концентрированных кормов для КРС в производственных условиях широко используются молотковые дробилки зерна различной конструкции [9], во время эксплуатации которых выявляются проблемы износа рабочих органов, а именно: сепарирующей решета, дек, молотков. Из ранее проведенных исследований выяснилось, что износ вызван характером процесса дробления и неправильной геометрической формы барабана, именно из-за внутренних концентраций напряжений (геометрическая форма) и внешних концентраций напряжений (места контакта рабочих органов друг с другом и зерном) [1, 8]. Ниже приведены фото ранее проведенных исследований (рис. 1, 2).



**Рисунок 1 – Характер износа сепарирующих решет дробилки закрытого типа:**

а) – внешняя (нерабочая) сторона; б) – внутренняя (рабочая) сторона

На рисунке 1 представлено сильное удлинение отверстий в центральной части решета, также был выявлен недопустимый износ перемычек между отверстиями в продольном направлении. По ранее проведенным опытам и исследованиям выяснилось, что удлинение отверстий решета произошло в среднем на 40 %, а это приводит к повышению модуля помола.



Рисунок 2 – Разрушение рабочего барабана

Таким образом, в ранее проведенных исследованиях и опытах выяснилось, что основной причиной разрушения рабочих органов дробилки является абразивный износ их поверхностей и развитие трещин вследствие циклического характера нагрузок (усталость материала). Кроме всего прочего усугубляет износ попадание в зерновую массу неорганических примесей, удаление которых тоже значимая работа [2, 3]. Для решения проблем абразивного износа необходимо выяснить характер процессов, протекающих в дробильной камере. Исследовав кинематические характеристики потока зерна в виде частиц в барабане дробилки, появится возможность моделирования поверхности рабочего органа наилучшим образом не подверженному износу. Поток частиц внутри всасывающе-нагнетательной дробилки в большей степени обеспечивает лопастное колесо. Кинематика движения среды крайне сложна, и для ее понимания нужно получить план скоростей [6]. Основным рабочим органом дробильного барабана для обеспечения движения потоков является лопастное колесо. Конструктивные особенности лопастного колеса будут формировать различную кинематику потока частиц. Для снижения разрушающего воздействия рабочей среды на конструкцию барабана, возможно, необходимо изменить конструктив лопастей.

**Цели и задачи.** Целью работы является получение зависимости напора от конструктивных параметров лопастного барабана дробилки зерна.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- определить теоретически давление;
- провести теоретическое и практическое исследование влияния конструкции лопастного барабана на характеристику потока;
- сравнить результаты теоретических и практических результатов.



**Материал и методы исследований.** Определение теоретического напора с учетом поправки на конечное число лопастей  $\mu$  и коэффициента стеснения  $K(2)$  частично было рассмотрено в литературе [4]. Абсолютную скорость частицы двухфазной среды в произвольной точке можно получить геометрическим суммированием переносной и относительной скоростей. Для характеристики кинематики потока воспользовались уравнением Эйлера [7] при следующих допущениях:

- 1) двухфазная среда представлена в виде идеальной жидкости;
- 2) число лопастей  $z = \infty$ ;
- 3) угловая скорость  $\omega = \text{const}$ .

При этом напор лопастного колеса  $H_{T\infty}$  будет равен разности энергии  $E_2 - E_1$  потока на выходе и на входе соответственно. Рассмотрим наиболее простой случай радиального входа двухфазной среды в рабочее колесо, когда  $V_{u1} = 0$  получили выражение:

$$H_{T\infty} = \frac{\omega}{g} \cdot r_2 \cdot V_{u2} \quad (1)$$

где  $\omega$  – угловая скорость рад/с;

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

$r_2$  – радиус до конца лопасти (м);

$V_{u2}$  – окружная скорость частиц (м/с).

Поскольку максимальный износ на поверхности лопастей барабана имеет одинаковую форму, соответственно, износ не хаотичен и имеет закон распределения. Принимая во внимание вышеупомянутые работы, преобразуем уравнение (1) со значением составляющих скоростей для определения теоретического напора при бесконечном числе лопастей:

$$\begin{aligned} H_{T\infty} &= \frac{u_2}{g} \cdot \left( u_2 - \frac{Q \cdot K \cdot \text{ctg}\beta_2}{\pi \cdot D_2 \cdot b_2} \right) = \frac{\omega \cdot r_2}{g} \cdot \left( \omega \cdot r_2 - \frac{Q \cdot K \cdot \text{ctg}\beta_2}{\pi \cdot D_2 \cdot b_2} \right) = \\ &= \frac{\omega}{g} \cdot \left( \omega \cdot r_2^2 - \frac{Q \cdot K \cdot \text{ctg}\beta_2}{2 \cdot \pi \cdot b_2} \right). \end{aligned} \quad (2)$$

где  $Q$  – объемная подача (м<sup>3</sup>/с);

$K$  – коэффициент стеснения;

$b_2$  – ширина лопасти.

Разница между напором  $H_{T\infty}$  и  $H_T$  в первую очередь объясняется отличием в распределении скоростей на выходе из рабочего колеса (барабана):

$$H_T = \mu \cdot H_{T\infty}, \quad (3)$$

где  $\mu < 1$  – поправка, учитывающая влияние конечного числа лопастей.

Воспользовавшись теоремой Стокса и используя уравнение Эйлера, получили выражение следующего вида:

$$P_T = A_1 \cdot \omega \cdot \left( \omega \cdot r_2^2 - \frac{Q_1 \cos \beta_2}{\sin \beta_2 - \frac{z \cdot \delta}{2 \cdot \pi \cdot r_2}} \right) \quad (4)$$

где  $A_1 = \rho \cdot \mu$ ;

$$Q_1 = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot b_2}$$

Таким образом, получена зависимость теоретического давления от конструктивных параметров дробилки и кинематических характеристик потока рабочей среды.

**Результаты исследования.** Для чистоты эксперимента и ради проверки теоретических исследований были проведены экспериментальные исследования на лабораторной установке. Все результаты представлены в графическом виде (рис. 3).

Также была получена зависимость давления от частоты вращения (рис. 4).

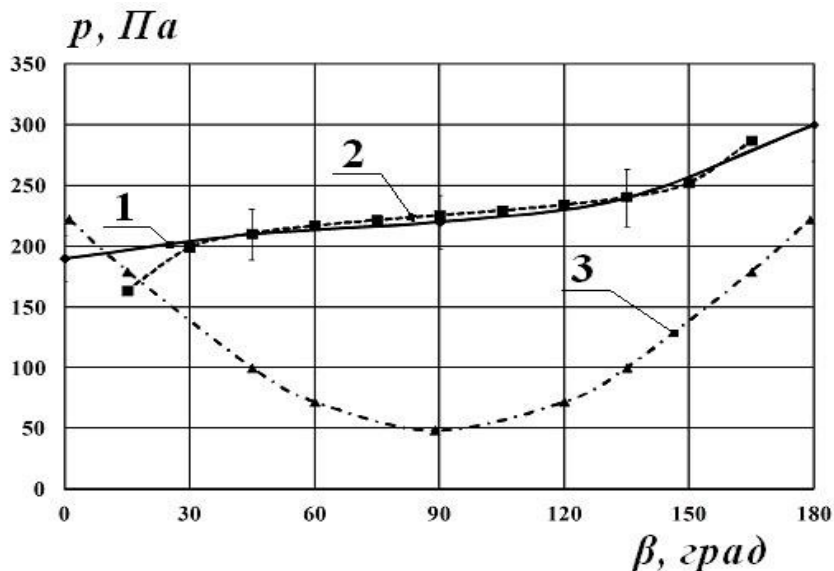


Рисунок 3 – Зависимость выходного давления из барабана от угла установки лопасти:

1 – экспериментальная зависимость; 2 – теоретическая зависимость  $P_{T\infty} = f(\beta)$ , при  $\mu = 1$ ; 3 – теоретическая зависимость  $P_T = f(\beta)$ , при  $\mu \neq 1$

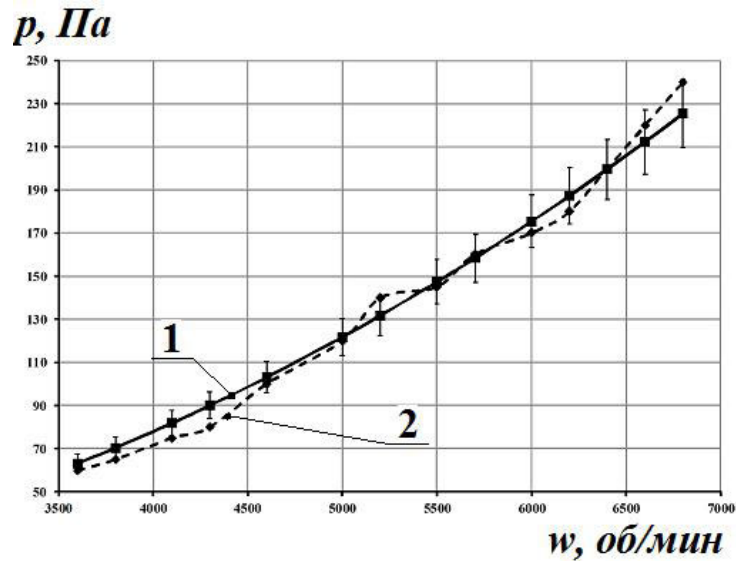


Рисунок 4 – Зависимость экспериментального давления от частоты вращения барабана при угле в  $90^\circ$  в сравнении с теоретическими значениями:

1 – теоретическая зависимость, 2 – экспериментальная зависимость.

После проведения эксперимента аналитическим методом было выявлено, что при значениях постоянных  $A_1 = 0,3626$  и  $Q_1 = 0,05513$  экспериментальная зависимость (рис. 5) близка к теоретической зависимости  $P_{T\infty} = f(\beta)$ , при  $\mu = 1$ . Согласно [5], величина абразивного износа пропорциональна давлению потока твердых частиц:

$$\Delta \sim P^n$$

где  $\Delta$  – износ, м;

$P$  – давление потока, Па;

$n$  – показатель износа.

Поскольку экспериментальная зависимость с 5% погрешностью совпадает с теоретической зависимостью при  $\mu = 1$ , принимаем формулу абразивного износа (5.3) в следующем виде:

$$\Delta = C \cdot \left( \rho \cdot \omega \cdot \left( \omega \cdot r_2^2 - \frac{Q \cdot K \cdot \text{ctg}\beta_2}{2 \cdot \pi \cdot b_2} \right) \right)^n. \quad (6)$$

Чтобы увеличить продолжительность работы барабана и дробилки в целом, необходимо прийти к условию оптимизации формы барабана. Условие оптимизации износа барабана от угла установки лопастей представлено ниже:

$$\frac{d\Delta}{d\beta} \rightarrow 0 \quad (7)$$

данное условие приводит к оптимизации угла лопасти  $\beta$ .

Тогда:

$$\frac{d\Delta}{d\beta} = 0 \quad (8)$$

позволит определить оптимальное значение угла  $\beta$ .

**Выводы.** В ходе исследования теоретическими методами зависимости давления потока от конструктивных характеристик рабочего лопастного колеса дробилки зерна получена теоретическая зависимость и подкрепленная экспериментальным путем. Зависимость экспериментального давления от частоты вращения барабана при угле  $90^\circ$  в сравнении с теоретическими значениями не выходит за пределы в 5 %, что позволяет применять данную теорию для расчета моделей и натуральных деталей в дальнейшем. Кроме этого, учитывая работы [5, 10], выяснилось, что величина абразивного износа пропорциональна давлению потока твердых частиц, соответственно, возникает вопрос соотношения величины давления и ресурса рабочего органа дробилки, требующий дальнейшего изучения.

#### Список литературы

1. Баженов, В. А. Результаты экспериментальных исследований вибрационного отделителя примесей из зерна / В. А. Баженов, А. А. Мякишев, В. А. Петров [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2016. – № 12 (67). – С. 27–35.
2. Дородов, П. В. Повышение надежности сельскохозяйственных машин путем оптимизации формы их деталей: спец: 05.20.03: дисс....док. техн. наук / Дородов Павел Владимирович. – Москва, 2015. – 327 с.
3. Ерохин, М. Н. Принципы повышения надежности и эффективности эксплуатации сельскохозяйственной техники: спец: 05.20.03: дис. док. техн. наук / Ерохин Михаил Никитич. – Москва, 1994. – 76 с.
4. Ломакин, А. А. Центробежные и осевые насосы / А. А. Ломакин. – М.: Машиностроение, 1966. – 364 с.
5. Мерзляков, В. Г. Физико-технические основы гидроструйных технологий в горном производстве / В. Г. Мерзляков, В. Е. Бафталовский. – М.: ФГУП ННЦ ГП – ИГД им. А. А. Скочинского, 2004. – 645 с.
6. Михайлов, А. К. Лопастные насосы. Теория, расчет и конструирование / А. К. Михайлов, В. В. Малющенко. – М.: Машиностроение, 1977. – 288 с.
7. Протопопов, А. А. Расчет оптимального числа лопаток рабочего колеса центробежного насоса / А. А. Протопопов, Г. К. Боровин // Инженерный вестник – 2014. – № 11. – С. 183–185.
8. Широбоков, В. И. Дробилка для зерна с вибрационным отделителем неорганических примесей: патент на полезную модель RUS № 172549 / Баже-

нов В. А., Жигалов В. А., Петров В. А., Витвинова М. А. // Заявка № 2016145551 от 21.11.2016. Оpubл. 12.07.2017.

9. Широбоков, В. И. Анализ работы дробилок зерна / В. И. Широбоков, А. Г. Бастригов, С. В. Хохряков [и др.] // Сборник трудов ИжГСХА. – 2017. – С. 326–333.

10. Опыт применения гидравлической струи [Электронный ресурс] – [http://mogormash.com/publications/opyt\\_prim\\_gidr\\_struy.pdf](http://mogormash.com/publications/opyt_prim_gidr_struy.pdf).

УДК 620.17: 535.4

**П. В. Дородов, Н. В. Гусева, М. М. Киселев**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЯРИЗАЦИОННО-ОПТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ В МОДЕЛЯХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

Разработана простая электронная схема управления поляризационно-оптической установкой для исследования напряженного состояния в плоских моделях деталей с использованием дешевых и доступных электромеханических элементов. Такая схема полностью устраняет дребезг контактов и позволяет использовать её как часть автоматизированной системы измерений.

**Актуальность.** Одним из экспериментальных методов изучения распределения напряжений на плоских моделях деталей машин является поляризационно-оптический (ПО) метод [1, 2, 4, 6]. Он позволяет измерить величину максимальных касательных напряжений (разность главных напряжений) и их направления. В большинстве случаев этих параметров достаточно для оптимизации конструктивных элементов механизмов [3, 5].

**Материалы и методы.** Для управления ПО установкой необходимо синхронно вращать поляризатор и анализатор для нахождения угла наклона главной площадки и измерить световой поток [4, 6]. Синхронное вращение осуществляется сервомоторами, сельсинами и шаговыми двигателями. Самый простой и дешевый способ – это применение шаговых двигателей (ШД) с храповым механизмом передачи вращения типа МШР1 с шагом 5°. Для приведения в действие такого двигателя применяют кнопочные контакты. Такие контакты имеют существенный недостаток – дребезг контактов, что приводит к нарушению синхронности вращения. Для устранения такого явления разработана, представленная схема на рисунке 1, с использованием деше-

вых и доступных элементов. Схема включает два стабилизатора напряжения DA1, который питает ШД и DA2 для питания лазерного модуля. ШД управляется импульсами тока, усиленными транзисторами VT1 и VT2, сформированными таймерами DA3 и DA4, которые используются в режиме одновибратора [7]. Здесь DA3 подает импульсы на обмотки ШД1а и ШД2а, роторы которых вращаются по ходу часовой стрелки, DA4 подает импульсы на обмотки ШД1б и ШД2б, роторы которых вращаются против хода часовой стрелки. ШД1 используется для вращения поляризатора, а ШД2 – для анализатора.

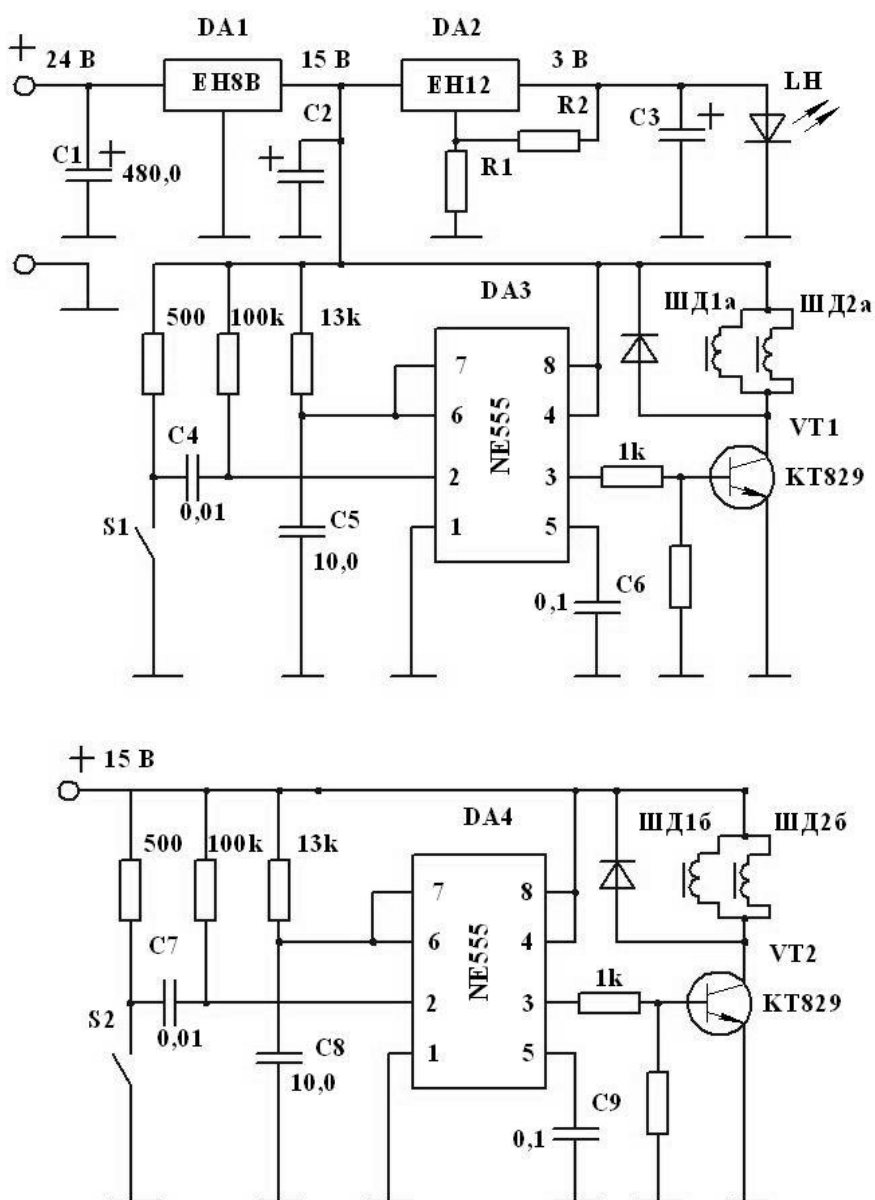


Рисунок 1 – Принципиальная схема блока управления поляризационно-оптической установки:

DA1, DA2 – стабилизаторы напряжения; VT1, VT2 – транзисторы;  
DA3, DA4 – таймеры; LH – лазерный модуль; ШД1, ШД2 – шаговые двигатели;  
S1, S2 – кнопки управления вращением ШД1 и ШД2



Для надежного срабатывания ШД время сформированного импульса таймерами DA3 и DA4 установлено не менее 0,1 с. Таймеры запускаются кнопками S1 и S2. Резистор R1 регулирует оптимальный режим работы лазерного модуля.

**Вывод:** Разработанная схема полностью устраняет дребезг контактов и позволяет использовать её как часть автоматизированной системы поляризационно-оптических измерений.

### Список литературы

1. Александров, А. Я. Развитие интерференционно-оптических методов механики деформируемого твердого тела / А. Я. Александров, М. Х. Ахметзянов, В. А. Жилкин // Экспериментальные методы исследований деформаций и напряжений. – Киев, 1983. – С. 11–18.
2. Беркутов, В. П. Полярископ для определения разности главных напряжений в плоских моделях, изготовленных из оптически малочувствительных прозрачных материалов / В. П. Беркутов, Н. В. Гусева, П. В. Дородов, М. М. Киселев // Вестник ИжГТУ. – 2008. – № 4(40). – С. 108–110.
3. Дородов, П. В. Комплексный метод расчета и оптимального проектирования деталей машин с концентраторами напряжений: моногр. / П. В. Дородов. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2014. – 316 с.
4. Дородов, П. В. Совершенствование установки для исследования напряженно-деформированного состояния в плоских прозрачных моделях деталей сельскохозяйственной техники / П. В. Дородов, Н. В. Гусева // Техника и оборудование для села. – 2015. – № 4. – С. 10–13.
5. Дородов, П. В. Повышение надежности сельскохозяйственных машин путем оптимизации формы их деталей: дисс.... док. техн. наук: 05.20.03 – технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве: защищена 17.03.2016 в диссертационном совете Д 220.043.14 на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева» / Дородов Павел Владимирович. – Москва, 2015. – 327 с.
6. Киселев, М. М. Разработка установки для определения главных напряжений с повышенным пространственным разрешением в плоских прозрачных изделиях: дисс.... канд. техн. наук: 05.11.13 / Киселев Михаил Михайлович. – Ижевск, 2010. – 136 с.
7. Схема включения таймера NE555: электронный ресурс. – Режим доступа: <https://ledjournal.info/spravochnik/ne555-datasheet.html>.

А. Г. Иванов<sup>1</sup>, А. А. Мохов<sup>2</sup>, А. П. Бодалев<sup>2</sup>, Е. Е. Шпаков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

<sup>2</sup>ООО ПКБ «Горизонт»

## ОСОБЕННОСТИ ОБТОЧКИ ДЕТАЛЕЙ ВРАЩЕНИЯ С БОЛЬШИМ ДИАМЕТРОМ

Рассмотрены вопросы обточки деталей вращения с диаметром 600 и более мм при помощи резца, установленного не в одной горизонтальной плоскости с осью вращения детали. Определены зависимости для позиционирования режущей кромки резца относительно детали с целью получения необходимой геометрии.

Токарная обработка деталей вращения типа вал традиционно выполняется на токарных станках. Точение производится резцом, который подводится к детали в горизонтальной плоскости, проходящей через ось её вращения [1–5] (рис. 1).

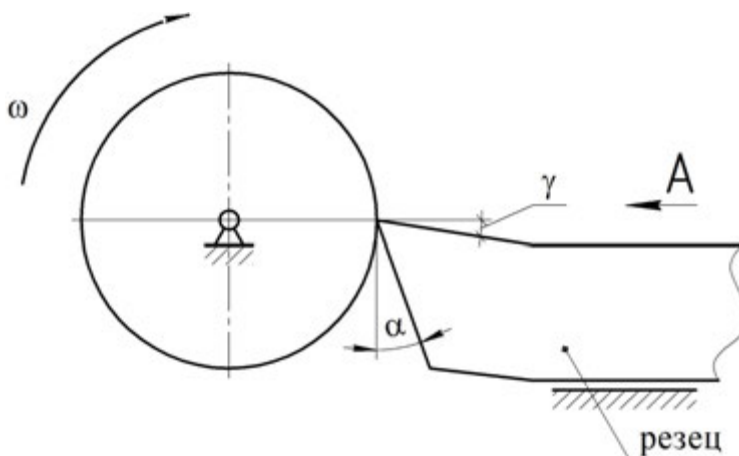


Рисунок 1 – Схема традиционного точения деталей типа вал

У резца имеются передний угол  $\gamma$  и задний угол  $\alpha$ , под которыми сходятся грани резцовой головки, образующие режущую кромку. Расположение вершины резца подобным образом обеспечивает наилучшие условия реза [6, 7]. На схеме показано направление движения резца по стрелке А, которое обеспечивает необходимую глубину обработки (толщина снимаемого слоя металла на рисунке 1 не показана).

Данная обработка очень удобна, позволяет производить резание с наименьшими усилиями при прочих равных условиях и легко решается при использовании типовых станков для деталей с диаметрами не более 200...250 мм [8]. Однако в народном хозяйстве используется достаточно большое количество изделий с валами, диаметром 800

и более мм, например, роторы, стальные колеса и блоки кранов и т. д. Эти детали в процессе эксплуатации могут изнашиваться. Для восстановления их внешней геометрии их перетачивают. Для этого необходимо снять массивные детали, привезти их к месту токарной обработки и произвести обточку на станках, имеющих достаточные габариты станины для установки подобных деталей. Указанных сложностей можно избежать, если производить токарную обработку без съема деталей, «на месте» [9, 10]. Но в таком случае зачастую компоновка элементов конструкции не позволит подвести резец к наиболее выгодной плоскости обработки. В таком случае обработку деталей ведут в плоскости, не совпадающей с осью вращения (рис. 2).

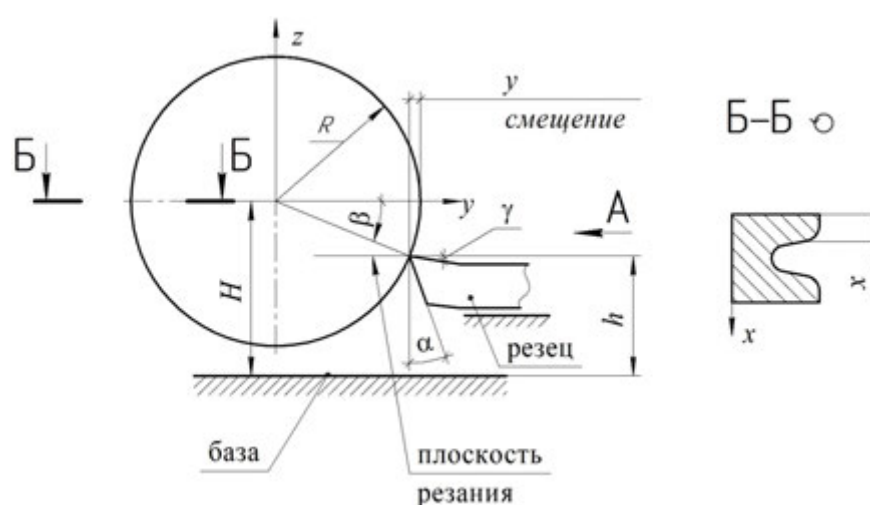


Рисунок 2 – Схема обточки детали типа вал в смещенной плоскости

Определим координаты точек поверхности детали в смещенной плоскости по их требуемым координатам в центральной плоскости. Угол  $\beta$  положения плоскости резания согласно схеме определяется так:

$$\beta = \arcsin \left( \frac{H - h}{R} \right), \quad (1)$$

где  $H$  – положение центра детали относительно выбранной базовой плоскости, мм;

$h$  – положение плоскости резания относительно заданной плоскости, мм;

$R$  – радиус детали в плоскости сечения, перпендикулярного оси вращения и определяемого координатой  $x$  от торца детали, мм.

Поправка профиля  $y$ :

$$y = R(1 - \cos\beta)$$

Составляем таблицу поправок профиля для каждой точки (табл. 1), определяемой координатой  $x$  в Excel, задавая параметры  $H$  и  $h$  по схеме (рис. 2). Для примера рассмотрим, канатный блок кранового механизма подъёма с диаметром по средней линии каната 800 мм, параметрами  $H = 430$  мм и  $h = 200$  мм.

Таблица 1 – Значения координат положения резца

№ п/п	$x$ , мм	$R$ , мм	$\beta$ , градус	Смещение $y$ , мм
1	20	390	36,13	75,04
2	30	405	34,60	71,65
...				

Однако подобный метод не учитывает, что обработка профиля канатного блока может производиться разными частями режущей кромки резца. Из-за наличия угла  $\alpha$  высота  $h$  может изменяться до – 4 мм.

Оценим величину наибольшей погрешности для базовых точек, представленных в таблице 1. Для этого в расчетах размер  $h$  сделаем равным  $h = 196$  мм (табл. 2).

Таблица 2 – Значения координат положения резца для оценки погрешности

№ п/п	$x$ , мм	$R$ , мм	$\beta$ , градус	Смещение $y$ , мм
1	20	390	35,29	78,00
2	30	405	36,87	74,44
...				

Таким образом, можно сделать вывод, что погрешность достаточно существенна и составляет при этих размерах порядка 2,79...2,96 мм. Следовательно, в расчетах координат точек для точения следует учитывать, и какой частью резца будет обрабатываться та, или иная часть профиля детали. Таким образом, представленная методика расчета позволяет пересчитать координаты центрального профиля детали в координаты смещенного профиля детали, однако следует вводить поправки на расположение режущей части кромки резца в различных сечениях обрабатываемого профиля.

### Список литературы

1. Темпель, Ю. А. Математическое моделирование формообразования поверхности детали при обработке на станках с ЧПУ / Ю. А. Темпель, О. А. Темпель, И. В. Соловьев // Богатство России: сборник докладов. – 2018. – С. 138–139.
2. Шелег, В. К. Анализ и выбор рациональных режимов резания твердосплавным инструментом при точении валов / В. К. Шелег, Д. Г. Шатуров, Г. Ф. Шатуров // Наука и техника. – 2018. – Т. 17. – № 1. – С. 14–20.

3. Плотников, А. Л. Управление режимами резания на токарных станках с ЧПУ: моногр. / А. Л. Плотников, А. О. Таубе. – Волгоград: Волгоградский ГТУ, 2003.

4. Переверзев, П. П. Оптимизация режимов резания для станков с автоматическим циклом управления: учеб. пособ. / П. П. Переверзев, И. А. Кулыгина. – Челябинск, 2003.

5. Ветчанин, И. С. Совершенствование технологии механической обработки обрешиненных валов / И. С. Ветчанин, Р. С. Музафаров, С. А. Шияев // Техника и технологии машиностроения: м-лы VIII Междунар. науч.-техн. конф. Омск, 2019. – С. 27–33.

6. Шияев, С. А. Аналитическое определение кинематического условия работы технологической пары «инструмент – деталь» при винтовом мгновенном относительном движении / С. А. Шияев, В. И. Костяев, А. О. Лукин // Технические университеты: интеграция с европейскими и мировыми системами образования: м-лы VIII Международной конференции. В 2 т. – Ижевск, 2019. – С. 339–345.

7. Кугультинов, С. Д. Прогрессивные технологии механической обработки металлов резанием – основа развития современного машиностроительного производства / С. Д. Кугультинов // Вестник ИжГТУ, 2007. – № 4. – С. 89–92.

8. Буйносов, А. П. Выбор профиля бандажей колесных пар тепловозов, исходя из критерия максимального ресурса колесных пар до обточки / А. П. Буйносов, И. М. Пышный / Тяжелое машиностроение. – 2011. – № 4. – С. 5–11.

9. Патент 2675329 Российская Федерация, МПК В23В 5/32(2006.01). Мобильный станок для обточки колесных пар : № 2017141901 : опубл. 18.12.2018 ; заявитель и патентообладатель Шпаков Е.Е., Мохов А.А.. – 1 с.: ил. 3

10. Аксенов, В. А. Способ и станок для обточки колесных пар / В. А. Аксенов, Л. А. Полиновский, Г. И. Смагин // Патент на изобретение RUS № 2262416. Заявка № 2004108890/02 от 25.03.2004.

УДК 631.3

**А. Г. Иванов<sup>1</sup>, М. В. Шкляев<sup>1</sup>, Р. Р. Закирова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

<sup>2</sup>*ФГБОУ ВО УдГУ*

## **ПРОГРАММА ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ЭКСТРУЗИИ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА С ИХ НАГРЕВОМ**

Представлена схема экструдера для отходов животноводства с возможностью подогрева рабочей камеры. Разработана программа экспериментов по исследованию рабочих параметров экструдера, выбраны исследуемые факторы.

Традиционно в мировой и отечественной практике сельскохозяйственного производства все виды навоза/помета используются в качестве органического удобрения для земельных угодий, повышения плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур [1–4]. Для получения ценного органического удобрения необходимо его обеззаразить, то есть уничтожит патогенную микрофлору, грибковые культуры, остатки лекарственных препаратов [5, 6]. Для этого применяют прессы или шнековые экструдеры непрерывного действия, в которых материал за счет сил трения нагревается до высоких температур [7–10]. Схема подобного устройства представлена на рисунке 1.

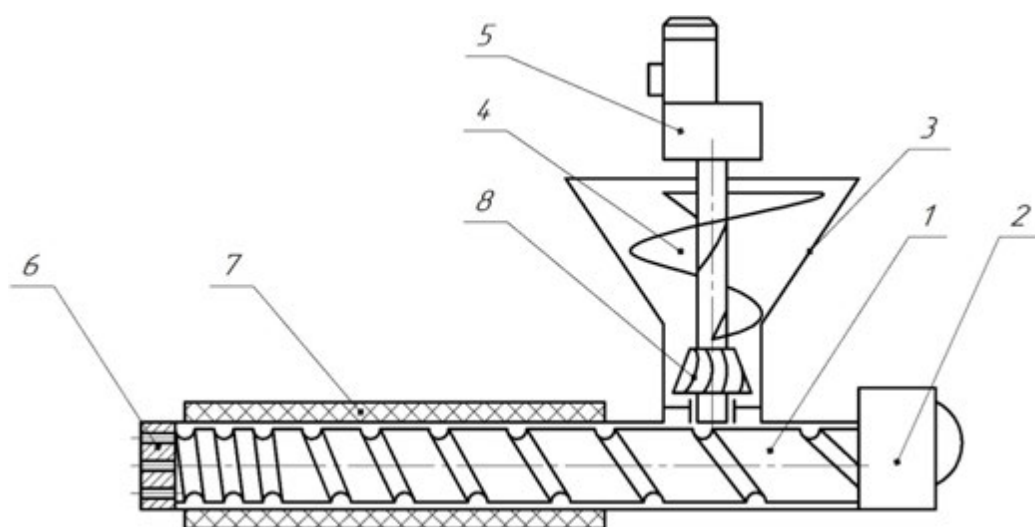


Рисунок 1 – Схема шнекового экструдера с электроподогревом материала

Экструдер состоит из основного прессующего шнека 1 с частотно-регулируемым приводом 2, конической загрузочной воронки 3, питающего шнека 4 со своим частотно-регулируемым приводом 5, регулируемой матрицы 6, кольцевого электронагревателя 7 и жернова 8. Принцип работы машины следующий: навоз крупного рогатого скота (КРС), свиней или помет птицы поступает в загрузочную воронку 3, где питающим шнеком подается в дробильную камеру на жернов 8. Затем измельченный материал захватывается основным шнеком 1 и подается в камеру сжатия. Вытеснение продукта происходит через отверстия матрицы 6, сечение которых можно изменять. Нагреватель 7 производит подогрев продукта.

Установка представляет собой винтовой шнек с переменным шагом, который захватывает помет из зоны загрузки, перемещает в зону гомогенизации и подогрева, сжимает продукт до давления 10 МПа и выдавливает его через фильтры. Внешние нагреватели обеспечивают подогрев материала до температуры 100...110 °С.



Технология позволяет обеспечить безотходное производство на птицефабриках, фермах КРС и пр. Полученный продукт можно использовать как подстилку или ценное органическое удобрение. Прессованный птичий помет содержит значительное количество ценного белка и клетчатки, что позволяет его добавлять в корм птице.

Для проверки научного предположения следует изучить влияние исходной влажности навоза/помета на его реологические свойства, развиваемое экструдером давление и температуру продукта на выходе.

Берем пробы продукта с исходной влажностью, характерной для навоза/помета порядка 70...80 % и массой 50...60 кг, чтобы рабочий процесс экструдера вышел на установившийся режим. Готовим пробы с влажностью от 80 до 30 % с шагом 10 %. Проводим измерения давления в зоне гомогенизации и температуры на выходе продукта из матрицы. При этом изменяем частоту вращения основного вала экструдера и частоту вращения питающего шнека, а также живое сечение фильер в матрице за счет поворота регулирующего клапана. В качестве дополнительного критерия определяем массовую производительность на каждом этапе экспериментов. Для этого отбираем пробу материала на выходе из экструдера в тару в течение определенного времени (5 или 10 с) и взвешиваем на весах. Массовая производительность:

$$Q_m = \frac{m}{t} \quad (1)$$

где  $Q_m$  – массовая производительность экструдера, кг/с;

$m$  – масса пробы, кг;

$t$  – время отбора пробы, с.

Матрица планирования эксперимента представлена в таблицах 1–3.

Таблица 1 – Матрица планирования эксперимента по определению зависимости давления от влажности исходного сырья и параметров процесса

Влажность исходного сырья, %		Частота вращения вала экструдера, об./мин.								
		0,5 $n_H$			1,0 $n_H$			1,5 $n_H$		
80	Полож. заслон.	Подача			Подача			Подача		
		0,8 $n_H$	1,0 $n_H$	1,2 $n_H$	0,8 $n_H$	1,0 $n_H$	1,2 $n_H$	0,8 $n_H$	1,0 $n_H$	1,2 $n_H$
	1									
	2									
	3									

Влажность исходного сырья, %		Частота вращения вала экструдера, об./мин.								
		0,5 $n_H$			1,0 $n_H$			1,5 $n_H$		
70	Полож. заслон.	Подача			Подача			Подача		
		0,8 $n_H$	1,0 $n_H$	1,2 $n_H$	0,8 $n_H$	1,0 $n_H$	1,2 $n_H$	0,8 $n_H$	1,0 $n_H$	1,2 $n_H$
	1									
	2									
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
30	Полож. заслон.	Подача			Подача			Подача		
		0,8 $n_H$	1,0 $n_H$	1,2 $n_H$	0,8 $n_H$	1,0 $n_H$	1,2 $n_H$	0,8 $n_H$	1,0 $n_H$	1,2 $n_H$
	1									
	2									
3										

Примечания:  $n_H$  – номинальная частота вращения вала, соответствующая работе двигателя на частоте тока питающей сети 50 Гц; положения заслонки соответствуют: 1 – полностью открыта; 2 – среднее положение; 3 – полностью открыта; в ячейках записывают величину давления (МПа) в камере гомогенизации по показаниям манометра.

Таблица 2 – Матрица планирования эксперимента по определению зависимости температуры от влажности исходного сырья и параметров процесса

Влажность исходного сырья, %		Частота вращения вала экструдера, об./мин.								
		0,5 $n_H$			1,0 $n_H$			1,5 $n_H$		
80	Полож. заслон.	Подача			Подача			Подача		
		0,8 $n_H$	1,0 $n_H$	1,2 $n_H$	0,8 $n_H$	1,0 $n_H$	1,2 $n_H$	0,8 $n_H$	1,0 $n_H$	1,2 $n_H$
	1									
	2									
3										
70	Полож. заслон.	Подача			Подача			Подача		
		0,8 $n_H$	1,0 $n_H$	1,2 $n_H$	0,8 $n_H$	1,0 $n_H$	1,2 $n_H$	0,8 $n_H$	1,0 $n_H$	1,2 $n_H$
	1									
	2									
3										
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
30	Полож. заслон.	Подача			Подача			Подача		
		0,8 $n_H$	1,0 $n_H$	1,2 $n_H$	0,8 $n_H$	1,0 $n_H$	1,2 $n_H$	0,8 $n_H$	1,0 $n_H$	1,2 $n_H$
	1									
	2									
3										

Примечания:  $n_H$  – номинальная частота вращения вала, соответствующая работе двигателя на частоте тока питающей сети 50 Гц; положения заслонки соответствуют: 1 – полностью открыта; 2 – среднее положение; 3 – полностью открыта; в ячейках записывают величину температуры ( $^{\circ}\text{C}$ ) на выходе из экструдера по показаниям датчика температуры.

Таблица 3 – Матрица планирования эксперимента по определению зависимости производительности от влажности исходного сырья и параметров процесса

Влажность исходного сырья, %		Частота вращения вала экструдера, об./мин.								
		0,5 $n_H$			1,0 $n_H$			1,5 $n_H$		
80	Полож. заслон.	Подача			Подача			Подача		
		0,8 $n_H$	1,0 $n_H$	1,2 $n_H$	0,8 $n_H$	1,0 $n_H$	1,2 $n_H$	0,8 $n_H$	1,0 $n_H$	1,2 $n_H$
	1									
	2									
	3									
70	Полож. заслон.	Подача			Подача			Подача		
		0,8 $n_H$	1,0 $n_H$	1,2 $n_H$	0,8 $n_H$	1,0 $n_H$	1,2 $n_H$	0,8 $n_H$	1,0 $n_H$	1,2 $n_H$
	1									
	2									
	3									
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
30	Полож. заслон.	Подача			Подача			Подача		
		0,8 $n_H$	1,0 $n_H$	1,2 $n_H$	0,8 $n_H$	1,0 $n_H$	1,2 $n_H$	0,8 $n_H$	1,0 $n_H$	1,2 $n_H$
	1									
	2									
	3									

Примечания:  $n_H$  – номинальная частота вращения вала, соответствующая работе двигателя на частоте тока питающей сети 50 Гц; положения заслонки соответствуют: 1 – полностью открыта; 2 – среднее положение; 3 – полностью открыта; в ячейках записывают величину массовой производительности (кг/с) на выходе из экструдера.

После обработки значений строят графики и определяют наиболее перспективное поле параметров работы экструдера. Затем исследуем работу экструдера совместно с нагревателями. Матрица планирования эксперимента представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Матрица планирования эксперимента по определению зависимости температуры от нагрева материала и параметров процесса

Влажность исходного сырья, %		Частота вращения вала экструдера, об./мин.								
		0,5 $n_H$			1,0 $n_H$			1,5 $n_H$		
80	Полож. заслон.	Работа N нагревателей			Работа N нагревателей			Работа N нагревателей		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
	1									
	2									
	3									

Влажность исходного сырья, %		Частота вращения вала экструдера, об./мин.								
		0,5 $n_H$			1,0 $n_H$			1,5 $n_H$		
70	Полож. заслон.	Работа N нагревателей			Работа N нагревателей			Работа N нагревателей		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
	1									
	2									
	3									
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
30	Полож. заслон.	Работа N нагревателей			Работа N нагревателей			Работа N нагревателей		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
	1									
	2									
	3									

*Примечания:*  $n_H$  – номинальная частота вращения вала, соответствующая работе двигателя на частоте тока питающей сети 50 Гц; положения заслонки соответствуют: 1 – полностью открыта; 2 – среднее положение; 3 – полностью закрыта; в ячейках записывают величину давления (МПа) и температуры (°С) на выходе из экструдера.

После проведения экспериментов можно установить рациональные режимы работы машины.

### Список литературы

1. Игнатъев, С. П. Синтез технологий переработки помета / С. П. Игнатъев // Аспекты безопасности жизнедеятельности и медицины: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – 2017. – С. 140–143.
2. Санжаровская, М. И. Ресурсосберегающая технология производства протеиновой кормовой добавки из отходов мясоперерабатывающих предприятий / М. И. Санжаровская // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал, 2009. – № 3. – С. 886.
3. Буклагина, Г. В. Корма из побочных продуктов [снижение стоимости концентрированных кормов путем использования отходов животноводства и растениеводства] / Г. В. Буклагина // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал, 2005. – № 2. – С. 310.
4. Иванов, А. Г. Перспективная технология утилизации навоза методом ускоренной ферментации / А. Г. Иванов, В. И. Ширококов, М. И. Файзуллин // Научно обоснованные технологии интенсификации сельскохозяйственного производства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевская ГСХА. – 2017. С. 77–82.
5. Закирова, Р. Р. Техносферная безопасность и ее состояние в Удмуртской Республике / Р. Р. Закирова, А. Г. Иванов, Н. Ф. Свинцова // Актуальные проблемы биологии и экологии: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – 2019. – С. 114–119.

6. Файзуллин, М. И. Лабораторные исследования навоза в ходе аэробного компостирования / М. И. Файзуллин и др. // Вестник Ижевской ГСХА. – 2019. – № 1 (57). – С. 32–42.

7. Игнатъев, С. П. Экструдирование помета / С. П. Игнатъев // Сельский механизатор. – 2019. – № 8. – С. 20–21.

8. Игнатъев, С. П. Экструдер для переработки влажной массы в виде птичьего помета или навоза / С. П. Игнатъев // Патент на полезную модель RUS 193201 29.04.2019

9. Игнатъев, С. П. Сорбционная сушка -первый этап переработки птичьего помета / С. П. Игнатъев // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2018. – С. 137–140.

10. Экструзия – альтернативный способ переработки боенских отходов птицефабрик // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал, 2010. – № 1. – С. 262.

УДК 378.147

**А. В. Костин, Р. Р. Шакиров, Ю. Д. Боднарчук**

*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ**

Рассматриваются особенности изучения графических дисциплин.

В последние годы современные информационные технологии и автоматизированные системы стремительно расширяют структуру графических возможностей, изменяя не только технологию, но и сам процесс проектирования [1, 2, 3]. Понимание и применение графического языка является одной из составляющих профессиональной компетентности современного инженера.

В процессе обучения студенты технических и инженерных специальностей знакомятся с графическими предметами, которые в дальнейшем являются первыми профессионально ориентированными дисциплинами в вузе [4]. Графические дисциплины по отношению к другим предметам первого и второго курса способствуют раннему формированию профессионального опыта и помогают студентам с помощью уже сформированной инженерно-графической самостоятельности быть вовлеченными в профессиональную деятельность. Успешное освоение графических дисциплин служит индикатором будущей про-

фессиональной компетентности, так как невозможно представить себе специалиста, не владеющего графическим языком.

Задача дисциплины «Начертательная геометрия. Инженерная графика» состоит в том, чтобы дать студенту знания, которые позволили бы ему без затруднений составлять рабочие чертежи, сборочные чертежи и схемы машин, механизмов, сборочных единиц по эскизам их деталей. Не менее важная задача данного предмета заключается в том, чтобы хорошо представлять себе механизм и устройство изделий по исходным чертежам и схемам, т. е. уметь читать чертежи. Для этого студент должен приобрести навыки, необходимые для точного и правильного оформления чертежа, и изучить правила и условности инженерной графики, установленные ГОСТами ЕСКД.

Процесс обучения инженерной графике достаточно сложный и длительный, данная дисциплина требует от студента усидчивости, точности, опрятности. Без умений читать чертежи нет эффективной профессиональной подготовки выпускников.

Инженерная графика имеет свои особенности, в результате которых ее изучение осложняется по сравнению с другими предметами. Например для того чтобы по плоским изображениям чертежа представить объёмную модель изображенного предмета (рис. 1), необходимо развивать пространственное мышление и воображение у студентов.

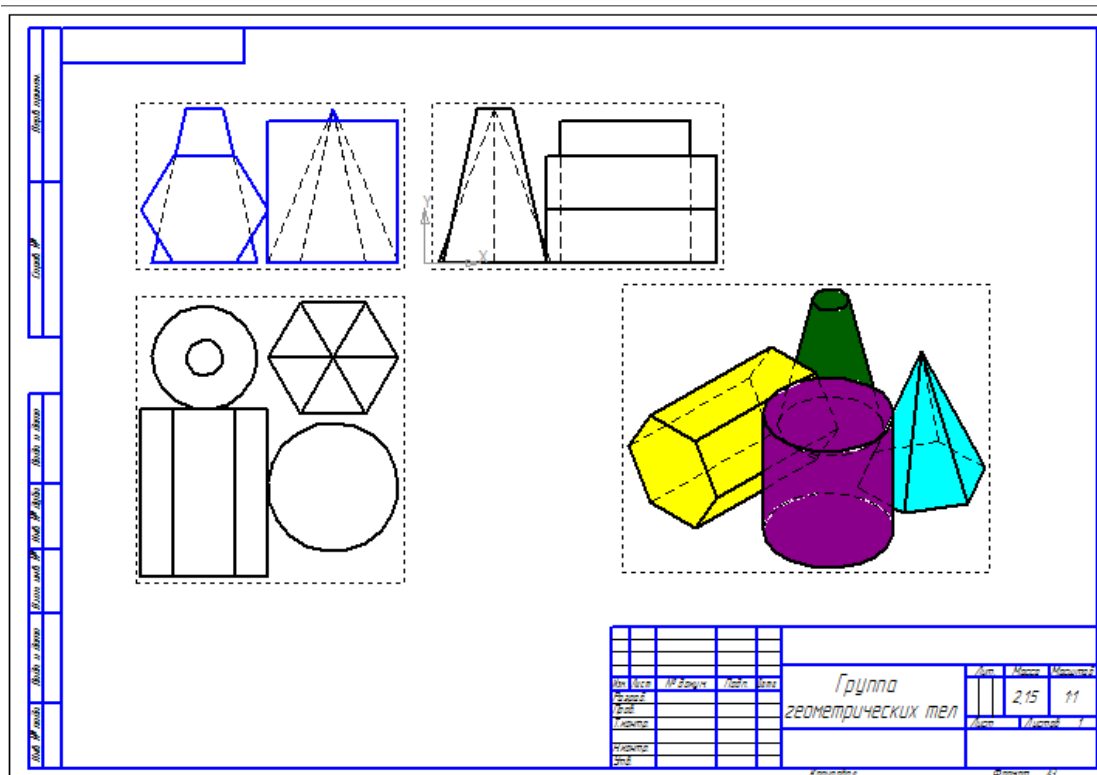


Рисунок 1 – Чертеж трех проекций групп геометрических тел с построением аксонометрической проекции



Попробовать представить в своем сознании цельный пространственный объект того, что изображено на чертеже в двух или трех проекциях, дается далеко не всем. Умение пространственного воображения наделяются все, но не у всех оно развито одинаково, большинству студентов приходится развивать данный навык посредством учебной литературы, решения графических заданий. Каждый инженер должен уметь хорошо читать и чертить чертежи. Графически представленный чертеж должен быть выполнен безупречно. небрежность в оформлении чертежа приводит к накоплению в большом количестве мелких ошибок, и это количество переходит в качество: конструкция перестает соответствовать своему назначению.

Инженерная графика способствует формированию графических компетенций. Это компетенции, направленные на освоение обобщенных способов действий, которые основаны на знаниях, умениях и навыках применения стандартов и правил выполнения чертежей, способности свободного владения конструкторской документацией, позволяющие оперативно в ней ориентироваться и применять в профессиональной деятельности.

В рамках дисциплины «Начертательная геометрия. Инженерная графика», входящей в учебный план, формируется инженерно-графическая компетенция, которая рассматривается нами как:

- способность разрабатывать конструкторско-технологическую и проектную документацию;
- способность оформлять проектно-конструкторские работы;
- способность применение стандартов и правил выполнения чертежей;
- способность применений программных средств выполнения и редактирования чертежей;
- способность использовать знания, умения и навыки в области начертательной геометрии и инженерной графики, а также личностные качества для успешной профессиональной деятельности.

Профессиональная компетентность специалиста в области инженерной графики предполагает уровень осознанного применения графических знаний, умений и навыков, опирающийся на знания функциональных и конструктивных особенностей технических объектов, опыт графической профессионально-ориентированной деятельности, свободную ориентацию в среде графических информационных технологий [5].

Поэтому можно утверждать, что в отличие от ряда других предметов учебного плана, изучение которых содействует образованию и общему развитию студентов, курс инженерной графики влияет на качество профессиональной подготовки непосредственно.

### Список литературы:

1. Применение компьютерных и автоматизированных систем в образовательном процессе / А. В. Костин, Р. Р. Шакиров, А. Г. Иванов [и др.] // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская. – 2019. – С. 214–218.
2. Костин, А. В. Использование систем автоматизированного проектирования при конструировании элементов машин на примере Компас 3D / А. В. Костин, Р. Р. Шакиров, А. Г. Иванов // Теория и практика – устойчивому развитию агропромышленного комплекса: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф., 17–20 февр. 2015 г.– Ижевск, 2015. – С. 170–174.
3. Применение компьютерных и автоматизированных систем при конструировании новой техники / П. В. Дородов, А. В. Костин, Р. Р. Шакиров, А. Л. Шкляев // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф.: в 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2018. – С. 134–136.
4. Разработка ОПОП согласно требованиям стандарта ФГОС 3 ++ по направлению 35.03.06 Агроинженерия / Р. Р. Шакиров, А. В. Костин, А. Б. Спиридонов [и др.] // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф.: в 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2019. – С. 288–293.
5. Амирджанова, И. Ю. Современное состояние развития геометрографической культуры и компетентности будущих специалистов / И. Ю. Амирджанова, В. Г. Виткалов // Вектор науки ТГУ, 2015. – № 2 (32–2). – С. 26–31.

УДК 631.2

**А. В. Костин, Ю. Д. Боднарчук, А. Г. Иванов, А. Б. Спиридонов**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АГРОИНЖЕНЕРИИ**

Рассматриваются новые автоматизированные системы в сельском хозяйстве. Приведен анализ усовершенствованных моделей тракторов в России и зарубежных странах.

В настоящее время интеллектуальные и автоматизированные системы находят свое применение практически во всех сферах агропромышленного комплекса. В Российской Федерации происходит внедрение интеллектуальных систем с целью массовой автоматизации промышленности в сфере агроинженерии. Численность населе-

ния в стране увеличивается, но наряду с этим в стране ощущается нехватка опытных специалистов [1, 2]. Использование и развитие современных технологий дает возможность облегчить сложные технологические процессы и оптимизирует работу специалистов.

Зарубежные страны стремятся к безлюдному автоматизированному сельскому хозяйству и оптимизируют работу специалистов на основе широкого внедрения интеллектуальных, стационарных и мобильных систем [3, 4, 5]. Как следствие, это позволит добиться высокой производительности с минимальными погрешностями и затратами на рабочую силу.

На данный момент активно применяют разработки беспилотных транспортных средств. В основном развитие беспилотных транспортных средств ведется в следующих направлениях:

- военное (боевые машины разного спектра задач);
- потребительское (городская автотранспортная сеть, личное транспортное средство, такси);
- промышленное (специализированная техника).

Одной из перспективных областей применения беспилотных технологий является сельскохозяйственная техника. В сельскохозяйственном производстве ежегодно выполняются сезонные работы по одним и тем же маршрутам, которые поддаются программированию. Многие зарубежные страны ведут разработки в этой области, считая, что они помогут улучшить качество производства, а также вернуть молодых и опытных специалистов в агропромышленный сектор.

Основными проблемами в России являются огромные территории необработанных земель и невысокая оплата труда. При этом спрос на сельхозпродукцию постоянно увеличивается [6–12], что создает угрозу для продовольственной безопасности и мотивирует сельскохозяйственных производителей интенсивно применять автономные технологии [13–19].

Беспилотные сельскохозяйственные технологии и техника успешно внедряются в агропромышленный комплекс [20], а также качественно выполняют поставленные задачи с высокой производительностью:

- сбор, прополка, посадка сельхозпродукции в автоматическом режиме;
- опрыскивание, устранение насекомых вредителей и сорняков на плантациях, садах, полях и виноградниках;
- внесение удобрений и полив культур в оптимальном режиме и количествах.

В Японии крупнейший производитель сельхозтехники Kubota представил первый высокотехнологический прототип автономного

трактора для работы на рисовых плантациях. Данная модель трактора оснащена глобальной навигационной спутниковой системой, при этом трактор сможет возделывать поля, а также распределять удобрения после того, как проанализирует состав почвы (рис. 1).



Рисунок 1 – Беспилотный трактор компании Kubota

В России компания по сельхозтехнике Aurora robotics представила и протестировала свою модель беспилотного трактора. У данной модели трактора практически вся электронная система размещена на стеклопластиковом корпусе, а также сканеры и различные датчики находятся там же и помогают в автономной работе трактора. Искусственный интеллект отвечает за решение различных ситуаций на дороге [21]. Особенностью данной системы является то, что диспетчер или оператор может в любую секунду взять управление на себя. Такая модель сельскохозяйственной техники может работать круглосуточно, а один оператор может взять в управление несколько моделей тракторов (рис. 2).

Усовершенствованные беспилотные тракторы могут выполнять следующие действия:

1. Выполнять трудоемкие работы, совершать заданные маневры и самостоятельно определять границы поля с минимальными погрешностями. Умные тракторы могут работать круглосуточно, а управлять ими можно дистанционно с помощью планшета.

2. В процессе движения с помощью новых технологий способны различать настоящие и мнимые препятствия. Например, датчики и сенсоры улавливают высокие стебли подсолнечника или кукурузы, не воспринимая их в качестве препятствия при движении.

3. Могут передвигаться по системе «следуй за мной». Один автономный трактор под управлением специалиста-оператора, кото-

рый одновременно координирует, задает темп движения и направление нескольких беспилотных машин на поле.



Рисунок 2 – Беспилотный трактор компании **Avrora robotics**

Применение интеллектуальных систем, автономных тракторов приведет к уменьшению издержек на обслуживание устаревшей техники и повышению производительности агротехники и её комплексов. Современные модели тракторов позволят получать актуальную информацию о ходе работы и проведения других сельскохозяйственных задач в реальном времени, а также приведет к экономии на зарплате и топливе.

#### Список литературы

1. Воронин, Б. А. Обеспечение квалифицированными специалистами АПК: социально-экономические проблемы / Б. А. Воронин, Н. Б. Фатеева // Аграрный вестник Урала. – 2014. – № 11. – С. 60 – 63.
2. Кижлай, Г. М. Эффективность использования трудовых ресурсов как фактор роста производства сельскохозяйственной продукции / Г. М. Кижлай, Е. В. Кочурова, Н. С. Рогалева // Аграрный вестник Урала. – 2016. – № 6. – С. 101 – 110.
3. Липницкий, Т. В. Инновации и инновационные процессы в сельском хозяйстве / Т. В. Липницкий, П. В. Никифоров // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2013. – № 5. – С. 54–57.
4. Иванова, Е. И. Ликвидация потерь ресурсосбережение / Е. И. Иванова, В. А. Мачулкина, Т. А. Санникова // Ресурсосберегающие основы орошаемого земледелия. – Астрахань: Нова. – 2003. – С. 126–146.
5. Магомедов, Р. К. Научно-практические основы транспортирования и хранения скоропортящихся овощей / Р. К. Магомедов. – М.: ФГНУ Росинформагротех, 2004. – 199 с.



6. Иванов, А. Г. Анализ рабочего процесса дисковой картофелесортировки / А. Г. Иванов, А. В. Костин // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – № 5. – С. 72–74.
7. Костин, А. В. Движение клубня по торцам дисков при взаимодействии с подпирающим клубнем в дисковой сортировке / А. В. Костин, А. Г. Иванов // Вестник Ижевской ГСХА, 2007. – № 1(11). – С. 24–28.
8. Костин, А. В. Влияние коэффициента трения на процесс перемещения и ориентирования клубней картофеля в пространстве при взаимодействии с дисками калибрующего устройства / А. В. Костин, Ю. Д. Боднарчук, Р. Р. Шакиров // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – Т. 3. – С. 94–98.
9. Останин, Р. И. Оценка точности калибрования клубней картофеля / Р. И. Останин, А. В. Костин // Техника в сельском хозяйстве. – 2007. – № 6. – С. 49–50.
10. Костин, А. В. Результаты производственных испытаний дискового калибрующего устройства / А. В. Костин // Наука Удмуртии. – 2009. – № 9. – С. 146–150.
11. Костин, А. В. Энергоемкость процесса сортирования / А. В. Костин, Р. И. Останин, Н. Г. Касимов // Научный потенциал аграрному производству: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2008. – Т. IV. – С. 32–36.
12. Костин, А. В. Перспективное развитие рабочих органов с закономерным ориентированием клубней в отверстие / А. В. Костин // Инновации молодых ученых – сельскому хозяйству России: м-лы II Всеросс. науч.-практ. конф. молодых ученых и специал. аграрных образ. и науч. учреждений. – М.: ФГНУ Росинформагротех, 2006. – Ч. 2. – С. 217–221.
13. Шакиров, Р. Р. К вопросу о применении дополнительного регулятора по нагрузке двигателя МТА / Р. Р. Шакиров, Д. А. Вахрамеев, Н. Д. Давыдов // Научное обеспечение инновационного развития АПК: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию государственности Удмуртии. – Ижевская ГСХА. – 2010. – С. 94–99.
14. Шакиров, Р. Р. Совершенствование системы регулирования дизеля введением дополнительного импульса по нагрузке / Р. Р. Шакиров, А. П. Иншаков, Д. А. Вахрамеев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ. – № 63. – С. 35–44.
15. Комплекс систем для снижения токсичности отработавших газов дизельного двигателя / Е. А. Потапов, Д. А. Вахрамеев, Р. Р. Шакиров [и др.] / Научно обоснованные технологии интенсификации сельскохозяйственного производства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевская ГСХА, 2017. – С. 95–100.
16. Спиридонов, А. Б. Автоматизация производственных процессов, зданий и сооружений пищевых и перерабатывающих производств / А. Б. Спиридонов, Р. А. Худяков, И. В. Бадретдинова // Инновационные технологии для ре-



лизации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – ФГБОУ ВО Ижевская, 2018. – С. 228–231.

17. Шакиров, Р. Р. Совершенствование технико-экономических показателей ДВС при работе на неустановившихся режимах / Р. Р. Шакиров, А. П. Иншаков, Д. А. Вахрамеев // Тракторы и сельхозмашины, 2011. – № 4. – С. 28–31.

18. Шакиров, Р. Р. Совершенствование топливоподачи двигателя машинотракторного агрегата / Р. Р. Шакиров, А. П. Иншаков, В. А. Загребин // Образование и наука в XXI веке: м-лы VII Междунар. науч.-практ. конф., 2012. – С. 42–44.

19. Шакиров, Р. Р. Определение оптимальных параметров регулирования по нагрузке в переходных процессах / Р. Р. Шакиров, Д. А. Вахрамеев // Вестник Казанского ГАУ. – 2010. – Т. 5. – № 4 (18). – С. 125–126.

20. Мирончук, А. А. Эффективность внедрения беспилотных автомобилей в сельское хозяйство / А. А. Мирончук, Н. А. Ганджа // Молодой исследователь Дона. – ФГБОУ ВО ДГТУ, 2019. – № 1(16). – С. 64–67.

21. Беспилотные трактора [Электронный ресурс] / Bepilot. – Режим доступа : <http://bepilot.com/tip/bespilotnye-traktora/> ( дата обращения : 18.11.2019).

УДК 619:615.471

**М. А. Овчинников, О. В. Карбань, Л. Ф. Хамитова**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИНТЕГРАЦИИ МЕДИЦИНСКОГО АСПИРАТОРА В ВЕТЕРИНАРИЮ**

Рассмотрено освоение методики вакуумной аспирации в гуманной медицине, её возможное использование в ветеринарии. Исследована возможность применения методики в практической ветеринарии.

Длительное время в современной науке изучался вопрос о возможном дренировании жидкостей из различных полостей человека в гуманной медицине [1, 2]. На начальном этапе вакуумной аспирации жидкостей у животных, в основном из полости матки, наряду с удалением жидкости был подробно определен состав микрофлоры в полости матки [3].

В данный момент существует необходимость эффективного использования вакуумного аспирирования в животноводстве для облегчения удаления экссудата из полости матки и снижения нагрузки на работника в период массовых отелов. Однако для массового применения технологии необходимо адаптировать прибор с учетом

строения полостей различных видов животных, скорректировать длину и возможный диаметр приводящих элементов, а также провести исследования работы прибора в лабораторных условиях.

**Материалы и методы.** По предварительно проведенным оценкам, для вакуумной аспирации жидкости необходимо создать по вакуум, равный 70–95 кПа, позволяющий как эффективно откачивать жидкость, так и не создавать травмоопасного для животного давления. С учетом объема удаляемой жидкости (в частности, при гнойном катаральном эндометрите у коров в среднем до 2 литров в начале заболевания) и для сокращения времени работы прибора оптимальная производительность насоса около 30 л/мин. (Воздух). К вышеописанным характеристикам подходит большое количество насосов, работающих при напряжении 12 В. Для прототипа выбран автомобильный компрессор «Торнадо АС 580», по своим характеристикам соответствующий необходимой задаче [4]. Емкость для содержимого обеспечивает среду для создания объективного уровня давления. Приводящие трубки выполнены из силикона и имеют диаметр 10–15 мм. В качестве источника питания имеется аккумулятор, не противоречащий работе Мархаева С. Т. [5] и ГОСТ 18953-73 [6]. Для транспортировки откачиваемой жидкости и создания адекватного уровня вакуума необходимы частные промеры расстояния и диаметра органа в зависимости от вида животного, что изложено в таблице № 1.

В качестве эксперимента был проведен замер уровня давления в собирательной емкости (2 литра) на момент начала закачивания воды в емкость. Для этого приготовлен прототип прибора и портативный манометр AZ82062, вода. В качестве идеала использовалась система трубок для работы с КРС. С имеющейся мощностью компрессора необходимое отрицательное давление должно сформироваться через 3,5 сек = 2л / (35 л/мин. /60 сек).

**Результаты и обсуждения.** Выверяя необходимые анатомические расстояния, мы расширяем спектр возможного применения прибора, а также упрощаем расчет его эффективности в тех или иных практических условиях.

Более наглядно промеры видны в виде буквенных обозначений на рисунке 1. Что касается рабочей длины трубки, то у крупного рогатого скота (КРС), лошадей и свиней она корректируется на 60 см, у сук – 30 см, что соответствует цифре «6» на рисунке 1. Диаметр приводящей трубки составляет у КРС и лошадей 10–15 мм, у свиней 5–9 мм, у сук = 3–5 мм.

В дальнейшем планируется коррекция формы наконечника и рассматривается возможность футляра для удобного ввода в полости тела животного.

Таблица 1 – Анатомические особенности репродуктивной системы самок, имеющие значение при работе с аспиратором [7, 8]

Вид животного	Влагалище	Шейка матки	Тело матки	Рога матки	Итого
	Длина, см Ширина, см	Длина, см Ширина, см	Длина, см Ширина, см	Длина, см Ширина, см	
	а	б		в	
Корова	12+30 От 10	До 12 3 – 4	2 – 4 2 – 3	16 – 20 2 – 3	68 – 118
Лошадь	12+30 От 10	До 7 3 – 5	8 – 15 7 – 12	18 – 30 3 – 7	94 – 164
Свинья	10+12 До 3	До 20 2 – 3	5 – 10 2 – 3	100 – 200 3 – 5	52 – 62
Сука	8+8 1 – 3	До 2 1 – 2	3 – 4 2 – 3	10 – 18 3 – 5	40 – 65



Рисунок 1 – Блок-схема строения вакуумного аспиратора

При проведении эксперимента жидкость начала втягиваться в трубку через 4,5 секунды при показаниях манометра 86 кПа.

При проведении апробации на животных необходимы дополнительные исследования поверхности эндометрия и миометрия матки на предмет механической травмы отрицательным давлением, включающие как стандартные гистологические методики [9], так исследования современными высокоразрешающими методами [10].

**Заключение.** В результате проделанной работы определены параметры, которым должен соответствовать насос для аспиратора: ёмкость для накопления жидкости (экссудат/трансудат), размеры и материал для создания трубок. Создан рабочий прототип, способный создавать необходимый уровень давления для эффективной работы прибора. Выявленный при работе прибора высокий уровень шума возможно уменьшить при подборе менее шумных моделей насосов, либо предполагается заблаговременное приучение животных к такому раздражителю.

### Список литературы

1. Рехен, Д. Г. Обоснование тактики лечения больных с послеоперационными наружными тонкокишечными свищами в стадии формирования. Автореф. дис. ... учен. степ. канд. медицинских наук. – Саратов. – 2003.
2. Алукаев, М. И. Совершенствование инструментальных методов в комплексной диагностике и определении лечебной тактики у пострадавших с травмами живота. Автореф. дис. ... учен. степ. канд. медицинских наук. 14.00.27. – Казань. – 2007.
3. Жукова, Е. С. Применение синтетического биокорректора тимогена при лечении коров с острым послеродовым эндометритом. Автореф. дис. ... учен. степ. канд. ветеринарных наук. – Белгород. – 2008.
4. Автомобильные лампы. [Электронный ресурс] <http://avto-lamps.ru/product/tornado-ac-580-original-tornado-ac-580/> Дата обращения 6.11.2019 г.
5. Марахаева, С. Т. Разработка блока питания для вакуумного аспиратора / С. Т. Марахаева, И. А. Апполонова // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2017. – № 5. – С. – 56–59.
6. ГОСТ 18953-73. Источники питания электрические ГСП Общие технические условия.
7. Попов, Л. К. Морфология и физиология половых органов самцов и самок сельскохозяйственных животных / Н. П. Смагин, И. С. Попова // МУ. – 2006. – С. 21–25.
8. Студенцов, А. П. Ветеринарное акушерство, гинекология и биотехника размножения / В. С. Шипилов, В. Я. Никитин, А. М. Петров и др. – М.: КолосС, 2011. – 440 с.
9. Перевозчиков, П. А. Модуляция репаративных процессов с помощью имплантации нанодисперсной плаценты / С. А. Борзенко, О. В. Карбань, Ю. Г. Васильев / – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2018. – 195 с.
10. Перевозчиков, П. А. Регенеративные процессы в тканях глаза при имплантации механоактивированного биологического материала / С. А. Борзенко, Ю. Г. Васильев, О. В. Карбань // Офтальмохирургия. – 2017. – № 1. – С. 83–87.

УДК 631.462

**И. Г. Поспелова, И. В. Возмищев**

*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

### **ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПОЧВЫ ИК-ИЗЛУЧЕНИЕМ**

Почва на момент посадки может быть заражена болезнетворными бактериями, спорами грибов, яйцами насекомых. Чтобы обезопасить растения, необходимо проводить обеззараживание почвы.

Что нужно, чтобы получить сильные и здоровые всходы? Самое главное, это посадить растения в здоровый, плодородный грунт.

Почва на момент посадки может быть заражена болезнетворными бактериями, спорами грибов, яйцами насекомых. Чтобы обезопасить рассаду, проводят обеззараживание почвы. Обеззараживание почвы проводится весной или осенью. Обработке подвергается открытый грунт, почва для рассады, грунт в теплицах.

Существуют различные способы и устройства для обеззараживания почвы. Рассмотрим некоторые из них.

Известно изобретение для обеззараживания почвы в защищенном грунте [1] заключающийся в том, что на поверхности почвы располагают парораспределитель с перфорированным шлангом, поверх которого насыпается слой цеолита 10...12 см, все плотно накрывается термостойкой пленкой и подается пар давлением 30...50 кПа в течение 5...3 мин. с последующим снижением давления пара. Это обеспечивает снижение затрат энергии и повышение качества обеззараживания с одновременным улучшением плодородия.

Другое известное изобретение для обеззараживания почвы [2], включающее нагрев почвы электромагнитным полем сверхвысокой частоты, отличающееся тем, что почву нагревают до температуры 64...70 °С со скоростью 0,04...0,5 °С/с с термостатированием без подвода теплоносителя в течение не менее 180 с при скорости охлаждения почвы не более 0,05 °С/с.

Известно устройство для термоэлектрического обеззараживания почвы [3], состоящее из электронагревательной камеры, внутри которой установлен лопастной шнек, привод которого включает электродвигатель и редуктор, отличающиеся тем, что электронагревательная камера выполнена в виде двух коаксиально расположенных труб, по которым протекает электрический ток одной частоты, но в противоположных направлениях, в результате чего в соответствии с законом Ленца-Джоуля трубы нагреваются, и внутри электронагревательной камеры образуется необходимое температурное поле.

Все представленные выше изобретения работают на различных способах [4] обработки почвы. Главными их недостатками являются сложность в конструктивном исполнении по причине их громоздкости, что отражается на их надежности и низком КПД нагрева.

Из обзора научно-технической литературы известно, что инфракрасный (далее ИК) нагрев применяют для быстрого прогрева грунта теплицы для ранних посадок. Мы же предлагаем использовать ИК нагрев для обеззараживания почвы. Применение ИК-излучения в устройствах для обработки почвы упростит конструкцию, повысит безопасность и энергоэффективность при обеззараживании грунта.

Коэффициент поглощения инфракрасных лучей связан с длиной волны, которая обуславливает глубину проникновения. Коротковолновое излучение (длина волны от 760 до 1000 нм) обладает большой проникающей способностью и проникает на глубину 4...5 см. Кроме того инфракрасные лучи проникают глубже, примерно на 0,1...2 мм, в капиллярно пористые материалы. Отражаясь от капилляров, инфракрасные лучи меняют направление внутри материала множество раз и тем самым практически полностью впитываются в него. При этом коэффициент теплообмена получается достаточно высоким, что означает передачу большого количества тепла на единицу поверхности почвы. Температура поверхности элементов ИК нагревателей, излучающих коротковолновые волны, должна быть более 1000 °С, а мощность 600...1000 Вт. При этом температура обрабатываемой поверхности может достигать 101...280 °С и способна убить все болезнетворные бактерии.

Достоинства применения ИК-излучателей для прогревания почвы – исключение движущихся и вращающихся частей, компактные размеры приборов, беспроблемны в транспортировке, пожаробезопасность оборудования. Эти достоинства позволяют безопасно эксплуатировать оборудование без привлечения высококвалифицированных специалистов.

#### Список литературы

1. Патент РФ № 2 218 749 С2, 31.01.2001.
2. Патент РФ № 96114716 А, 17.07.1996.
3. Патент РФ № 2283557 С2, 02.09.2003.
4. Касаткин, В. В. Новые методы исследований электротехнологических процессов при переработке сельскохозяйственной продукции / В. В. Касаткин, Н. Ю. Литвинюк, И. Ш. Шумилова, И. Г. Поспелова, К. В. Кожевникова // Актуальные проблемы механизации сельского хозяйства: межрегион. сб. ст. Науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию факультета механизации с.-х. хозяйства. – 2005. – С. 240–246.



**И. Т. Русских, Т. А. Родыгина**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **СИЛОВЫЕ И ВРЕМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРИВОДА ВАКУУМНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ**

Приведено описание экспериментальной установки электромагнитного привода, разработанной в ФТИ УрО РАН, предназначенной для изучения основных характеристик электромагнитного привода вакуумных выключателей (сила удержания и время срабатывания).

Для безопасного отключения трансформаторных подстанций со стороны высокого напряжения используют высоковольтные вакуумные выключатели [1]. Приведение их в действие осуществляется приводом, который должен удовлетворять следующим требованиям: иметь большую силу удержания выключателя в рабочем состоянии без подвода электроэнергии, большое быстродействие, компактность и надежность. Частично этим требованиям удовлетворяют электромагнитные приводы, в которых якорь в рабочем положении удерживается за счет магнитных сил, обусловленных остаточной намагниченностью магнитопровода (рис. 1). Недостатком таких приводов является, несмотря на высокую индукцию насыщения ( $\sim 2$  Тл), наибольший занос силы удержания якоря в рабочем положении, что связано с низким значением коэрцитивной силы магнитопровода, которая для углеродистых сталей не превышает 100 А/см.

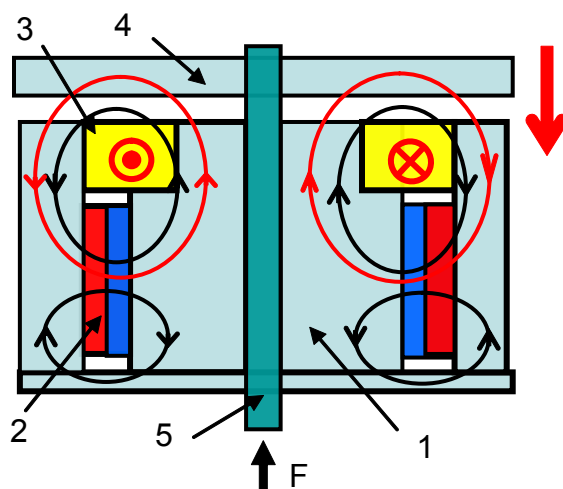


Рисунок 1 – Электромагнитный привод с постоянными магнитами  
(Патент РФ № 2312420)

1 – магнитопровод; 2 – постоянные магниты; 3 – катушка; 4 – якорь; 5 – шток

В приводе, разработанном в ФТИ УрО РАН [4], сила удержания якоря обеспечивается высокоэнергетическими постоянными магнитами с коэрцитивной силой свыше 10 000 А/см.

Для изучения основных характеристик электромагнитного привода (сила удержания и время срабатывания) была разработана экспериментальная установка. Измерения усилий проводились при помощи рычага и динамометра (рис. 2).

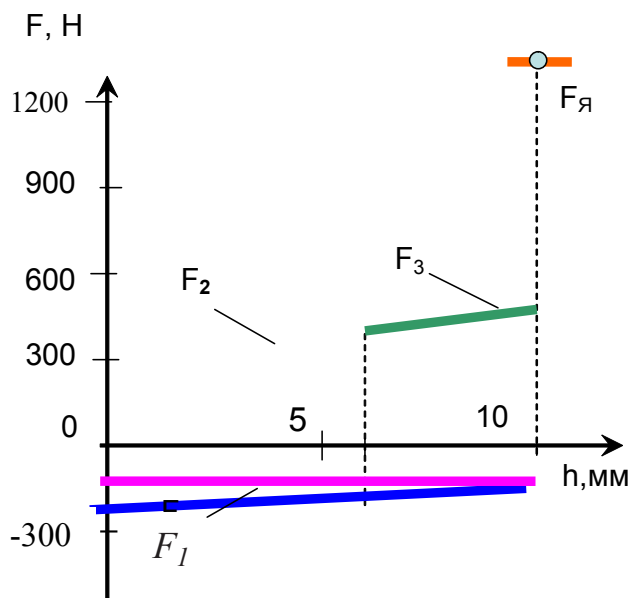


Рисунок 2 – Усилия, действующие на якорь по мере его перемещения

Расчет максимальной силы притяжения якоря ( $F_{я}$ ) магнитным полем привода проводился по формуле :

$$F_{я} = F \frac{L_1 + L_2}{L_2} \quad (1)$$

По результатам эксперимента (рис. 2) было получено:

$$F_{я} = (1400 \pm 50) \text{ Н}$$

Сила удержания якоря ( $F_{уд}$ ) определялась по формуле:

$$F_{уд} = F_{я} - F_2 - F_3 + F_1 \quad (2)$$

где  $F_1$  – сила давления от сильфона;

$F_2$  – сила действия от пружины отключения;

$F_3$  – сила действия от пружины поджатия;

$F_{я}$  – максимальная сила притяжения якоря магнитным полем.

$$F_{y\partial} = 1400 - 370 - 450 + 120 = 700 \text{ Н.}$$

Для надежной работы привода сила удержания якоря ( $F_{уд}$ ) должна быть не менее 400 Н.

Источником питания привода служит батарея электролитических конденсаторов ёмкостью 8000 мкФ, заряженных до напряжения 160–200 В. Импульс тока различной полярности на катушку от батареи конденсаторов, подавался через систему ключей.

С помощью двухканального запоминающего осциллографа были измерены временные зависимости силы тока в катушках (рис. 3) и состояние контактов выключателя в процессе работы привода (рис. 4).

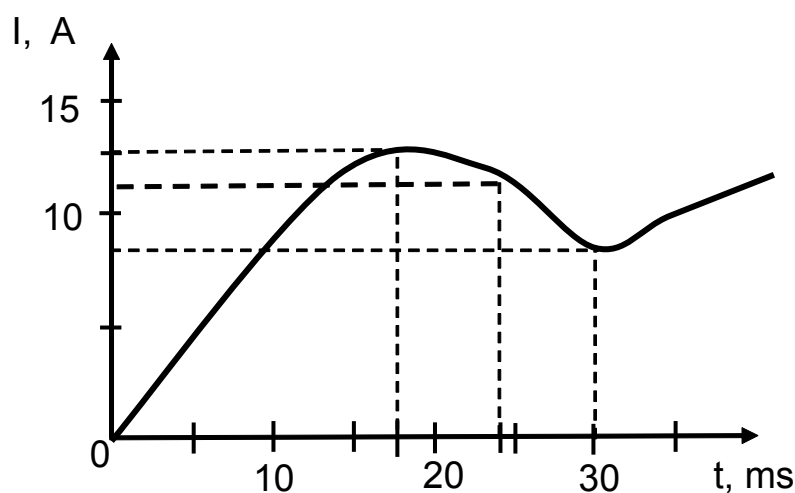


Рисунок 3 – Временные характеристики привода (включение  $U = 150$  В)

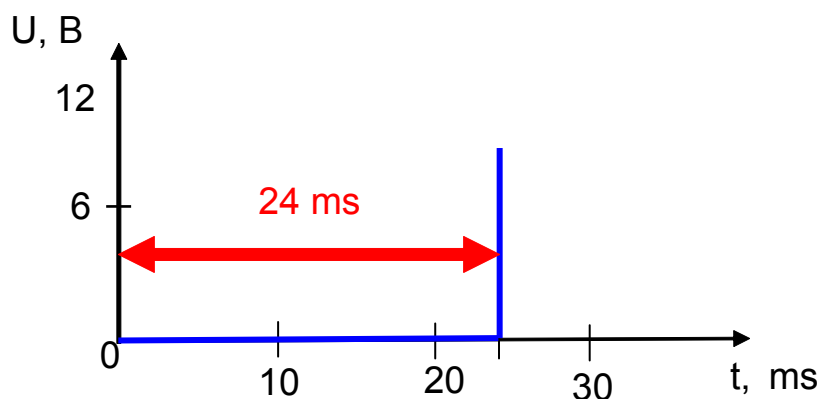


Рисунок 4 – Состояние контактов выключателя в процессе работы привода

Видно, что в процессе включения время от подачи импульса тока до замыкания контактов выключателя составляет  $\sim 30$  мсек. В процессе выключения время от подачи импульса тока до размыкания контактов выключателя  $\sim 8$  мсек.

**Вывод.** Таким образом, электромагнитный привод с постоянными магнитами обеспечивает необходимое время срабатывания вакуумного выключателя и с большим запасом силу удержания якоря в рабочем состоянии, что резко повышает надёжность вакуумных выключателей с электромагнитными приводами.

#### Список литературы.

1. <http://www.findpatent.ru/patent/221/2214640.html>  
© FindPatent.ru – патентный поиск, 2012–2019
2. Захаров, В. А. Учет неколлинеарности векторов намагниченности при расчёте магнитных полей в ферромагнитных цилиндрических стержнях / В. А. Захаров, А. В. Захаров, Н. С. Зембеков, И. Т. Русских // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2005. – Т.48. – № 2. – С. 63–69.
3. Захаров, В. А. Расчёт центральных коэффициентов намагничивания цилиндрических ферромагнитных стержней при насыщении магнетика / В. А. Захаров, А. В. Захаров, Н. С. Зембеков, И. Т. Русских // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2005. – Т.48. – № 4. – С. 53–61.
4. Патент РФ № 2312420. <http://www.freepatent.ru/images/patents/155/2312420/patent-2312420.pdf>
5. Савельев, И. В. Курс общей физики / И. В. Савельев. – М.; Краснодар: Лань, 2007
6. Касаткин, А. С. Электротехника / А. С. Касаткин, М. В. Немцов. – М.: Высшая школа, 2005.
7. Онищенко, Г. Б. Электрический привод: учебник для вузов / Г. Б. Онищенко. – М.: РАСХН, 2003.

УДК 004.942

**Р. Р. Шакиров, А. В. Костин, А. Л. Шкляев,  
В. И. Константинов, И. А. Охотникова**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕЗЬБОВОГО СОЕДИНЕНИЯ В ПРОГРАММЕ КОМПАС 3D**

Представлена методика выполнения резьбы на деталях в программе Компас 3D.

Резьбы бывают наружными и внутренними. Для изображения наружной резьбы используют сплошные основные линии, которые изображают по наружному диаметру, и сплошные тонкие – по внутреннему

диаметру. Если получают изображение проецированием на плоскость перпендикулярную оси, то тонкую линию проводят на  $3/4$  окружности. Принято, что расстояние между тонкой линией и сплошной основной не должно быть менее 0,8 мм и более шага резьбы [6].

Для изображения внутренней резьбы используют сплошной основной линией по внутреннему диаметру и сплошной тонкой – по наружному. Если при изображении глухого отверстия конец резьбы располагается близко к его дну, то допускается изображать резьбу до конца отверстия.

Для изображения резьбы в Компас 3D применяется команда *Условное изображение резьбы*, вызываемая из панели *Элементы оформления*. При этом указывается ребро, задается длина резьбы, ее шаг. Таким образом изображается резьба условно.

Для наглядности, эффектности, чтобы резьба выглядела натурально, и для того, чтобы по моделям можно было изготовить детали, имеющие резьбу, необходимо выполнить визуализацию резьбового соединения [1, 2, 3, 5].

Для решения этой задачи в Компасе есть возможность вырезать любой профиль кинематически. И винтовую линию резьбы в том числе. Достаточно создать эскиз и задать траекторию движения этого эскиза.

Рассмотрим пример выполнения резьбы М 24×2 на валу[4]. Профилем этой резьбы является равносторонний треугольник с углом  $60^\circ$  при вершине. Высота треугольника рассчитывается по формуле

$$H = 0,86 \cdot p, \quad (1)$$

где  $p$  – шаг резьбы, мм.

Тогда

$$H = 0,86 \cdot 2 = 1,72 \text{ мм}$$

Рисунок профиля представлен на рисунке 1.

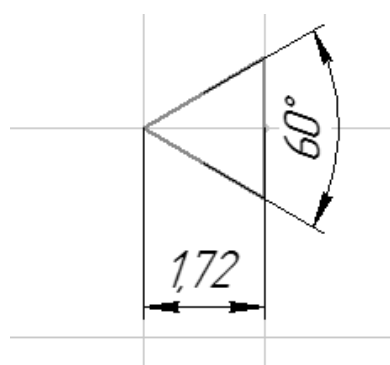


Рисунок 1 – Профиль резьбы 24×2

Создание резьбы на валу:

1. Создаем вал диаметром 24 мм любой длины.
2. Со стороны, где будем изображать резьбу делаем фаску  $2 \times 45^\circ$ .
3. Выделяем торец вала, нажимаем на компактной панели кнопку *Пространственные кривые*. Выбираем инструмент *Спираль цилиндрическая*.

Далее в панели свойств необходимо указать параметры спирали – количество витков – 15, шаг – 2, направление – обратное, диаметр – 24.

4. Выбираем плоскость перпендикулярную одному из концов спирали.

Проецируем ребра вала на плоскость, при срабатывании привязки *Выравнивание* ставим точку в конец спирали. Изображаем профиль под резьбу.

5. На панели *Редактирование модели* вызываем команду *Вырезать кинематически*.

Указываем в дереве модели *Эскиз 3* и *Спираль цилиндрическую*. Создаем резьбу.

Скрываем спираль, выделив ее в дереве модели правой кнопкой мыши (команда *Скрыть*).

В итоге получим фигуру, представленную на рисунке 2.

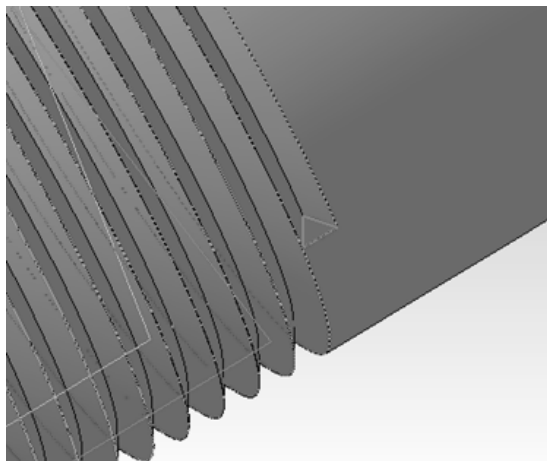


Рисунок 2 – Визуализация резьбы

Таким же образом можно показать внутреннюю резьбу и резьбовое соединение в целом.

#### Список литературы

1. Дородов, П. В. Определение несущей способности полурамы на базе трактора ЛТИ / П. В. Дородов, А. В. Костин, Р. Р. Шакиров // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 30-летию кафедры технической механики конструирования машин, 2018. – С. 65–69.



2. Дородов, П. В. Применение компьютерных и автоматизированных систем при конструировании новой техники / П. В. Дородов, А. В. Костин, Р. Р. Шакиров, А. Л. Шкляев // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2018. – С. 134–136.

3. Костин, А. В. Использование систем автоматизированного проектирования при конструировании элементов машин на примере Компас 3D / А. В. Костин, Р. Р. Шакиров, А. Г. Иванов // Теория и практика – устойчивому развитию агропромышленного комплекса: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевская ГСХА. – 2015. – С. 170–174.

4. Методическая разработка урока Создание резьбы в программе Компас 3D. – URL : <http://lib-5.ru/urok3/urok-265963.php> (дата обращения 05.12.2019)

5. Применение компьютерных и автоматизированных систем в образовательном процессе / А. В. Костин, Р. Р. Шакиров, А. Г. Иванов [и др.] // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – С. 214–218.

6. Резьбовые соединения деталей. – URL : <https://www.stud24.ru/transport/rezbovye-soedineniya-detalej/493297-1907371-page1.html> (дата обращения 03.12.2019)

УДК 629.025

**А. Л. Шкляев, К. Л. Шкляев**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **ВЫБОР ТИПА ДВИЖИТЕЛЯ ДЛЯ МОБИЛЬНОЙ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМЫ**

Рассматривается выбор типа движителя мобильной роботизированной платформы для автоматизации и роботизации процессов в сельскохозяйственном производстве. Приведено описание условий, в которых предполагается эксплуатация мобильного робота, основные технические характеристики, которыми должен обладать мобильный передвижной модуль (платформа), и сравнительные характеристики колесных и гусеничных движителей. Рассматривается движение гусеницы относительно поверхности пути и определяется, почему скорость наматывания гусеничного обвода неравномерная.

Создание сельскохозяйственных роботов имеет свои особенности. Это связано в первую очередь с условиями, в которых приходится работать механизмам. Окружающая нас среда считается агрессивной в силу погодных условий: переменная влажность в большом диапазоне температур, пыль, разнообразие выполняемых операций.

Задачей, поставленной для разрабатываемого робота, является уход за растениями. В частности, уход будет определяться мониторингом за состоянием почвы (забор образцов почвы) на разных участках возделываемых площадей в автоматическом режиме, определении больных растений и механическом удалении, как больных участков, так и сорной растительности. Так как робот будет эксплуатироваться на открытом участке, соответственно возникает вопрос об условиях передвижения мобильной платформы.

Передвижной модуль (платформа) должен обладать следующими техническими характеристиками: простота конструкции; мобильность; высокая проходимость; масса до 300 кг (достаточно для навешивания дополнительных модулей); экологически безопасная энергосиловая установка; скорость 8–10 км/ч (ограничено параметрами навигационных устройств).

Для выполнения задач перемещения необходимо выбрать тип движителя, отвечающего заданным выше техническим параметрам будущего робота и обеспечивающего высокую проходимость и предельную простоту в управлении.

Исходя из цели и задач, делаем выводы, что проектируемый робот будет выполнять относительно легкие работы на открытом грунте в условиях грязи, пыли, влажности и перемены температур в диапазоне от -10 до +35 °С. При более детальном подходе к вопросу перемещения, необходимо рассмотреть физико-механические свойства почвы.

Механические свойства почвы зависят от ее физического состояния и определяются величиной деформации, возникающей под действием приложенной к ней силы. Колесо и гусеница подвергают почву деформациям сжатия и сдвига. От способности почвы выдерживать эти нагрузки зависят глубина колеи, образуемой колесом или гусеницей и влияющей на сопротивление качению, и сила сцепления движителя с почвой, формирующая тяговое усилие самой платформы. Поэтому основные механические свойства почвы характеризуются сопротивлением сжатию и сдвигу. Эти сопротивления обусловлены в основном двумя факторами; молекулярными и капиллярными силами сцепления частиц почвы между собой, с одной стороны, и трением между частицами почвы – с другой.

Тягово-сцепные свойства и проходимость робота на влажной почве существенно снизятся, чем на сухой. Сельскохозяйственные тракторы обычно работают на почвах влажностью  $W_n = 4...22\%$ . При влажности 4 % чернозем представляет собой твердую, монолитную, механически прочную массу, которая при  $W_n = 28\%$  превращается в жидкую грязь. Роботу же, ввиду ограниченности скорости движения из-за несовершенных систем навигации, иногда необходи-

мо будет перемещаться в условиях приближенных к жидкой грязи (попадание под атмосферные осадки во время движения).

Сравним характеристики колесных и гусеничных движителей. Пневматическую шину широко применяют главным образом, благодаря ее амортизирующим свойствам. Она значительно смягчает толчки от неровностей дороги, передаваемые корпусу машины. Это свойство важно при движении машин на сравнительно больших скоростях, работающих в условиях бездорожья. От физико-механических свойств шины зависят основные эксплуатационные показатели машины: навесоспособность, тяговый КПД, управляемость, вредное воздействие на почву и др. При выборе колесного типа движителей, возникнут множество проблем с синхронизацией работ каждой из них т.к. в качестве оператора движения робота будет выступать электронный блок управления с системой навигации.

Другой тип движителей, используемых в мобильных машинах, – гусеничный. Рассмотрим движение гусеницы относительно поверхности пути, предполагая, что гусеница изготовлена из гибкого материала, т. е. шаг звеньев бесконечно мал. Допустим, что гусеница не растягивается и не провисает, а поверхность пути не деформируется.

Гусеничная цепь, замкнутая по контуру, образованному ведущим колесом, поддерживающими и опорными катками, и направляющим колесом, составляет гусеничный обвод. Кинематика гусеничного движителя такова, что при равномерном вращении ведущего колеса скорость наматывания гусеничного обвода неравномерная. Причиной этого служит звенчатость гусеничной цепи. При анализе изменения скорости гусеничного обвода допустим, что трактор стоит на месте, а поверхность почвы движется в направлении, противоположном действительному движению трактора. При этом последнее звено, будучи прижатым к почве опорным катком, находится в положении, параллельном плоскости дороги на протяжении всего времени перемещения по нему катка (от точки  $A$  до точки  $A'$ ). Тогда при наматывании гусеницы на ведущее колесо по траектории окружности (дуга  $aa'$ , рис. 1) опорная часть перемещается по линейному закону на участке  $A'A$ , равном длине одного звена.

С увеличением длины звена гусеницы при неизменном радиусе колеса амплитуда колебаний скорости повышается вследствие снижения  $z_n$  и возрастания  $\alpha_n$  (рис. 2). Интенсивность колебаний скорости гусеничного обвода повышается также с увеличением скорости движения машины.

Неравномерность скорости гусеничного обвода должна передаваться корпусу машины и приводить к неравномерному ее движению. В действительности колебания в гусеничном обводе почти

не вызывают неравномерности поступательного движения трактора или транспортной машины в соответствии с закономерностью, приведенной на рисунке 2.

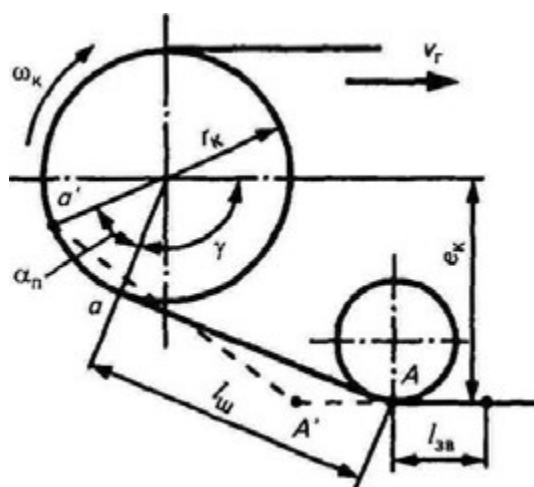


Рисунок 1 – Кинематика ведущего участка гусеничного движителя

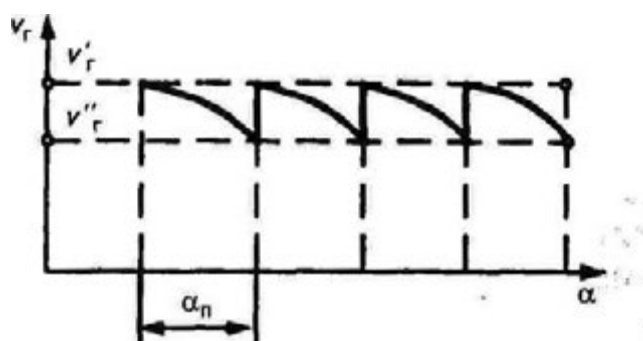


Рисунок 2 – График скорости перемещения звеньев опорной ветви гусеницы

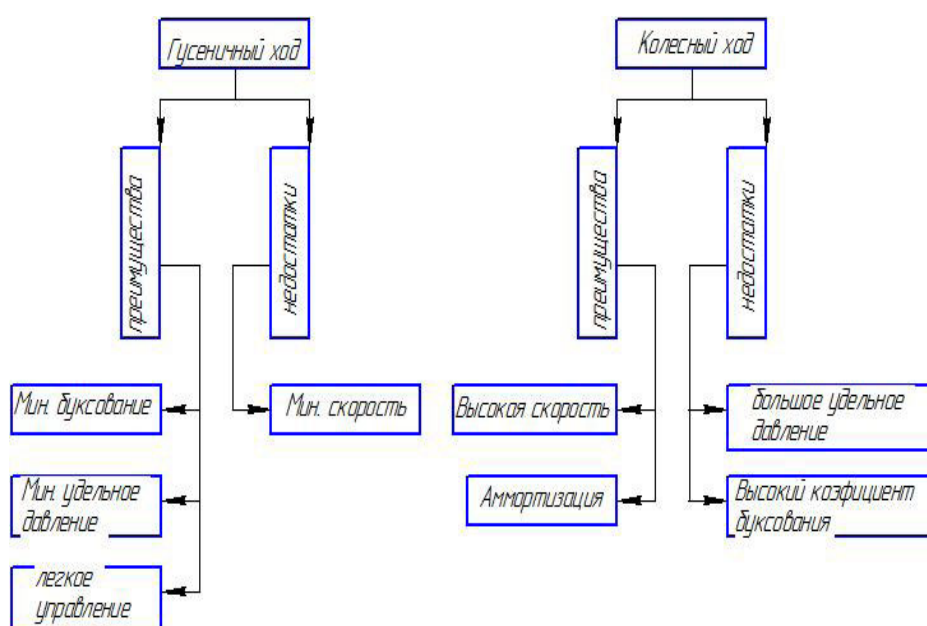


Рисунок 3 – Сравнение гусеничного и колесного движителей

Таким образом, на основании вышеизложенного теоретического материала можно сделать вывод о том, что мобильный, малогабаритный модульный робот целесообразно оснастить гусеничным движителем, в основном, с точки зрения простоты управления движением, низкого удельного давления на плодородный слой почвы и высоких эксплуатационных показателей (рис. 3).

#### Список литературы

1. Kudrin, M. R. Post-mortem indices of black-and-white breed / M. R. Kudrin, G. Y. Berezkina, A. L. Shklyayev [et all] // Agritech-2019: agribusiness, environmental engineering and biotechnologies: international scientific conference, 20–22 июня 2019 г. – Красноярск, 2019. – Т. 315(7). – № 072034.
2. Беспилотные трактора. – URL: <https://bespilot.com/tip/bespilotnyetraktora> (дата обращения 08.12.2019).
3. Васильева, М. И. Конструкция полов на свиноводческих предприятиях / М. И. Васильева, Н. П. Казанцева // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 13–16 фев. 2018 г. – Ижевск, 2018. – Т. 2. – С. 16–18.
4. Васильева, М. И. Системы утилизации навозных стоков на свинокомплексах как фактор создания благоприятной экологической обстановки / М. И. Васильева, А. А. Астраханцев // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 22–23 мар. 2018 г. – Йошкар-Ола, 2018. – С. 333–336.
5. Ветошкина, В. А. Оптимизация функционально-технологических свойств рубленного полуфабриката / В. А. Ветошкина // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – 2019. – № 1(8). – С. 653–655.
6. Ермаков, Н. А. Применение систем автоматизированного проектирования при конструировании новой техники / Н. А. Ермаков // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – 2018. – № 3(6). – С. 555–557.
7. Зорин, В. А. Виды проецирования / В. А. Зорин // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – 2019. – № 1(8). – С. 583–585.
8. Костин, А. В. Применение компьютерных и автоматизированных систем в образовательном процессе / А. В. Костин, Р. Р. Шакиров, А. Г. Иванов, А. Л. Шкляев, В. И. Константинов // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 12–15 фев. 2019 г. – Ижевск, 2019. – Т. 1. – С. 214–218.
9. Краснова, К. В. Шрифты – построение и дизайн / К. В. Краснова // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – 2019. – № 1(8). – С. 590–593.
10. Кудрин, М. Р. Автоматизация процесса доения коров с помощью робота-дояра / М. Р. Кудрин, А. Л. Шкляев, К. Л. Шкляев // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 12–15 фев. 2019 г. – Ижевск, 2019. – Т. 2. – С. 98–100.

11. Кудрин, М. Р. Мясная продуктивность крупного рогатого скота чёрно-пёстрой породы при жизни без постановки на откорм и после постановки на откорм / М. Р. Кудрин, А. Л. Шкляев // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. – 2019. – № 21. – С. 372–376.
12. Кудрин, М. Р. Показатели мясной продуктивности крупного рогатого скота черно-пестрой породы до и после постановки на откорм по результатам убоя / М. Р. Кудрин, А. Л. Шкляев // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. – 2019. – № 21. – С. 368–372.
13. Лебедев, Л. Я. Проектирование и расчет приводов технологического оборудования: учеб. пособие / Л. Я. Лебедев, А. Л. Шкляев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ижевск: ИжГСХА, 2016. – 75 с.
14. Максимов, Л. М. Новая картофельная сортировка / Л. М. Максимов, К. Л. Шкляев, А. Л. Шкляев // Картофель и овощи. – 2014. – № 9. – С. 30–31.
15. Машины и оборудование для механизации процессов в растениеводстве и в садово-парковом хозяйстве: уч. пособ. / Б. Д. Зонов, О. П. Васильева, К. Л. Шкляев [и др.]. – Ижевск: ИжГСХА, 2018. – 104 с.
16. Механизация процесса доения коров с помощью робота-дойера / М. Р. Кудрин, А. Л. Шкляев, К. Л. Шкляев [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2019. – № 5(96). – С. 21–33.
17. Николаев, В. А. Песчано-полимерные автопоилки / В. А. Николаев, А. Л. Шкляев // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 13–16 фев. 2018 г. – Ижевск, 2018. – Т. 1. – С. 162–165.
18. Организация роботизированных ферм и технологические особенности при производстве молока на фермах / М. Р. Кудрин, О. А. Краснова, А. Л. Шкляев [и др.] // Аграрная Россия. – 2019. – № 3. – С. 31–34.
19. Производство и переработка продукции крупного рогатого скота: моногр. / М. Р. Кудрин, О. А. Краснова, Е. В. Хардина, А. Л. Шкляев. – Ижевск: ИжГСХА, 2019. – 160 с.
20. Разработка функционально-морфологической модели машины для посадки рассады капусты / Н. Г. Касимов, В. И. Константинов, Р. Р. Шакиров [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2019. – № 8(99). – С. 5–17.
21. Робототехника в сельском хозяйстве. – URL: <https://fastsalttimes.com/sections/obzor/585.html> (дата обращения 08.12.2019).
22. Специалисты об автоматизации – взгляд изнутри. – URL: [https://controlengrussia.com/rynok/integratoru\\_avtomatizatsii/](https://controlengrussia.com/rynok/integratoru_avtomatizatsii/) (дата обращения 08.12.2019).
23. Устройство и принцип работы быстроходной сортировки / Л. М. Максимов, К. Л. Шкляев, И. Э. Тютин, А. Л. Шкляев // Вестник НГИЭИ. – 2012. – № 4(11). – С. 173–178.



24. Максимов, Л. М. Чашечно-дисковая картофельная сортировка / Л. М. Максимов, А. Г. Иванов, К. Л. Шкляев, А. Л. Шкляев // Сельский механизатор. – 2014. – № 6. – С. 22–23.

25. Шкляев, А. Л. Картофельная сортировка чашечно-дискового типа / А. Л. Шкляев // Вестник Ижевской ГСХА. – 2014. – № 1(38). – С. 44–47.

26. Шкляев, К. Л. Проблемы внедрения точного земледелия в Удмуртской Республике / К. Л. Шкляев, А. Л. Шкляев // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 13–16 фев. 2018 г. – Ижевск, 2018. – Т. 2. – С. 203–205.

27. Шкляев, К. Л. Совершенствование барабанной картофельной сортировки / К. Л. Шкляев, А. Л. Шкляев // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 13–16 фев. 2018 г. – Ижевск, 2018. – Т. 2. – С. 205–208.

УДК 629.033

**А. Л. Шкляев, К. Л. Шкляев**

*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **ГУСЕНИЧНЫЙ ДВИЖИТЕЛЬ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО РОБОТА**

Рассматривается гусеничный движитель мобильной роботизированной платформы для автоматизации и роботизации процессов в сельскохозяйственном производстве. Приводится методика расчета гусеничного движителя и проектируемая компоновка мобильной роботизированной платформы.

Основная задача сельскохозяйственного робота, для которого проектируется мобильная платформа, состоит в перемещении самого устройства в пределах определенной территории по пересеченной местности, по поверхности почвы с растительным покровом. Следовательно, необходимо обеспечить минимальное буксование движителей, чтобы минимизировать негативное воздействие на почву и растения и более точно определять положение элементов движителя, для того, чтобы понимать, куда будет двигаться платформа [1, 4, 6, 21]. Не следует забывать, робот будет управляться автономно, т. е. компьютерная программа будет отслеживать местоположение робота посредством спутниковых навигационных систем (СНС), далее отдавать команду исполнительным механизмам для начала движения, при этом крайне нежелательна пробуксовка ведущих ор-

ганов платформы – движителей [5, 10, 18]. Исходя из вышесказанного, выбираем гусеничный тип движителей в силу их низкого коэффициента буксования и минимального удельного давления на почву. Для робота массой в 300 кг можно применить резиноармированные гусеничные шины от современной снегоходной техники. Например, резиноармированная гусеничная шина с грунтозацепами снегохода «Dingo» (рис. 1): размеры (длина×ширина×высота грунтозацепа) – 2545×500×17,4 мм.



Рисунок 1 – Гусеница снегохода «Dingo»

Резиновая основа гусеницы обеспечивает движителю легкость, а также способствует минимальному уплотнению почвы [3, 9, 11, 12, 26].

Рассмотрим методику расчета гусеничного движителя. Предварительное натяжение гусеничной цепи. В состоянии покоя, когда на ведущем колесе отсутствует крутящий момент, гусеничная цепь, опираясь на катки и колеса, провисает на свободных участках под действием силы тяжести (рис. 2). Величину провисания регулируют специальными устройствами, натягивая или ослабляя гусеничную цепь. Поэтому в гусеничной цепи, не подверженной действию крутящего момента или других сил, силу, создаваемую только силой тяжести провисающих участков, называют силой предварительного или статического натяжения [15, 17].

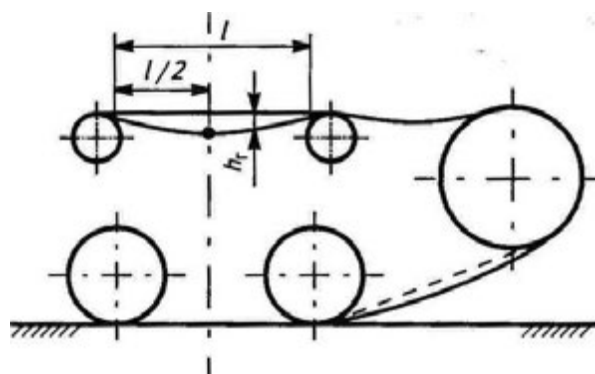


Рисунок 2 – Схема сил, действующих в свободной ветви, лежащей на опорных катках

Сила предварительного натяжения – важный параметр, определяющий давление на опорную поверхность и тягово-сцепные свойства движителя. Слабое натяжение может привести к нарушению зацепления гусеницы с ведущим или ведомым колесом, сходу гусеницы с колес и катков, интенсивному растягиванию провисающих участков в движении и т. д. Эту силу рассчитывают по формуле [13, 19]:

$$T_c = q_0 * (l^2 / 8h_r), \quad (1)$$

где  $q_0$  – вес единицы длины гусеницы;

$l$  – расстояние между опорами по горизонтальной линии участка гусеницы, провисающего между двумя смежными катками;

$h_r$  – стрела провисания (рис. 2).

Ветвь гусеничного обвода, расположенную на участке от ведущего колеса до грунта и передающую тяговое усилие, называют рабочей ветвью и обозначают  $l_p$  (рис. 3).

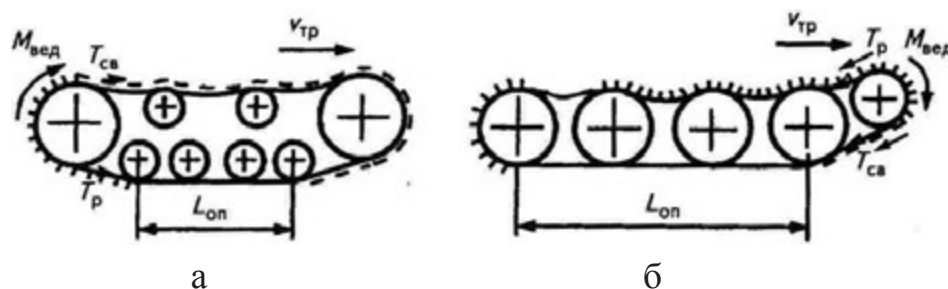


Рисунок 3 – Гусеничный обвод машин с задним (а) и передним (б) ведущими колесами (шш – рабочая ветвь; свободная ветвь)

Участок обвода, расположенный между ведущим колесом и грунтом и не нагруженный тяговым усилием, считают свободной ветвью –  $l_{св}$ .

$$L_0 = l_p + l_{св} + L_{оп}. \quad (2)$$

Если к ведущему колесу приложить момент, то натяжение в рабочей и свободной ветвях гусеницы изменится по сравнению с натяжением в свободном состоянии. Уравнение равновесия моментов в гусеничном обводе при равномерной скорости гусеничного обвода имеет вид:

$$M_{вед} = T_p r_d - T_{св} r_d, \quad (3)$$

где  $T_p$ ,  $T_{св}$  – силы натяжения соответственно в рабочей и свободной ветвях гусеничного обвода, Н.

Если обе части этого уравнения разделить на  $r_d$ , то получим:

$$P_k = T_p - T_{св}, \quad (4)$$

Силы  $T_p$  и  $T_{св}$  зависят от касательной силы тяги  $P_k$ . Не следует путать между собой силу в свободном участке гусеничного обвода  $T_{св}$  и силу статического напряжения  $T_c$ .

С увеличением силы  $P_k$  натяжение рабочей ветви повышается, а свободной – снижается по следующим причинам. Под действием касательной силы тяги в рабочей ветви уменьшаются провисания, зазоры и удлиняется свободная ветвь, вследствие чего увеличивается стрела провисания  $A_2$  и уменьшается длина  $l$  провисающего участка. Сила предварительного натяжения  $T_c$ , согласно выражению (1), уменьшается [14, 23].

Следует подчеркнуть, что в связи с разной длиной рабочей ветви гусеничного обвода машин с задним и передним приводом (рис. 3) провисание свободной ветви также будет разным при натяжении гусеничной цепи силой  $T_p$ . У движителей с передним ведущим колесом  $l_{св}$  мало по сравнению с  $l_p$ , поэтому относительное приращение длины  $l_{св}$  будет очень большим за счет натяжения достаточно длинной рабочей ветви, суммарный зазор в соединениях которой превосходит суммарный зазор короткой рабочей ветви движителя с задним ведущим колесом [8, 20, 22, 24, 27, 28].

Основываясь на вышеназванных теоретических данных, выбираем для базовой транспортной платформы гусеничный тип движителя с задним расположением ведущего колеса (рис. 3а, 4). Таким образом, сами движители должны компоноваться с несущей частью машины (рамой). В качестве ведущего и ведомого колеса используем звездочку из композитного материала с определенными размерами, подбираем резиноармированную гусеничную шину с подходящим шагом. Опорные катки спроектированы из пары композитных роликов, установленных на одну ось. Ролики также применимы стандартных размеров от внедорожной техники. Ширина гусеничного полотна разрабатываемой платформы выбрана равной половине ширины гусеницы снегохода. Подразумевается разделение гусеничной ленты снегохода на две равные части [7, 16, 25].

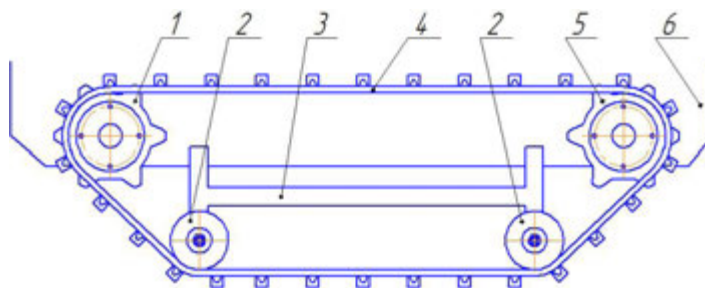


Рисунок 4 – Схема гусеничного движителя робота:

- 1 – задняя (ведущая) звездочка; 2 – опорные ролики; 3 – крепление роликов;  
4 – гусеничная лента; 5 – передняя (ведомая) звездочка; 6 – корпус робота.

Применив в конструкции гусеничный тип привода, у которого, в отличие от колесного варианта, существует определенный радиус поворота, получили достаточно мобильную схему платформы.

#### Список литературы

1. Kudrin, M. R. Post-mortem indices of black-and-white breed / M. R. Kudrin, G. Y. Berezkina, A. L. Shklyaev [et all] // Agritech-2019: agribusiness, environmental engineering and biotechnologies: international scientific conference, 20–22 июня 2019 г. – Красноярск, 2019. – Т. 315(7). – № 072034.

Беспилотные трактора. – URL: <https://bespilot.com/tip/bespilotnye-traktora> (дата обращения 18.12.2019).

2. Васильева, М. И. Конструкция полов на свиноводческих предприятиях / М. И. Васильева, Н. П. Казанцева // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 13–16 фев. 2018 г. – Ижевск, 2018. – Т. 2. – С. 16–18.

3. Васильева, М. И. Системы утилизации навозных стоков на свиномкомплексах как фактор создания благоприятной экологической обстановки / М. И. Васильева, А. А. Астраханцев // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: м-лы Международной науч.-практ. конф., 22–23 мар. 2018 г. – Йошкар-Ола, 2018. – С. 333–336.

4. Ветошкина, В. А. Оптимизация функционально-технологических свойств рубленного полуфабриката / В. А. Ветошкина // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – 2019. – № 1(8). – С. 653–655.

5. Ермаков, Н. А. Применение систем автоматизированного проектирования при конструировании новой техники / Н. А. Ермаков // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – 2018. – № 3(6). – С. 555–557.

6. Зорин, В. А. Виды, проецирования / В. А. Зорин // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – 2019. – № 1(8). – С. 583–585.

7. Костин, А. В. Применение компьютерных и автоматизированных систем в образовательном процессе / А. В. Костин, Р. Р. Шакиров, А. Г. Иванов, А. Л. Шкляев, В. И. Константинов // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 12–15 фев. 2019 г. – Ижевск, 2019. – Т. 1. – С. 214–218.

8. Краснова, К. В. Шрифты – построение и дизайн / К. В. Краснова // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – 2019. – № 1(8). – С. 590–593.

9. Кудрин, М. Р. Автоматизация процесса доения коров с помощью робота-дояра / М. Р. Кудрин, А. Л. Шкляев, К. Л. Шкляев // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 12–15 фев. 2019 г. – Ижевск, 2019. – Т. 2. – С. 98–100.

10. Кудрин, М. Р. Мясная продуктивность крупного рогатого скота черно-пес трой породы при жизни без постановки на откорм и после постановки на откорм / М. Р. Кудрин, А. Л. Шкляев // Актуальные вопросы совершенствова-

ния технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. – 2019. – № 21. – С. 372–376.

11. Кудрин, М. Р. Показатели мясной продуктивности крупного рогатого скота черно-пестрой породы до и после постановки на откорм по результатам убоя / М. Р. Кудрин, А. Л. Шкляев // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. – 2019. – № 21. – С. 368–372.

12. Лебедев, Л. Я. Проектирование и расчет приводов технологического оборудования: учеб. пособ. / Л. Я. Лебедев, А. Л. Шкляев. – 2-е изд. перераб. и доп. – Ижевск: ИжГСХА, 2016. – 75 с.

13. Максимов, Л. М. Новая картофельная сортировка / Л. М. Максимов, К. Л. Шкляев, А. Л. Шкляев // Картофель и овощи. – 2014. – № 9. – С. 30–31.

14. Машины и оборудование для механизации процессов в растениеводстве и в садово-парковом хозяйстве: учебное пособие / Б. Д. Зонов, О. П. Васильева, К. Л. Шкляев [и др.]. – Ижевск: ИжГСХА, 2018. – 104 с.

15. Механизация процесса доения коров с помощью робота-дояра / М. Р. Кудрин, А. Л. Шкляев, К. Л. Шкляев [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2019. – № 5(96). – С. 21–33.

16. Николаев, В. А. Песчано-полимерные автопоилки / В. А. Николаев, А. Л. Шкляев // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 13–16 фев. 2018 г. – Ижевск, 2018. – Т. 1. – С. 162–165.

17. Организация роботизированных ферм и технологические особенности при производстве молока на фермах / М. Р. Кудрин, О. А. Краснова, А. Л. Шкляев [и др.] // Аграрная Россия. – 2019. – № 3. – С. 31–34.

18. Производство и переработка продукции крупного рогатого скота: моногр. / М. Р. Кудрин, О. А. Краснова, Е. В. Хардина, А. Л. Шкляев. – Ижевск: ИжГСХА, 2019. – 160 с.

19. Разработка функционально-морфологической модели машины для посадки рассады капусты / Н. Г. Касимов, В. И. Константинов, Р. Р. Шакиров [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2019. – № 8(99). – С. 5–17.

20. Робототехника в сельском хозяйстве. – URL: <https://fastsalttimes.com/sections/obzor/585.html> (дата обращения 18.12.2019).

21. Специалисты об автоматизации – взгляд изнутри. – URL: [https://controlengrussia.com/rynok/integratoru\\_avtomatizatsii/](https://controlengrussia.com/rynok/integratoru_avtomatizatsii/) (дата обращения 18.12.2019).

22. Устройство и принцип работы быстроходной сортировки / Л. М. Максимов, К. Л. Шкляев, И. Э. Тютин, А. Л. Шкляев // Вестник НГИЭИ. – 2012. – № 4(11). – С. 173–178.

23. Чашечно-дисковая картофельная сортировка / Л. М. Максимов, А. Г. Иванов, К. Л. Шкляев, А. Л. Шкляев // Сельский механизатор. – 2014. – № 6. – С. 22–23.



24. Шкляев, А. Л. Картофельная сортировка чашечно-дискового типа / А. Л. Шкляев // Вестник Ижевской ГСХА. – 2014. – № 1 (38). – С. 44–47.

25. Шкляев, К. Л. Проблемы внедрения точного земледелия в Удмуртской Республике / К. Л. Шкляев, А. Л. Шкляев // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 13–16 фев. 2018 г. – Ижевск, 2018. – Т. 2. – С. 203–205.

26. Шкляев, К. Л. Совершенствование барабанной картофельной сортировки / К. Л. Шкляев, А. Л. Шкляев // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 13–16 фев. 2018 г. – Ижевск, 2018. – Т. 2. – С. 205–208.

27. Шкляев, К. Л. Исследование движения клубней картофеля по поверхности барабанной сортировки / К. Л. Шкляев, А. Л. Шкляев // Динамика механических систем: м-лы I Междунар. науч.-практ. конф. посвящ. памяти проф. А. К. Юлдашева, 5–6 апр. 2018 г. – Казань, 2018. – Т. 1. – С. 302–309.

УДК 631.362

**К. Л. Шкляев, А. Л. Шкляев**

*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **КАРТИРОВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ**

Сельское хозяйство представляет собой сложную экономическую систему. Для ее анализа необходимо использование системного подхода и, соответственно, системного картографирования, предполагающего как аналитические, так и интегрирующие аспекты.

Сельское хозяйство – это одновременно природная и социально-экономическая система, которая соприкасается с природными условиями и ресурсами, с населением и экономикой. В то же время это единая территориальная система, хотя звенья производства одного продукта могут быть разбросаны по различным населенным пунктам и площадям. У хозяйств, находящихся рядом, может вообще не наблюдаться никаких связей, что является важным отличием от промышленных районов. Следовательно, любой сельскохозяйственный район – это, скорее, сельскохозяйственная группировка с ведением однородного хозяйства.

Сельскохозяйственные карты показывают территориальную дифференциацию сельскохозяйственного производства, экономические и природные условия ведения и развития сельского хозяйства, дают экономическую оценку ресурсов сельскохозяйственного про-

изводства (материальных и трудовых). Больше всего распространены отраслевые сельскохозяйственные карты, отображающие размещение посевных площадей, плотность и поголовье всех видов скота, себестоимость и урожайность сельскохозяйственных культур и продуктивность животноводства [22–28, 30, 31].

Первые карты сельского хозяйства появились в середине XIX в. в «Хозяйственно-статистическом атласе Европейской России» (1851 г.) и характеризовали размещение главных отраслей и культур сельского хозяйства. Карты сельскохозяйственной тематики распространены очень широко и в российских, и в зарубежных атласах и отличаются большим разнообразием по полноте и содержанию.

Сельское хозяйство непременно находит отображение и на общеэкономических картах, и в структуре комплексных атласов. Карты могут охватывать все отрасли сельского хозяйства (общие сельскохозяйственные карты), показывать какую-нибудь одну отрасль (отраслевые) или отражать размещение одной культуры/вида скота (узкоотраслевые). Известно немало специальных отраслевых атласов сельского хозяйства.

По назначению среди карт сельского хозяйства выделяют оперативно-хозяйственные, научно-справочные, учебные и рекламно-презентационные.

В тематическом аспекте классификация карт сельского хозяйства представлена следующим образом. Выделяют две большие тематические группы: карты организации сельского хозяйства и карты самого производства – его объема и специализации.

К организации сельского хозяйства относятся карты экономических и природных условий и факторов развития сельского хозяйства; ресурсов сельскохозяйственного производства (материальных и трудовых).

К картам производства: карты отраслей сельского хозяйства; карты общей характеристики сельского хозяйства.

Каждая из этих групп делится на подгруппы в зависимости от конкретных сюжетов (рис. 1).

При картографировании может быть использована и промышленная тематика, например, показ предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции или электричества.

Картографирование сельского хозяйства имеет свои особенности. Во-первых, это различный подход к крупно – и мелкомасштабному картографированию. Для мелкомасштабного картографирования используется система статистических показателей по административным единицам, для крупномасштабного – по природным ареалам. В средне – и крупномасштабных картах появляются кон-

кретные характеристики садов и других площадей, в крупномасштабном картографировании показываются локальные объекты, такие, как фермы.

Во-вторых, это применение множества показателей, поскольку сельскохозяйственное производство является сложной территориальной системой.

В-третьих, необходимость учитывать быстроменяющуюся картину объектов картографирования (из года в год появляются новые культуры, земли меняют свое назначение).

К особенностям можно отнести также использование, в основном, площадных знаков и сложность процессов генерализации. Картографируются блоки основных сельскохозяйственных показателей.

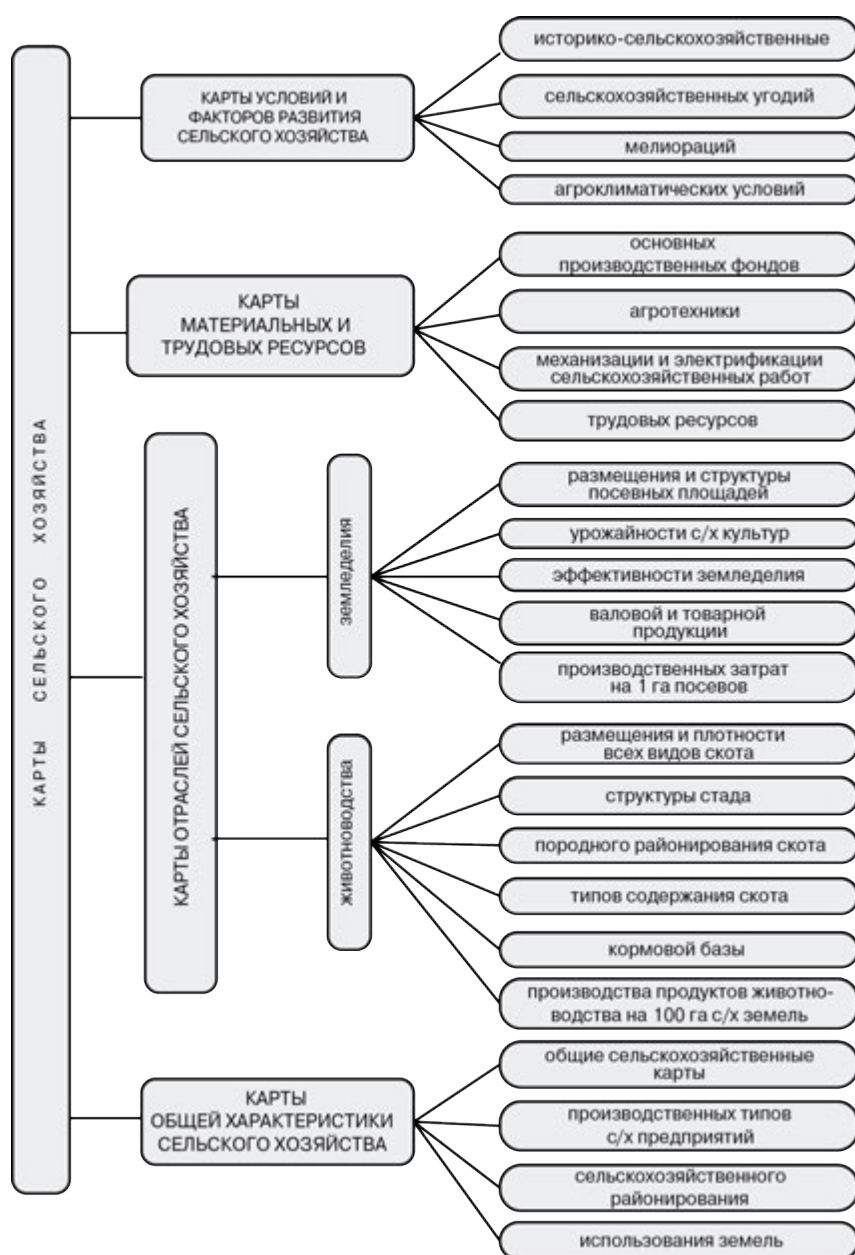


Рисунок 1 – Классификация карт сельского хозяйства по тематике

Экономические показатели сельскохозяйственного производства: распределение сельскохозяйственных угодий по землепользователям; продукция сельского хозяйства и ее структура по категориям хозяйств; посевные площади сельскохозяйственных культур; структура посевных площадей по видам сельскохозяйственных культур [4, 9, 10, 11, 16–19]; валовой сбор сельскохозяйственных культур; урожайность сельскохозяйственных культур; поголовье скота по категориям хозяйств; структура поголовья скота по категориям хозяйств; производство основных продуктов животноводства; продуктивность скота и птицы; число крестьянских (фермерских) хозяйств; удельный вес сельского хозяйства в структуре ВВП; доля занятых в сельском хозяйстве [1–3, 6, 12–15, 20].

Показатели материально-технической базы сельского хозяйства: наличие и состояние парка строительной техники; производство минеральных удобрений, химических средств защиты растений; внесение минеральных и органических удобрений под посевы.

Показатели, характеризующие продовольственную безопасность страны: баланс внешней торговли стран сельскохозяйственной продукцией; импорт сельскохозяйственной продукции; производство зерна на душу населения; самообеспеченность зерном.

На обширных территориях, занимаемых землями сельскохозяйственного назначения, где в силу различного рода природных и экономических процессов происходит постоянное изменение границ посевных площадей, контроль возможен только при наличии развитой сети пунктов оперативного мониторинга, наземных станций, авиационной поддержки, хорошего картографического обеспечения.

Новые технологии позволяют разнообразить на картах способы изображения, менять стили оформления, использовать эффекты компьютерного дизайна, применять анимацию и средства мультимедиа. Сейчас в нашей стране и за рубежом ведутся работы по созданию цифровых карт и атласов оперативного характера на основании использования статистических материалов. Сочетание ГИС – и интернет-технологий позволяет отыскивать нужные карты и далее работать с ними в интерактивном режиме, как с обычными настольными ГИС [5, 7, 8, 21, 29]. Использование ГИС-технологий в таких системах дает возможность объединять пространственные географические данные, аэро – и космические изображения, а также тематические сведения по множеству сельскохозяйственных параметров, представленных в картографической и табличной формах. Накладывая на собранную информацию другие полученные и собранные данные, такие, например, как качество почвы, условия орошения, метеорологические и данные спутникового мониторинга и т. д., можно

получать производные карты для анализа и выявления деградации растительных культур, прогнозирования урожая, контроля развития неблагоприятных природно-техногенных процессов (эрозии почв, опустынивания, подтопления, заболачивания и т. д.). При создании информационных систем в европейской классификации класс «Land Cover» (покрытие земли) является одним из приоритетных.

Создание баз геоданных и комплексная обработка имеющейся информации позволяют получать новые карты для характеристики использования и состояния земель. Примером такого картографического продукта являются цифровые карты земель сельскохозяйственного назначения, представляющие собой пространственную реализацию в геоинформационной среде комплексной характеристики земель по уровню их плодородия и пригодности использования под различные виды сельскохозяйственных угодий.

#### Список литературы

1. Beef production of black-and-white breed depending on the degree of fattening / Kudrin M.R., Izhboldina S.N., Shklyayev K.L., Nikolaev V.A., Selezneva N.V. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 20–22 июня 2019 г. – Красноярск, 2019. – Т. 315(7). – С. 072028.
2. Kudrin, M. R. Post-mortem indices of black-and-white breed / M. R. Kudrin, G. Y. Berezkina, A. L. Shklyayev [et all] // Agritech-2019: agribusiness, environmental engineering and biotechnologies: international scientific conference, 20–22 июня 2019 г. – Красноярск, 2019. – Т. 315(7). – № 072034.
3. Ермаков, Н. А. Применение систем автоматизированного проектирования при конструировании новой техники / Н. А. Ермаков // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – 2018. – № 3(6). – С. 555–557.
4. Каматдинов, В. И. Копатель-собираатель моркови / В. И. Каматдинов, Н. В. Ходырев // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – Ижевск, 2018. – С. 563–565.
5. Костин, А. В. Применение компьютерных и автоматизированных систем в образовательном процессе / А. В. Костин, Р. Р. Шакиров, А. Г. Иванов, А. Л. Шкляев, В. И. Константинов // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 12–15 фев. 2019 г. – Ижевск, 2019. – Т. 1. – С. 214–218.
6. Кудрин, М. Р. Автоматизация процесса доения коров с помощью робота-дойера / М. Р. Кудрин, А. Л. Шкляев, К. Л. Шкляев // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 12–15 фев. 2019 г. – Ижевск, 2019. – Т. 2. – С. 98–100.
7. Кулигина, О. С. Разработка автономной роботизированной платформы // О. С. Кулигина // Научные труды студентов Ижевской ГСХА сборник статей: электронный ресурс. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – 2018. – С. 565–567.



8. Лебедев, Л. Я. Проектирование и расчет приводов технологического оборудования: учеб. пособ. / Л. Я. Лебедев, А. Л. Шкляев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ижевск: ИжГСХА, 2016. – 75 с.
9. Максимов, Л. М. Картофель убирает мини-комбайн / Л. М. Максимов, Ю. Г. Корепанов, К. Л. Шкляев // Сельский механизатор. – 2007. – № 4. – С. 12–13.
10. Максимов, Л. М. Новая картофельная сортировка / Л. М. Максимов, К. Л. Шкляев, А. Л. Шкляев // Картофель и овощи. – 2014. – № 9. – С. 30–31.
11. Максимов, П. Л. Сортировальное устройство роторно-винтового типа для картофеля / П. Л. Максимов, А. Г. Иванов, К. Л. Шкляев // Наука Удмуртии. – 2009. – № 9. – 221 с.
12. Машины и оборудование для механизации процессов в растениеводстве и в садово-парковом хозяйстве: учеб. пособ. / Б. Д. Зонов, О. П. Васильева, К. Л. Шкляев [и др.]. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2018. – 104 с.
13. Механизация процесса доения коров с помощью робота-дойера / М. Р. Кудрин [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2019. – № 5(96). – С. 21–33.
14. Николаев, В. А. Песчано-полимерные автопоилки / В. А. Николаев, А. Л. Шкляев // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 13–16 фев. 2018 г. – Ижевск, 2018. – Т. 1. – С. 162–165.
15. Организация роботизированных ферм и технологические особенности при производстве молока на фермах / М. Р. Кудрин, О. А. Краснова, А. Л. Шкляев [и др.] // Аграрная Россия. – 2019. – № 3. – С. 31–34.
16. Патент 2341951 Российская Федерация, МПК: А01D33/08. Роторно-винтовое устройство для разделения корнеклубнеплодов и фруктов на фракции / Максимов Л.М., Максимов П.Л., Максимов Л.Л., Малков М.Н., Шкляев К.Л. заявитель и патентообладатель Максимов Л.М. – № 2007107224/12; заявл. 26.02.2007; опубл. 27.12.2008.
17. Патент 2441359 Российская Федерация, МПК: А01D33/08; А01D17/02; А01D17/04. Устройство для разделения корнеклубнеплодов на фракции роторно-чашечного типа / Максимов Л.М., Максимов П.Л., Максимов Л.Л., Шкляев К.Л., Шкляев А.Л. заявитель и патентообладатель Максимов Л.М. – № 2010108831/13; заявл. 09.03.2010.
18. Патент 2476056 Российская Федерация, МПК: А01D33/08. Роторная картофелесортировка / Максимов Л.М., Максимов П.Л., Тютин И.Э., Шкляев А.Л. заявитель и патентообладатель Максимов Л.М. – № 2011107047/13; заявл. 24.02.2011
19. Патент 2537723 Российская Федерация, МПК: А01D 33/08. Плоское круглорешетное устройство для разделения корнеклубнеплодов на фракции / Максимов Л.М., Максимов П.Л., Шкляев А.Л. заявитель и патентообладатель Максимов Л.М. – № 2013129189/03; заявл. 25.06.2013.
20. Производство и переработка продукции крупного рогатого скота: моногр. / М. Р. Кудрин, О. А. Краснова, Е. В. Хардина, А. Л. Шкляев. – Ижевск: ИжГСХА, 2019. – 160 с.



21. Разработка функционально-морфологической модели машины для посадки рассады капусты / Н. Г. Касимов, В. И. Константинов, Р. Р. Шакиров [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2019. – № 8 (99). – С. 5–17.
22. Устройство и принцип работы быстроходной сортировки / П. Л. Максимов, К. Л. Шкляев, И. Э. Тютин, А. Л. Шкляев // Вестник НГИЭИ. – 2012. – № 4 (11). – С. 173–178.
23. Худяков, И. А. Сепаратор картофелеуборочной машины восходящего-сходящего действия / И. А. Худяков, Н. А. Санников, В. А. Скругин // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – Ижевск, 2018. – С. 603–606.
24. Чашечно-дисковая картофельная сортировка / Л. М. Максимов, А. Г. Иванов, К. Л. Шкляев, А. Л. Шкляев // Сельский механизатор. – 2014. – № 6. – С. 22–23.
25. Шкляев, А. Л. Исследование движения сферического клубня по рабочему органу дисковой плоскорешетной картофелесортировки: сообщение 1. определение начальных условий для сферического движения клубня / А. Л. Шкляев, А. Г. Иванов, К. Л. Шкляев, Р. Р. Шакиров, А. В. Костин, А. Б. Спиридонов // АгроЭкоИнфо. – 2018. – № 2 (32). – С. 46. [электронный ресурс]. Режим доступа – <http://www.agroeco.info.narod.ru/journal/index.html>
26. Шкляев, А. Л. Исследование движения сферического клубня по рабочему органу дисковой плоскорешетной картофелесортировки: сообщение 2. определение начальных условий для сферического движения клубня / А. Л. Шкляев, А. Г. Иванов, К. Л. Шкляев, Р. Р. Шакиров, А. В. Костин, А. Б. Спиридонов // АгроЭкоИнфо. – 2018. – № 2 (32). – С. 47. [электронный ресурс]. Режим доступа – <http://www.agroeco.info.narod.ru/journal/index.html>
27. Шкляев, А. Л. Картофельная сортировка чашечно-дискового типа / А. Л. Шкляев // Вестник Ижевской ГСХА. – 2014. – № 1(38). – С. 44–47.
28. Шкляев, А. Л. Обоснование параметров и режимов работы дисковой плоскорешетной сортировки клубней картофеля: дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01 / Шкляев Артём Леонидович. – Киров, 2015. – 147 с.
29. Шкляев, К. Л. Проблемы внедрения точного земледелия в Удмуртской Республике / К. Л. Шкляев, А. Л. Шкляев // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 13–16 фев. 2018 г. – Ижевск, 2018. – Т. 2. – С. 203–205.
30. Шкляев, К. Л. Совершенствование барабанной картофельной сортировки / К. Л. Шкляев, А. Л. Шкляев // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 13–16 фев. 2018 г. – Ижевск, 2018. – Т. 2. – С. 205–208.
31. Шкляев, К. Л. Устройства для калибрования картофеля / К. Л. Шкляев, А. Л. Шкляев, М. Ю. Васильченко // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск. – 2016. – С. 69–73.

**Е. А. Михеева, К. Л. Шкляев, А. Л. Шкляев**  
*ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ КОПЫТЦЕВОГО РОГА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА**

Большое значение имеет прочность копытцевого рога. Под биомеханикой (механизмом) копытца понимают периодическое изменение конфигурации рогового башмака. Наиболее прочным оказался центральный участок дорсальной стенки.

**Введение.** Крупный рогатый скот опирается о землю роговой капсулой, состоящей из прочного и умеренно упругого рогового вещества. Копытный рог надежно защищает опирающуюся поверхность пальца от механического, химического и термического воздействия. На одном квадратном миллиметре рога содержится определенное количество трубочек. Чем больше роговых трубочек располагается на единице площади, чем меньше их диаметр и толще их стенка, тем выше прочность рога и его устойчивость к стиранию [1, 2].

Большое значение имеют такие биофизические свойства копытцевого рога, как прочность, эластичность, теплопроводность и влагоемкость [3]. Важным является показатель прочности копытцевого рога, поскольку прогрессирующее разрушение копытцев становится причиной хромоты и последующей преждевременной выбраковке из технологического процесса высокопродуктивных животных, что приводит к снижению доходности отрасли и невозможности полностью реализовать генетический потенциал [4, 5, 19, 21].

Под биомеханикой (механизмом) копытца понимают периодическое изменение конфигурации рогового башмака (расширение, сужение, ротация), возникающее при его нагрузке и освобождении [6, 13].

Тяжесть тела животного распределяется по всем конечностям и на копытце действует незначительно. Это достигается благодаря угловому положению костей конечности относительно друг друга и мякишу копытцев, который в свою очередь способствует смягчению толчков и сотрясений, сухожильно-связочному аппарату, участвующему в амортизации при опирании.

Изменение конфигурации копытцев приводит к усилению или ослаблению действия массы тела на них. Этому могут способствовать условия: фаза движения, характер почвы или пола, состояние сухожильно-связочного аппарата, характер постановки конечности

стей (правильная или неправильная), наклон костей пальца, состояние мякши и роговой капсулы, а также непосредственно форма копытцев, которая может быть правильной и неправильной [10, 11, 12, 18, 19, 21].

**Результаты исследований.** Испытанию было подвергнуто 5 образцов копытцевого рога передних конечностей коров, не имеющих поражений. Из образцов копытцев были изготовлены продольные срезы с трех участков дорсальной стенки копытцевого рога: верхнего (область венчика), центрального и нижнего (область подошвы).

Проводили испытания на изгиб с определением максимальной нагрузки, которую может выдержать конструкция, не разрушаясь и не претерпевая деформаций [7, 8, 9]. Конструкция состояла из двух цилиндрических опор и изгибающего (нагружающего) ролика, расположенного на одинаковом расстоянии от опор.

Перед испытаниями на прочность измеряли их начальные размеры: длину  $l$ , ширину  $b$ , высоту  $h$ . После этого срезы были подвергнуты разрушению на разрывной машине МР-0,5–1 для измерения нагрузки ( $P$ ) каждого образца. (рис. 1) Напряжение ( $\sigma$ ), которое возникало в исследуемом материале при его нагружении, характеризовало прочность и определялось нагрузкой [14, 15, 16, 17, 20, 22, 23], приходящейся на единицу начальной площади поперечного сечения образца (рис. 2).

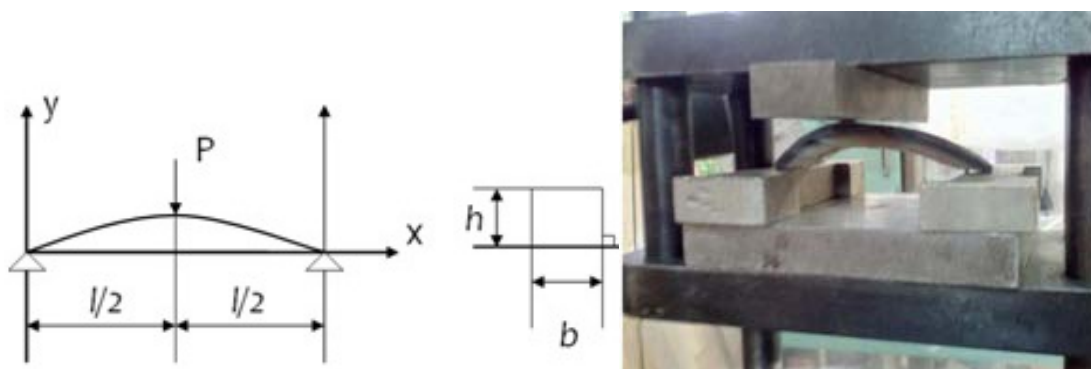


Рисунок 1 – Разрывная машина МР-0,5–1 и нагружение образца срезов



Рисунок 2 – Образцы после разрушения

Прочностью материала называют его способность сопротивляться деформации и разрушению при действии механических сил. Предел прочности при поперечном изгибе вычисляется по формуле:

$$\sigma = \frac{3Pl}{2bh^2},$$

где  $P$  – нагрузка, Н;

$l$  – длина испытуемого образца, м;

$b$  – ширина сечения испытуемого образца, м;

$h$  – высота сечения испытуемого образца, м.

По результатам исследований отмечен характер изменения прочности копытного рога от венчика к подошве (табл. 1). Наиболее прочным оказался центральный участок дорсальной стенки. Его прочность на 14,4 % превышала показатель вышележащего участка. Копытцевый рог в у основания подошвы оказался менее прочным по сравнению с центральным.

Таблица 1 – Прочность копытцевого рога дойных коров

№ среза от венчика к подошве	Прочность/напряжение копытного рога $\sigma$ , МПа
1	115,7±2,3
2	142,7±5,4
3	122,1±4,6

**Выводы.** У крупного рогатого скота в момент прогибания конечности в путовом суставе происходит наиболее выраженное изменение формы роговой капсулы. При этом венечный край капсулы расширяется значительно, чем подошвенный, ввиду этого нет необходимости в повышенной прочности. В период опирания мякиш сдавливается, а роговая капсула в задних частях несколько расширяется. В момент поднимания копытца все его участки возвращаются в исходное положение. Центральная зона несет наибольшую нагрузку, поэтому данная зона должна быть наиболее прочной, что подтверждается исследованием. Ткани рога у основания подошвы постоянно подвергаются воздействию влаги и поверхности пола, в связи с чем должны подвергаться стиранию, а, следовательно, не имеют повышенной прочности.

#### Список литературы

1. Бабинцева, Т. В. Результаты клинико-ортопедической диспансеризации коров в хозяйствах Удмуртской Республики / Т. В. Бабинцева, Е. А. Михе-

ева // Научно обоснованные технологии интенсификации сельскохозяйственного производства: м-лы Междунар. научн.-практ. конф. – Ижевск, 2017. – С. 6–8.

2. Бабинцева, Т. В. Влияние состояния органов пищеварения на заболеваемость копытцев крупного рогатого скота / Т. В. Бабинцева, Е. А. Михеева // Наука, инновации и образование в современном АПК: м-лы Междунар. научн.-практ. конф. – Ижевск, 2014. – С. 72–74.

3. Веремей, Э. И. Ортопедия ветеринарной медицины: учеб. пособие / Э. И. Веремей [и др.] – СПб.: Лань, 2003. – 352 с., ил.

4. Влияние нарушений обмена веществ на заболеваемость дистальных отделов конечностей крупного рогатого скота / Е. А. Михеева, Л. Ф. Хамитова, Л. А. Перевозчиков [и др.] // Ученые записки Казанской ГАВМ им. Н. Э. Баумана. – 2013. – Т. 214. – С. 293–297.

5. Иммуноморфогенез при иммунизации против некробактериоза крупного рогатого скота: моногр. / Е. А. Михеева, Т. В. Бабинцева. – Ижевск, 2019. – 100 с.

6. Иммуноморфологические изменения в лимфатических узлах при вакцинации бычков против некробактериоза / Т. В. Бабинцева, Е. А. Михеева, Х. Н. Макаев, И. Н. Залялов // Ветеринарный врач. – 2017. – № 2. – С. 7–15.

7. Костин, А. В. Применение компьютерных и автоматизированных систем в образовательном процессе / А. В. Костин, Р. Р. Шакиров, А. Г. Иванов, А. Л. Шкляев, В. И. Константинов // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. научн.-практ. конф., 12–15 фев. 2019 г. – Ижевск, 2019. – Т. 1. – С. 214–218.

8. Лебедев, Л. Я. Проектирование и расчет приводов технологического оборудования: учеб. пособ. / Л. Я. Лебедев, А. Л. Шкляев. – 2-е изд. перераб. и доп. – Ижевск: ИжГСХА, 2016. – 75 с.

9. Машины и оборудование для механизации процессов в растениеводстве и в садово-парковом хозяйстве: учеб. пособ. / Б. Д. Зонов, О. П. Васильева, К. Л. Шкляев [и др.]. – Ижевск: ИжГСХА, 2018. – 104 с.

10. Михеева, Е. А. Морфогенез иммунных нарушений при некробактериозе крупного рогатого скота: спец. 06.02.00 – «Ветеринария и зоотехния»: автореферат дис. ... канд. вет. наук / Михеева Екатерина Александровна. Ижевск, 2004. – 22 с.

11. Михеева, Е. А. Особенности ухода за копытцами крупного рогатого скота: учеб. пособ. / Е. А. Михеева, Л. А. Перевозчиков. – Ижевск, ИжГСХА, 2013. – 50 с.

12. Михеева, Е. А. Профилактика – основа борьбы с болезнями копытцев крупного рогатого скота / Е. А. Михеева, О. Г. Пушкарев // Зоотехническая наука на удмуртской земле. Состояние и перспективы: м-лы международной научн.-практ. конф., ФГОУ ВПО Ижевск, 2009. – С. 97–99.

13. Намсараев, С. Д. Особенности строения, физические свойства и химический состав копытцев лося и крупного рогатого скота: дис. ... канд. биол. наук / С. Д. Намсараев. – Иркутск, 2005. – 124 с.



14. Патент 2341951 Российская Федерация, МПК:А01D33/08. Роторно-винтовое устройство для разделения корнеклубнеплодов и фруктов на фракции / Максимов Л.М., Максимов П.Л., Максимов Л.Л., Малков М.Н., Шкляев К.Л. заявитель и патентообладатель Максимов Л.М. – № 2007107224/12; заявл. 26.02.2007; опубл. 27.12.2008.

15. Патент 2441359 Российская Федерация, МПК: А01D33/08; А01D17/02; А01D17/04. Устройство для разделения корнеклубнеплодов на фракции роторно-чашечного типа / Максимов Л.М., Максимов П.Л., Максимов Л.Л., Шкляев К.Л., Шкляев А.Л. заявитель и патентообладатель Максимов Л.М. – № 2010108831/13; заявл. 09.03.2010.

16. Патент 2476056 Российская Федерация, МПК: А01D33/08. Роторная картофелесортировка / Максимов Л.М., Максимов П.Л., Тютин И.Э., Шкляев А.Л. заявитель и патентообладатель Максимов Л.М. – № 2011107047/13; заявл. 24.02.2011

17. Патент 2537723 Российская Федерация, МПК:А01D 33/08. Плоское круглорешетное устройство для разделения корнеклубнеплодов на фракции / Максимов Л.М., Максимов П.Л., Шкляев А.Л. заявитель и патентообладатель Максимов Л.М. – № 2013129189/03; заявл. 25.06.2013.

18. Перевозчиков, Л. А. Роль нарушений обмена веществ в возникновении патологии дистального отдела конечностей крупного рогатого скота / Л. А. Перевозчиков, Е. А. Михеева // Вестник Ижевской ГСХА . – 2013. – № 2 (35). – С. 49–51.

19. Петухова, Е. В. Ветеринарная ортопедия: учеб. пособ. / Е. В. Петухова, А. А. Ряднов, Т. А. Ряднова. – Волгоград: ФГОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2013. – 132 с.

20. Разработка функционально-морфологической модели машины для посадки рассады капусты / Н. Г. Касимов, В. И. Константинов, Р. Р. Шакиров [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2019. – № 8 (99). – С. 5–17.

21. Состояние обмена веществ, органов пищеварения, репродуктивной системы и дистальных отделов конечностей крупного рогатого скота в Удмуртской Республике / Г. Н. Бурдов, Е. А. Михеева, Л. А. Перевозчиков [и др.] // Вестник Новосибирского ГАУ. – 2015. – № 3 (36). – С. 82–89.

22. Шкляев, А. Л. Обоснование параметров и режимов работы дисковой плоскорешетной сортировки клубней картофеля: дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01 / Шкляев Артём Леонидович. – Киров, 2015. – 147 с.

23. Шкляев, К. Л. Совершенствование барабанной картофельной сортировки / К. Л. Шкляев, А. Л. Шкляев // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Международн. науч.-практ. конф., 13–16 фев. 2018 г. – Ижевск, 2018. – Т. 2. – С. 205–208.



## СОДЕРЖАНИЕ

### ТЕХНОЛОГИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА МАШИН. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В АПК

<b>В. И. Большаков, С. Н. Шмыков</b> Исследование технологических возможностей высокоскоростной электродуговой наплавки при восстановлении деталей . . . . .	3
<b>О. П. Васильева, Л. Л. Максимов, Я. Л. Максимова, А. К. Струнов</b> Экономическая эффективность использования малогабаритного картофелеуборочного комбайна . . . . .	9
<b>Д. А. Вахрамеев, А. А. Мартюшев, Е. А. Потапов, Н. Д. Давыдов</b> Обоснование величины температуры воздуха в конце такта сжатия дизельного двигателя в момент его пуска при низких температурах . . . . .	15
<b>Ю. Е. Глазков, Д. В. Доровских</b> Применение цифровых технологий при планировании работы машинотракторного парка . . . . .	18
<b>А. Н. Голубков, О. С. Федоров, А. А. Антонов</b> К вопросам дозирования сыпучих компонентов комбинированных кормов . . . . .	23
<b>Н. Д. Давыдов, А. А. Мартюшев, Р. Р. Шакиров</b> Обоснование показателей качества переходного процесса двигателя машинно-тракторного агрегата . . . . .	27
<b>Н. Д. Давыдов, Д. А. Вахрамеев, А. А. Мартюшев, Ю. Г. Корепанов</b> Система подогрева дизельного топлива как способ качественной эксплуатации тракторного дизеля в условиях низких температур . . . . .	31
<b>И. А. Дерюшев</b> Малогабаритные технические средства для посева семян овощных культур . . . . .	34
<b>Н. Д. Давыдов, Д. А. Вахрамеев</b> Современные методики изготовления моторных масел . . . . .	39
<b>И. И. Загиров, Р. Г. Ахмаров, М. З. Нафиков</b> Область применения технологии электроконтактной приварки стальных проволок . . . . .	43

<b>А. Г. Ипатов, Н. Г. Касимов, Е. В. Харанжевский</b> Лазерно-порошковый синтез покрытий с низким коэффициентом трения . . . . .	48
<b>Ю. Г. Корепанов, А. С. Марков, Ф. Р. Арсланов, О. Ю. Корепанова</b> Совершенствование измерения схождения управляемых колес тракторов и грузовых автомобилей . . . . .	55
<b>Л. Л. Максимов, О. П. Васильева, Я. Л. Максимова, А. П. Стрелков</b> Обзор однорядных картофелеуборочных комбайнов, представленных на российском рынке . . . . .	59
<b>А. В. Малинин, О. С. Федоров</b> Очистка деталей и агрегатов машин в современном ремонтном производстве . . . . .	64
<b>А. А. Мартюшев, Д. А. Вахрамеев, Е. А. Потапов, Ф. Р. Арсланов</b> Система предстартовой подготовки трансмиссии трактора в условиях низких температур . . . . .	70
<b>В. Ф. Первушин, М. З. Салимзянов, Ф. М. Абдуллин</b> Картофелекопатель роторного типа . . . . .	73
<b>А. В. Прохоров, И. А. Шемонаев, И. В. Кулешов, В. О. Черешнев</b> Разработка автоматизированной теплицы на базе микроконтроллера Arduino . . . . .	76
<b>С. Н. Шмыков, Л. Я. Новикова</b> Организация ремонта и восстановления деталей машин – объективная необходимость . . . . .	79
<b>В. М. Федоров, С. Е. Селифанов, В. В. Гамм</b> Особенности организации использования газового топлива в мобильной технике сельскохозяйственных предприятий Удмуртской Республики . . . . .	85
<b>В. М. Федоров, С. Е. Селифанов, В. В. Гамм</b> Проблемы выбора степени сжатия для переподжатого газового двигателя . . . . .	88
<b>С. А. Яковлев, Д. Е. Молочников, М. В. Сотников</b> Технологии ремонта емкостей для перевозки нефти и нефтепродуктов . . . . .	96

## НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОСФЕРЫ

- С. Е. Башняк, А. С. Городничий, И. И. Тесленко**  
К вопросу подготовки перспективного плана работы  
отдела охраны труда предприятия . . . . . 100
- С. Е. Башняк, И. Н. Тесленко, И. И. Тесленко**  
Частная методика организации промышленной  
безопасности на опасном производственном  
объекте при эксплуатации подъемных сооружений . . . . . 106
- С. В. Вендин, Ю. Н. Ульянов**  
Оценка свойств теплоизоляционных материалов  
для условий нестационарной теплопередачи . . . . . 118
- С. П. Игнатьев**  
Технология экструдирования влажных органических отходов . . . 125
- С. П. Игнатьев, А. В. Храмешин, А. А. Мякишев**  
Безопасность проведения научных исследований . . . . . 131
- С. П. Игнатьев, А. В. Храмешин, Р. А. Храмешин**  
Инновационные подходы  
при проверке знаний в сфере безопасности . . . . . 139
- А. А. Мякишев, Я. А. Анисимова**  
Повышение безопасности труда при уборке моркови . . . . . 143
- А. А. Мякишев, Я. А. Анисимова**  
Оценка профессиональных рисков  
в сельскохозяйственном производстве . . . . . 146
- Р. А. Храмешин, А. В. Храмешин**  
Клининг технологического оборудования  
при производстве картофелепродуктов . . . . . 152

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА И ЖИВОТНОВОДСТВА

- Е. А. Авершин, Е. А. Рябинин**  
Актуальные проблемы в АПК России . . . . . 158
- И. А. Дерюшев**  
Направления развития рассадопосадочных машин . . . . . 162
- Н. Г. Касимов, В. И. Константинов**  
Обоснование параметров распределительно-высаживающего  
аппарата машины для посадки рассады . . . . . 167

<b>Ю. Г. Корепанов, А. Г. Иванов, Ф. Р. Арсланов, А. Ю. Алексеева</b> Методика расчета параметров энергосберегающего рабочего органа корнеклубнеуборочной машины . . . . .	170
<b>Ю. Г. Корепанов, Ф. Р. Арсланов, А. Ю. Алексеева</b> Методика расчета траектории движения лемеха для выкапывания корнеклубнеплодов . . . . .	181
<b>Ю. Г. Корепанов, Ф. Р. Арсланов, А. Ю. Алексеева</b> Совершенствование методики исследования отрыва корнеклубненосного пласта в полевых условиях . . . . .	188
<b>Л. Я. Лебедев, А. В. Костин, В. А. Скосырский</b> Агрегат подготовки современных гряд для посадки саженцев клубники . . . . .	193
<b>Л. Я. Лебедев, Ф. Р. Арсланов</b> Отделитель почвенных примесей для обработки картофеля. . . . .	197
<b>Д. А. Марков, Р. Р. Шакиров, А. Г. Иванов</b> Виды устройств для сортировки картофеля . . . . .	202
<b>Н. В. Нестерова, Е. А. Рябинин</b> Актуальные проблемы животноводческих помещений в АПК . . . . .	207
<b>Л. М. Нургалиев</b> Результаты стендовых исследований упругих стоек чизельного орудия . . . . .	211
<b>В. Ф. Первушин, М. З. Салимзянов</b> Общие закономерности воздействия рабочих органов сельскохозяйственных машин на почву. . . . .	216
<b>В. Ф. Первушин, М. З. Салимзянов, Ф. М. Абдуллин</b> Определение режима работы картофелекопателя роторного типа . . . . .	224
<b>В.Ф. Первушин, М.З. Салимзянов</b> Состояние производства картофеля в Удмуртской Республике . . . . .	228
<b>В. А. Петров, В. И. Ширококов</b> Совершенствование процесса очистки зерна от неорганических примесей перед дроблением. . . . .	236
<b>И. А. Охотникова, З. В. Горшков</b> Элементы и способы нагрева при смешивании кормовых добавок . . . . .	242

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРЕРАБОТКИ ПРОДУКЦИИ АПК

<b>К. В. Анисимова, Я. Ю. Ганзурова, В. В. Соловьева</b> Обзор производителей сапропеля, представленного на рынке Удмуртской Республики . . . . .	246
<b>К. В. Анисимова, Л. Р. Рахматуллина</b> Замораживание пищевых продуктов с использованием ультразвука . . . . .	249
<b>К. В. Анисимова, В. В. Соловьева, Я. Ю. Ганзурова</b> Сушка сапропеля конвективным способом . . . . .	251
<b>И. В. Бадретдинова, А. А. Сергеев</b> Ресурсосберегающая технология производства блоков льняного арболита . . . . .	254
<b>И. В. Бадретдинова, А. А. Сергеев</b> Способ приготовления льняной тресты и установка для его осуществления . . . . .	260
<b>С. В. Вендин</b> К оценке эффективной частоты источника при технологической СВЧ обработке диэлектрической среды . . . . .	264
<b>С. В. Вендин, А. Ю. Мамонтов</b> Оценка мощности дополнительных источников теплоты для цилиндрического биогазового реактора . . . . .	271
<b>А. В. Вотинцев, О. Б. Поробова</b> Применение отходов льнопроизводства в промышленности . . . . .	280
<b>Н. Г. Главатских</b> Современные тенденции здорового питания . . . . .	286
<b>Н. Г. Главатских, Е. А. Ошуркова</b> Молоко из кешью . . . . .	291
<b>А. Д. Голованов, А. Б. Спиридонов, А. Ф. Ипатова</b> Современные технологические возможности в пищевой индустрии . . . . .	295
<b>О. А. Жарких</b> Усовершенствование агротехнологии выращивания технической конопли ( <i>Cannabis Sativa L.</i> ) с использованием новых биорегуляторов . . . . .	299

<b>О. В. Кондратьева, А. Д. Федоров, О. В. Слинко, В. А. Войтюк</b> Современное состояние и модернизация животноводческих объектов . . . . .	303
<b>Д. Р. Миназов, В. Д. Романов, А. Б. Спиридонов, А. Ф. Ипатова</b> Экзоскелет – скачок в будущее . . . . .	308
<b>Н. В. Нестерова, М. М. Ромащенко, Е. М. Камышникова</b> Перспективы глубокой переработки сельскохозяйственной продукции в АПК . . . . .	313
<b>О. Б. Поробова</b> Сравнительная характеристика растительного сырья, используемого для создания напитков с заданными свойствами . . . . .	318
<b>Т. Ю. Савва</b> Автоматизация процессов формирования производственных расписаний на предприятиях по переработке плодоовощного сырья . . . . .	326
<b>А. А. Сергеев, И. В. Бадретдинова</b> Транспортные холодильные установки . . . . .	332

## ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА МАШИН

<b>Н. В. Гусева</b> Оценка работы, затраченной на измельчение зерна в молотковых дробилках . . . . .	337
<b>П. В. Дородов, В. А. Петров, В. А. Бабушкин</b> Исследование кинематики потока частиц в барабане дробилки ДКР-5М . . . . .	339
<b>П. В. Дородов, Н. В. Гусева, М. М. Киселев</b> Разработка системы управления поляризационно-оптической установки для исследования напряженного состояния в моделях деталей машин . . . . .	345
<b>А. Г. Иванов, А. А. Мохов, А. П. Бодалев, Е. Е. Шпаков</b> Особенности обточки деталей вращения с большим диаметром . . . . .	348



<b>А. Г. Иванов, М. В. Шкляев, Р. Р. Закирова</b> Программа планирования экспериментов по исследованию экструзии отходов животноводства с их нагревом . . . . .	351
<b>А. В. Костин, Р. Р. Шакиров, Ю. Д. Боднарчук</b> Особенности формирования графической компетентности . . . .	357
<b>А. В. Костин, Ю. Д. Боднарчук, А. Г. Иванов, А. Б. Спиридонов</b> Применение современных технологий в агроинженерии . . . . .	360
<b>М. А. Овчинников, О. В. Карбань, Л. Ф. Хамитова</b> Технологические особенности интеграции медицинского аспиратора в ветеринарию . . . . .	365
<b>И. Г. Поспелова, И. В. Возмищев</b> Повышение безопасности при проведении обеззараживания почвы ИК-излучением . . . . .	368
<b>И. Т. Русских, Т. А. Родыгина</b> Силовые и временные характеристики электромагнитного привода вакуумных выключателей . . . . .	371
<b>Р. Р. Шакиров, А. В. Костин, А. Л. Шкляев, В. И. Константинов, И. А. Охотникова</b> Визуализация резьбового соединения в программе Компас 3D . . .	374
<b>А. Л. Шкляев, К. Л. Шкляев</b> Выбор типа движителя для мобильной роботизированной платформы . . . . .	377
<b>А. Л. Шкляев, К. Л. Шкляев</b> Гусеничный движитель для сельскохозяйственного робота . . . . .	383
<b>К. Л. Шкляев, А. Л. Шкляев</b> Картирование сельскохозяйственных земель . . . . .	389
<b>Е. А. Михеева, К. Л. Шкляев, А. Л. Шкляев</b> Определение прочности копытцевого рога крупного рогатого скота . . . . .	396

*Научное издание*

**НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АПК:  
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

Материалы Национальной научно-практической конференции,  
посвященной 60-летию работы кафедры эксплуатации и ремонта машин  
агроинженерного факультета, 90-летию доктора химических наук,  
профессора, заслуженного деятеля науки Удмуртской Республики  
Григория Андреевича Кораблева  
и 85-летию кандидата технических наук, профессора,  
заслуженного работника сельского хозяйства Удмуртской Республики,  
почетного работника высшего профессионального образования  
Российской Федерации Зюнова Бориса Дмитриевича

*11–13 декабря 2019 года  
г. Ижевск*

Редактор И. М. Мерзлякова  
Верстка А. А. Волкова

Подписано в печать 06.03.2020 г. Формат 60×84/16.  
Усл. печ. л. 23,7. Уч.-изд. л. 18,5.  
Тираж 500 экз (первый завод 30 экз.). Заказ № 7957.  
Отпечатано в ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА  
426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11.