

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.И. ВАВИЛОВА»**

**Материалы международной научно-практической  
конференции, посвященная 80-летию  
со дня рождения профессора Рыбалко А.Г.**

**Саратов 2016 г**

УДК 631.3  
ББК 40.72  
М34

**М34** Материалы международной научно-практической конференции, посвященная 80-летию со дня рождения профессора Рыбалко А.Г. / Под общей ред. Е.Е.Демина – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2016 -114 с.

ISBN 978-5-906689-39-9

**УДК 631.3**

**ББК 40.72**

Материалы изданы в авторской редакции

ISBN 978-5-906689-39-9

© ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2016 текст

© ООО «ЦеСАин», 2016 оформление

**Е.Е.Демин**

Заведующий кафедрой

«Процессы и сельскохозяйственные машины

в АПК» СГАУ имени Н.И. Вавилова

ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», г. Саратов

## **О ПРОФЕССОРЕ А.Г. РЫБАЛКО**



*А.Г. Рыбалко поздравляет студентов 1<sup>го</sup> курса с поступлением в университет, знакомит с уставом, правилами внутреннего распорядка и профессорско-преподавательским составом.*

12 июля 2016 года исполняется 80 лет со дня рождения доктора технических наук, профессора, заслуженного работника сельского хозяйства РФ Александра Григорьевича Рыбалко, работавшего с 1980 по 1994 год ректором Саратовского института механизации сельского хозяйства имени М.И.Калинина, а с 1994 по 1998 год – ректором Саратовского государственного агроинженерного университета.

Александр Григорьевич Рыбалко родился 12 июля 1936 г. в городе Калининске (бывшем р.п. Баланда) Саратовской области.

В 1954 г. окончил Баландинскую среднюю школу №1 и поступил на факультет механизации сельского хозяйства (СИМСХ) им М.И. Калинина. Во время учебы А.Г.Рыбалко был старостой группы, занимался в научном кружке кафедры «Сельскохозяйственные машины». В 1959 году он окончил СИМСХ по специальности «механизация процессов сельскохозяйственного производства» с присвоением квалификации инженер-механик.

На сложном производственном пути от старшего инженера зоны МТС до начальника Саратовского областного управления сельского хозяйства

А.Г.Рыбалко решал множество проблем, в том числе и всесоюзного уровня. Руководитель сельского хозяйства области в содружестве с учеными кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка» СИМСХ проводил научные исследования по модернизации зерноуборочных комбайнов, работающих на орошаемых землях. Результатом работы производственника А.Г.Рыбалко стала подготовка и успешная защита кандидатской диссертации в 1978 году.

В 1980 году он вернулся в свой родной институт в качестве ректора. Благодаря Александру Григорьевичу в СИМСХ активизировалась работа по подготовке научных кадров высшей квалификации, что позволило в 1981 г. открыть диссертационный совет по защите кандидатских, а в 1993г. – докторских диссертаций по трем специальностям (- 05.20.01; - 05.20.02; - 05.20.03).



*Профессор А.Г.Рыбалко читает лекцию студентам по совершенствованию принципов и технических средств адаптации технологического процесса зерноуборочного комбайна к нетрадиционным условиям работы.*

18 лет А.Г. Рыбалко руководил институтом и вывел его в число одного из ведущих вузов аграрного направления, в 1994 году институту был присвоен статус университета. Как ученый он создал научную школу, под его руководством 5 преподавателей защитили докторские и 22 – кандидатские диссертации. А.Г. Рыбалко оказывал финансовую поддержку вузовским докторантам и лично присутствовал на защите докторских диссертаций сотрудниками нашего вуза в Ленинградском СХИ, Московском институте инженеров сельскохозяйственного производства, в Киевском институте сварки им. Патона, в Челябинском ГАУ и других вузах страны.



***А.Г. Рыбалко проводит обсуждение результатов конференции по итогам научно-исследовательской работы профессорско-преподавательского состава.***

Александр Григорьевич руководил одной из лучших кафедр – «Сельскохозяйственные машины», являлся членом научно-технических советов СГАУ, председателем совета по защите докторских и кандидатских диссертаций, советником ректора, членом высшего экономического совета при губернаторе Саратовской области, Почетным гражданином Саратовской области.

За высокие достижения в сельскохозяйственном производстве и подготовку квалифицированных специалистов для агропромышленного комплекса А.Г. Рыбалко награжден правительственными наградами и нагрудными знаками министерства образования РФ и Саратовской области.

Мы уверены, что традиции, заложенные профессором А.Г.Рыбалко, будут бережно сохраняться и поддерживаться последующими поколениями преподавателей.

**Н.В. Батищева**

*ФГБОУ ВО Самарская ГСХА*

## **ИННОВАЦИОННЫЕ СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ ПИВНОЙ ДРОБИНЫ**

Пивная дробина - вторичный продукт пивоварения, состоящий из дробленых зернопродуктов и солода, оставшихся после фильтрования затора. На предприятиях пивоваренной промышленности России, а это более 400 заводов, ежегодно скапливается большое количество дробины влажностью 75-88%, которая характеризуется высоким уровнем протеина. На каждые 1000 дал готового пива в среднем образуется 2,3 т пивной дробины, что в расчете на пивоваренный завод средней мощности составляет ежегодно до 35000 т. При этом большая часть дробины вывозится в отвалы на полигонах, тогда как из такого количества сырья в масштабах России можно произвести до 3 млн. т высококачественных беловых кормов. Питательная ценность 1 кг сырой пивной дробины составляет 0,17-0,23 кормовых единиц. Дробина в нативном состоянии не является биологически ценным кормовым продуктом, так как в ее составе преобладают целлюлоза, гемицеллюлозы и трудноперевариваемый протеин. Дробина бедна минеральными веществами и водорастворимыми витаминами, поэтому пригодна в основном для откорма поголовья крупного рогатого скота. Очень важно, что она не обладает токсичностью. Это определяет возможность ее непосредственного использования в кормовых целях.

Для пивоваренной промышленности РФ одной из главных проблем в сфере рационального использования материальных ресурсов и рециклинга вторичных продуктов АПК является разработка способов утилизации пивной дробины, содержащей ценные вещества, но имеющей в нативном состоянии срок хранения не более 24 ч.

Из-за высокой влажности она при хранении закисает, плесневеет и теряет питательную ценность. Традиционные пивоваренные заводы России отличаются от таковых в промышленно развитых странах отсутствием, как правило, технологии сушки пивной дробины или иного способа ее утилизации [3,12].

Ориентировочные нормативы образования вторичных сырьевых ресурсов при производстве солода и пива: пивная дробина (к объему готового пива): при транспортировке гидротранспортом - 35%, при сухой выгрузке - 20%; зерновой сплав - 2,0% к массе сухих веществ очищенного зерна; солодовые ростки - 4% к массе сухих веществ очищенного ячменя; зерновые отходы (сорная и зерновая примесь) - 7% к массе сухих веществ товарного ячменя; остаточные пивные дрожжи - 1% (к объему готового пива) [3].

Наиболее часто используемые способы утилизации пивной дробины [2,6-8]:

- утилизация на полигонах;
- использование в нативном виде в животноводстве;
- получение кормосмеси с высоким содержанием белка с помощью заквасок;

- консервирование дробины путем ее силосования;
- механическое обезвоживание и сушка;
- в качестве органического удобрения и мелиоранта почв.

Как известно, при влажности сырья выше 65% удалять влагу испарительным методом в большинстве случаев нерентабельно. Поэтому при высокой влажности пивной дробины технологическая схема утилизации должна начинаться с оборудования для обезвоживания [4,9,10, 11].

Для подготовки пивной дробины к сушке было проведено экспериментальное изучение способов ее механического обезвоживания.

Исходным продуктом для обезвоживания являлась сырая пивная дробина, полученная при фильтровании осахаренного пивного затора в фильтр-чане с последующей пневматической выгрузкой [11]. Дробина представляла собой в основном разваренные зерновые оболочки с влажностью  $W=80\%$ . Необходимым пределом механического обезвоживания дробины задавали величину  $W=60-70\%$ , что делает ее пригодной для сушки.

Исходя из структурно-механических свойств пивной дробины и высокого содержания влаги ( $W \geq 80\%$ ) рассмотрена эффективность ее двухэтапной утилизации:

- механическое обезвоживание дробины отжимом (отделение жидкости давлением)
  - а) с использованием прессово-шнекового сепаратора;
  - б) с использованием гидроциклона-сгустителя;
- сушка дробины.

#### *Обезвоживание с использованием прессово-шнекового сепаратора*

Исходную дробину обрабатывают на прессово-шнековом сепараторе, в результате чего из нее путем механического отжима шнековым устройством через сито с размером ячейки 0,5-0,75 мм удаляют жидкую часть (фильтрат) и на выходе из сепаратора получают обезвоженную дробину с влажностью 60-70%. Фильтрат пивной дробины - мутная жидкость, содержащая 3-5% взвешенных веществ (измельченные зерновые оболочки) и большое количество тонкодисперсных частиц, белков и полисахаридов.

Отжим осадка пивной дробины обеспечивает выход жидкой фазы и одновременно позволяет снизить энергетические расходы при последующей термической сушке обезвоженной дробины.

Истирающее механическое воздействие на дробину в прессово-шнековом сепараторе (фан-сепараторе) увеличивает количество мелкой взвеси в фильтрате, что затрудняет его осветление способом центробежной декантации ввиду микронных размеров частиц и малого различия плотностей с жидкой фазой. Кроме того, в фильтрате содержатся тонкодисперсные частицы, перешедшие в фильтрат из дробины, которые не задерживаются на плотном бумажном фильтре. Такой фильтрат не пригоден для возврата в виде сусла с низким содержанием экстрактивных веществ на затираание или для утилизации в канализацию и требует длительной переработки на локальных очистных сооружениях.

Недостатком механического обезвоживания пивной дробины шнековым сепаратором является то, что в связи с интенсивным истиранием дробины вместе с избыточным фильтратом уносится значительное количество (до 15% СВ) растворимых питательных веществ - сахаров, аминокислот и др., из-за чего понижаются питательные свойства продукта. Поэтому жидкую фазу, образующуюся в процессе обезвоживания, используют в качестве пищевых, кормовых добавок или подвергают доочистке с применением центрифужного сепаратора и флотатора.

#### *Обезвоживание с использованием гидроциклона-сгустителя*

При реализации способа обезвоживания дробины в гидроциклоне-сгустителе требуется приведение кашицеобразной влажной массы дробины в текучее состояние путем рециклинга суслу с низким содержанием экстрактивных веществ или воды при первом цикле. Другим более экономически выгодным способом послужит замена фильтр-чана для фильтрации затора на гидроциклон-сгуститель, котором будет проведен процесс фильтрации затора (затор-смесь дробленого солода и несоложенного сырья с водой).

Гидроциклон-сгуститель работает следующим образом: во входной патрубке питателя под давлением исходная суспензия (затор), которая, пройдя кольцевое пространство между стенкой закрытого стакана и сливным патрубком, выходит из питающего патрубка, получив дополнительное ускорение на его сужающемся свободном конце, и вступает по касательной в контакт со стенкой вращающегося в направлении подачи суспензии цилиндрикоконического корпуса. В результате полученной на выходе из питающего патрубка кинетической энергии и центробежного ускорения и под действием собственного веса суспензия образует вихревой поток слоя сгущенной фракции на поверхности цилиндрикоконического корпуса, а в центре последнего вихревой осветленный поток жидкой фракции, которые отводятся наружу через выгрузной и сливной патрубки соответственно.

Оптимально выбранная угловая скорость вращения цилиндрикоконического корпуса обеспечивает максимально нерастраченную к входу в устройство для обезвоживания сгущенной фракции кинетическую энергию ее вихревого потока, причем формирующегося в виде слоя и на поверхности выгрузного отверстия при правильном выборе его диаметра. При плавном переходе поверхности выгрузного отверстия к поверхности раструба сгущенная фракция распределяется по поверхности раструба и при правильно выбранных его параметрах, центрифугируясь, продвигается в виде все более обезвоживаемой массы к борту тарелки, где, центрифугируясь на ее борту, продвигается через зазор кверху под действием вертикальной составляющей реактивной силы со стороны наклонного борта. В итоге твердая фаза обезвоживаемой массы выгружается через борт тарелки в окна кронштейна. А жидкая фаза, отделяющаяся при обезвоживании массы на борту, проникает вниз сквозь идущую через зазор массу (как через фильтр) вследствие ее отсоса восходящим через сливной патрубок вихревым осветленным потоком жидкой фракции, возникшим в центре цилиндрикоконического корпуса при разделении в нем исходной суспензии. В результате вихревой осветленный поток увлекает

отделяющуюся на борту и раструбе жидкую фазу по конусному дну кверху в сливной патрубков. При этом отверстие на вершине конусного дна обеспечивает подсос воздуха в центр цилиндроконического корпуса для образования на его оси воздушного столба, формирующего вокруг себя вихревой осветленный поток жидкой фракции.

Увеличение скорости сгущенной фракции на входе в устройство для ее обезвоживания и отсутствие в этом устройстве взаимно подвижных элементов повышает надежность гидроциклона-сгустителя. При этом повышается и его производительность ввиду более быстрого прохождения суспензии через вращающийся цилиндроконический корпус [10].

Преимуществами данного способа в сравнении с предыдущим является наименьшая влажность дробины и минимальная мутность фильтрата.

Отделенный при механическом обезвоживании дробины фильтрат - пивное сусло без дополнительного осветления направляется на следующий этап технологического процесса пивоварения - брожение - дображивание - готовое пиво.

### **Выводы**

На основании сравнения двух способов механического обезвоживания пивной дробины установлены определенные преимущества способа обезвоживания пивной дробины с помощью гидроциклона -сгустителя по сравнению с прессово-шнековым способом.

При прессово-шнековом способе обезвоживания дробины осуществляется интенсивное истирающее воздействиешнекового устройства, приводящее к возрастанию содержания в фильтрате мелких взвесей и образованию высокодисперсных частиц, которые не подвергаются центробежному разделению. Эффективное осветление такой дисперсной жидкостной системы может быть достигнуто только с применением коагулянтов (флокулянтов).

Преимущество обезвоживания с помощью гидроциклона-сгустителя основано на минимальном разрушающем механическом воздействии на пивную дробину и обезвоживании ее. При фильтровании в дисперсной жидкостной системе фильтрата не содержатся мелкие взвеси, уменьшаются проблемы с осветлением жидкой фазы, а сусло с высоким содержанием экстрактивных направляется на брожение.

Предложенный способ фильтрации затора с отделением пивной дробины позволяет решить несколько проблем: осуществить эффективное фильтрование затора с получением хорошо осветленного пивного сусла готового для процесса брожения-дображивания и эффективной подготовки дробины к обогащению с целью получения высокобелкового экологически безопасного корма.

### **Список литературы:**

1. Булатов, С.Ю. Анализ технологий получения кормов с высоким содержанием белков из малоценных сырьевых ресурсов и отходов производства / С.Ю. Булатов, А.И. Свистунов // Вестник НГИЭИ. - 2013. - № 10 (29). - с. 3.14.
2. Волотка, Ф.Б. Технологическая и химическая характеристика пивной дробины / Ф.Б. Волотка, В.Д. Богданов // Вестник ТГЭУ. - 2013. - №1. - с.114-124

3. Голубев, И.Г. Рециклинг отходов в АПК: справочник / И.Г. Голубев, И.А. Шванская, Л.Ю. Коноваленко, М.В. Лопатников. - М.: ФГБНУ "Росинформагротех", 2011. - 296с.
4. Колпакчи, А.П. Вторичные материальные ресурсы пивоварения / А.П. Колпакчи, Н.В. Голикова, О.П. Андреева. - М.: Агропромиздат, 1986.-160с.
5. Кормовые ресурсы животноводства: классификация, состав и питательная ценность кормов / М.П. Кириллов [и др.]. - М.: ФГНУ Росинформагротех, 2009.- 404с.
6. Леснов, А.П. Современные биотехнологии переработки пивной дробины в высокобелковые экологически безопасные корма / А.П. Леснов, С.И. Никитин, А.Н. Лазаревич // Мелиорация и рекультивация, экология. - 2011. - №4. - с.26-31
7. Назаров, В.И. Разработка процесса утилизации отходов пивоварения с получение гранулированного продукта / В.И. Назаров, М.А. Бичев // Пиво и напитки. - 2011. - №3. - с.32-35
8. Руденко, Е.Ю. Современные тенденции переработки основных побочных продуктов пивоварения / Е.Ю. Руденко // Пиво и напитки. - 2007. - №2. - с.66-68
9. Патент 2215426 РФ. Способ переработки отходов пивоваренного производства / А.Д. Редкало, А.В. Иванов; опубл. 10.11.2003
10. Патент 122915 РФ. Гидроциклон-сгуститель [Текст] / Ю.А. Киров, Н.В. Батищева, Т.Ю. Козлова; опубл. 20.12.2012.
11. Петров, С.М. К вопросу о способах утилизации пивной дробины / С.М. Петров, С.Л. Филатов, Е.П. Пивнова, В.М. Шибанов // Пиво и напитки. - 2014. - №6. - с.32-37
12. Шаланда, А. Методы утилизации пивной дробины / <http://cbio.ru/page/45/id/1303>

**И.В. Голубцова**

*Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Челябинск*

## **К ВОПРОСУ О РЕЗЕРВНЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ**

В работе рассмотрены особенности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей и представлена возможность использования асинхронных машин с фазным ротором в качестве синхронных генераторов в резервных источниках электроснабжения. А также рекомендации по использованию обкаточных стендов в качестве временных источников электропитания при отключении централизованного электроснабжения.

***Ключевые слова:** надежность электроснабжения, потребители электроэнергии, дизельные электростанции, обкаточные стенды, источник электропитания.*

В настоящее время схема электроснабжения сельских потребителей должна удовлетворять требованиям пропускной способности, качества и надежности.

Под надежностью электроснабжения понимается свойство электротехнической установки, участка сети и энергосистемы в целом обеспечивать в нормальных условиях эксплуатации бесперебойное электроснабжение потребителей электрической энергией нормированного качества и в необходимом количестве.

Надежность электроснабжения определяется принятой схемой электроснабжения, надежностью используемого в ней энергетического оборудования и электротехнических установок и уровнем их эксплуатации.

Надежность схем электроснабжения является категорией технико-экономической, так как перерывы в электроснабжении наносят значительный материальный ущерб. С другой стороны, обеспечение определенного уровня надежности сопряжено с затратами материальных и финансовых средств.

В настоящее время с целью обеспечения безотказности электроснабжения часто применяются автономные источники электроснабжения на базе дизельных электростанций. Наряду с этим использование технических средств, обеспечивающих резервирование электроснабжения сельскохозяйственных предприятий, на базе имеющегося на нем электрооборудования, является актуальным. Это уменьшит капитальные затраты на приобретение электростанций и повысит эффективность использования имеющегося в хозяйствах электрооборудования [1].

На ремонтных предприятиях и мастерских агропромышленного комплекса имеются обкаточно-тормозные стенды. Эти стенды используются для холодной и горячей обкатки отремонтированных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) в мобильных средствах сельскохозяйственного применения. Обкаточные стенды включают в себя асинхронные машины с фазным ротором. В процессе горячей обкатки, восстановленный ДВС приводит во вращение асинхронную машину. Эта машина переходит в режим генератора и начинает передавать

электроэнергию в сеть. Вследствие этого агрегат на базе обкаточно-тормозного стенда, состоящий из двигателя внутреннего сгорания и двигателя с фазным ротором исполняет роль электростанции. На обкаточных стендах используются асинхронные машины в широком диапазоне номинальных мощностей: от 30 кВт до 160 кВт [2].

В основном потребители получают электроэнергию от централизованного электроснабжения. Сельскохозяйственные потребители включают в себя как коммунально-бытовые, социальные, так и производственные объекты. Эти потребители предъявляют известные требования по надежности электроснабжения и качеству электрической энергии, которая характеризуется уровнем напряжения и стабильностью частоты тока.

При перерывах электроснабжения необходимо использовать резервные источники электропитания, которые должны обеспечивать электроэнергией как производственные, так и коммунально-бытовые потребители. Обе группы потребляют электроэнергию для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, не считая обеспечение технологических процессов.

В Челябинской области до 1991 года имелось свыше 150 обкаточных стендов. В настоящее время по экспертным оценкам в рабочем состоянии находится около 50 стендов. Непосредственно в хозяйствах на стендах стоят электродвигатели мощностью 30, 37 и 55 кВт, а в ремонтных предприятиях – электродвигатели от 55 кВт до 160 кВт.

Для использования обкаточного стенда в качестве резервного источника электропитания он должен быть полностью укомплектован, т.е. с установленным исправным двигателем внутреннего сгорания. Его коэффициент готовности равен единице.

Асинхронная машина с фазным ротором конструктивно подобна синхронной машине с неявнополюсным ротором. Как и в синхронной машине, в асинхронной машине с фазным ротором через контактные кольца и щетки можно питать обмотку ротора постоянным током. Таким образом, можно асинхронную электрическую машину перевести в режим синхронного генератора. При этом необходимо применить устройство возбуждения для перевода асинхронной машины в режим автономного синхронного генератора. Простая и надежная схема устройства возбуждения представлена на рисунке 1. Это устройство состоит в основном из стандартных элементов, что является главным достоинством данной схемы возбуждения.

Устройство состоит из статических конденсаторов для самовозбуждения генератора, блока возбуждения БК (трансформатор и выпрямители) и блока компаундирования БК (три последовательных трансформатора и выпрямители по схеме Ларионова), присоединенных параллельно к обмотке возбуждения генератора.

В качестве обмотки возбуждения генератора используются две последовательно соединенные фазы трехфазной обмотки ротора. Блок компаундирования предназначен для стабилизации напряжения на выводах потребителя при изменении его тока нагрузки [3].

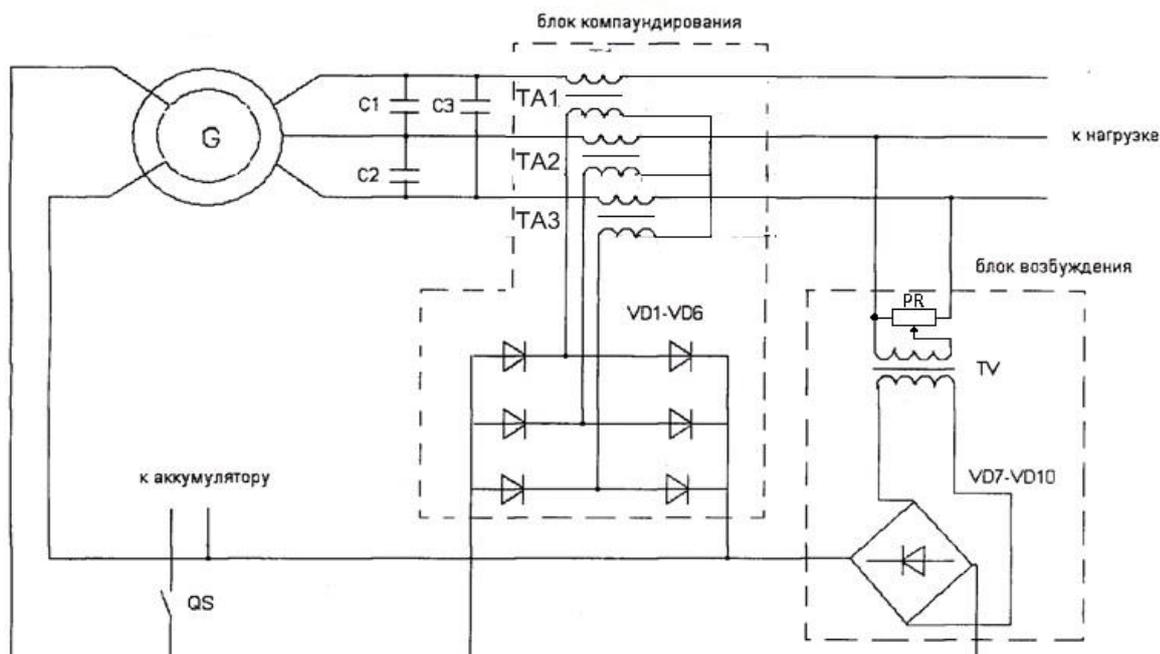


Рисунок 1 – Принципиальная схема возбуждения генератора

Работы по созданию и использованию автономных источников электрической энергии с использованием асинхронных машин ведутся уже несколько десятков лет и представляют практический интерес. Дальнейшее совершенствование устройств перевода асинхронных машин в режим синхронных генераторов связано с повышением технико-экономических показателей [4].

Рекомендации по использованию обкаточных стенов в качестве временных источников электропитания при отключении централизованного электроснабжения:

1. на стенде должен быть установлен исправный (отремонтированный или новый) двигатель внутреннего сгорания соответствующей мощности со стартером и аккумуляторной батареей для пуска в ход ДВС;
2. асинхронная электрическая машина с фазным ротором снабжена исправным устройством возбуждения для автономной работы в режиме синхронного генератора;
3. к устройству возбуждения должны быть присоединены силовые кабели для подключения к электрической машины и к нагрузке;
4. регламентарные работы по обслуживанию установки проводят в объеме работ для резервных электростанций.
5. порядок действий по введению в работу обкаточного стенов в качестве резервного источника электропитания:
  - отключить распределительный щит, питающий электрическую машину;
  - отсоединить от ротора провода нагрузочного реостата;
  - присоединить силовые провода от устройства возбуждения к электрической машине и провода к потребителю;
  - запустить в ход двигатель внутреннего сгорания и установить номинальную частоту вращения для генератора;

- возбудить генератор до номинального напряжения, установить по частотомеру 50 Гц;
- подключить нагрузку [5].

#### **Список литературы:**

1. Методические указания по обеспечению нормативных уровней надежности сельских электрических сетей 0,38-110 кВ. Челябинск. 1991. – с.19.
2. Буторин В.А., Емец В.Ф., Голубцова И.В. Использование трехфазных асинхронных двигателей с фазным ротором в источниках резервного электропитания. Алматинский аграрный университет. 2010. – т.3. – с.15–16.
3. Буторин В.А., Голубцова И.В. Характеристика холостого хода синхронного генератора на базе асинхронной машины с фазным ротором. Международный научный журнал №6.2015. – с.60-63.
4. Голубцова И.В. Экономическая оценка использования обкаточных стендов в качестве резервных источников электропитания. ВЕСТНИК ЧГАА. – 2012. – с. 91 – 93.
5. Диссертация Голубцовой И.В. Асинхронный двигатель в режиме синхронного генератора на обкаточном стенде для резервирования электропитания сельскохозяйственных потребителей. Челябинск. 2015. – с.140.

**Т.В. Карпухина, В.Н. Ковальногов, М.Г. Корныльев**

*Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОГО СОСТОЯНИЯ КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТОГО ТЕЛА В ПРОЦЕССЕ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКА**

При освоении новых видов сырья, присадок и внедрении новых технологических приемов технологию сушки отрабатывают, как правило, путем натуральных испытаний, дорогостоящих и не всегда гарантирующих оптимальный результат. Эффективные методы оптимизации технологического процесса конвективной сушки должны быть основаны на достоверном и точном прогнозировании кинетики тепловлажностного состояния капиллярно-пористого тела в процессе сушки с замещением натуральных испытаний вычислительным экспериментом. Закономерности переноса теплоты и вещества в капиллярно-пористых телах определяются структурными характеристиками тела.

В процессе сушки зачастую происходит большее сокращение объема верхних слоев, чем внутренних, что нередко приводит к растрескиванию образца при достижении им критического значения. Таким критическим значением является влажность, соответствующая нижнему пределу пластичности. В связи с этим в первые моменты сушки капиллярно-пористого тела (особенно при высоких температуре и циркуляции воздуха) главная задача заключается в том, чтобы затормозить резкое испарение влаги с поверхности.

Конвективная сушка капиллярно-пористых тел является наиболее энергоемкой и ответственной стадией. Технологический цикл сушки капиллярно-пористых тел отличается длительностью и энергоемкостью, что связано с необходимостью обеспечения равномерного объемного прогрева и обезвоживания, исключающих появление в изделиях дефектов в виде трещин и сколов. Необходимым условием реализации этого является достоверное и точное прогнозирование тепловлажностного состояния капиллярно-пористого тела в процессе сушки с учетом параметров сушильного агента [1].

Для интенсификации влагопереноса от центра капиллярно-пористого тела к периферии на него предложено накладывать ультразвуковые колебания, которые предотвращают закупоривание порового пространства паровоздушными пузырьками и многократно уменьшают вязкостный и инфекционный коэффициенты гидравлического сопротивления фильтрации влаги [2, 3].

В настоящее время разработана математическая модель кинетики тепловлажностного состояния капиллярно-пористых тел в процессе конвективной сушки. Задача формулируется и решается в нестационарной трехмерной постановке.

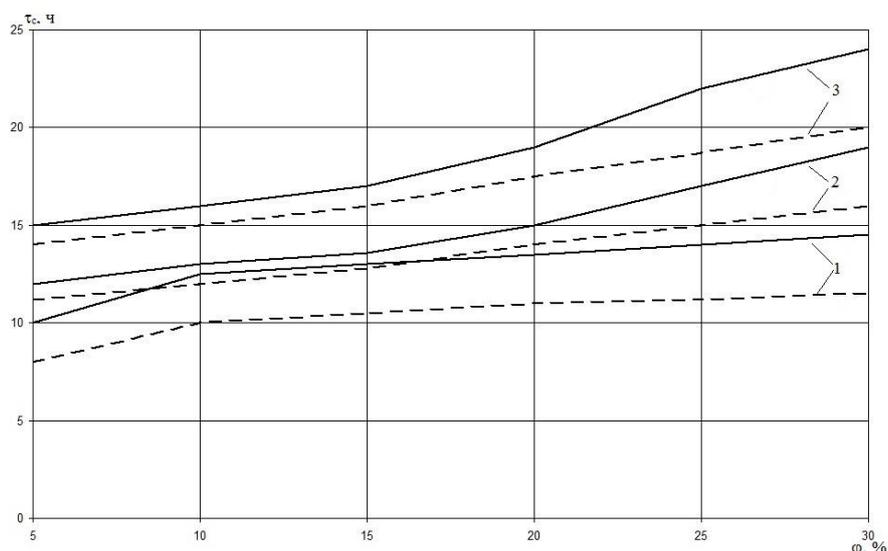


Рис. 1. Влияние ультразвука на длительность сушки капиллярно-пористого тела: линия – сушка без применения ультразвука; --- – сушка с применением ультразвука; 1, 2, 3 –  $T_f = 373; 333; 323$  К

Технологические параметры сушки, тип сушильной установки и параметры сушильного агента и изделия моделируются при расчетах заданием граничных условий на каждой из поверхностей капиллярно-пористого тела.

Учёт влияния ультразвука осуществляли опосредованно через коэффициент диффузии жидкости, который определяли экспериментально и уточняли по данным работы [2].

С использованием разработанных модели получены некоторые результаты, позволивших выявить ряд характерных особенностей протекания процесса сушки в зависимости от применения ультразвука: наложение ультразвука способствует сокращению времени сушки на 30...40 %.

Исследования выполнены при поддержке грантом РФФИ по проекту № 15-48-02275 "Разработка принципов и моделей создания и исследования новых энергосберегающих, экологически чистых и замкнутых теплотехнологий с газодинамической температурной стратификацией рециркулируемого теплоносителя" и Стипендией Президента РФ молодым ученым и аспирантам по проекту СП-736.2015.1 "Исследование и разработка энергоэффективных технологий и техники конвективной сушки капиллярно-пористых материалов".

#### Список литературы

1. Ковальногов В.Н., Павловичева Т.В. Моделирование и экспериментальное исследование энергоэффективной сушки строительного кирпича // Промышленная теплотехника, 2011. № 8. С. 54 – 57.
2. Ковальногов В.Н. Разработка методов повышения эффективности механической обработки путем наложения модулированных ультразвуковых колебаний на смазочно-охлаждающую жидкость и инструмент. – Saarbrücken, Germany: Palmarium Academic Publishing, 2012. 404 p.
3. Vladislav N. Kovalnogov, Ruslan V. Fedorov, Tamara V. Karpukhina, and Ekaterina V. Tsvetova. Numerical Analysis of the Temperature Stratification of the Disperse Flow // AIP Conference Proceedings, 1648, 850033 (2015); <http://dx.doi.org/10.1063/1.4913088>

Т.В. Карпухина, В.Н. Ковальногов, М.Г. Корныльев

*Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ С РЕГЕНЕРАЦИЕЙ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА**

Технологический процесс сушки керамических материалов отличается энергоемкостью, длительностью и высокой вероятностью получения брака. Отработку технологий конвективной сушки в настоящее время проводят преимущественно путем экспериментальных исследований и натуральных испытаний, что является дорогостоящим, трудоемким и не всегда гарантирует оптимальный результат. Замещение натурального эксперимента вычислительным сдерживается отсутствием надежных математических моделей и проблемно-ориентированных программно-информационных средств для прогнозирования выходных показателей процесса сушки в зависимости от технологических параметров.

Разработана математическая модель, определяющая тепловлажностное состояние капиллярно-пористого тела на примере керамического кирпича, и алгоритм расчета его параметров в процессе сушки. Задача формулируется и решается в нестационарной трехмерной постановке [1].

Рассмотренная методика численного исследования тепловлажностного состояния реализована в оригинальном программно-информационном комплексе. Комплекс предназначен для выполнения оптимизационных расчетов процессов термической обработки капиллярно-пористого тела с определением следующих параметров: изменение во времени влагосодержания, температуры, градиента температуры во всех расчетных точках, потребное время сушки, тепловой поток, расходуемый на испарение влаги; количество теплоты, израсходованной на испарение влаги, общее количество теплоты, израсходованной на сушку, скорость объемной усадки.

Для повышения энергоэффективности процесса конвективной сушки предлагается применять регенерацию сушильного агента с использованием трубы газодинамической температурной стратификации. Газодинамический метод и устройство температурной стратификации в сверхзвуковом потоке предложены академиком РАН Леонтьевым А.И. [2]. Способ конвективной сушки керамических изделий с регенерацией сушильного агента в трубе газодинамической температурной стратификации представлен на рис. 2. Применение трубы газодинамической температурной стратификации для регенерации сушильного агента заключается в том, что отработанный сушильный агент из сушильной камеры подается в разделительную камеру трубы газодинамической температурной стратификации по [2], где он

разделяется на два потока, которые направляются во внешний дозвуковой канал и внутренний сверхзвуковой канал, где происходит его осушение и нагрев.

Центрами конденсации являются дисперсные частицы, поданные навстречу потоку сушильного агента. Далее сушильный агент во внутреннем сверхзвуковом канале проходит через сверхзвуковой диффузор и направляется в выходной патрубок внутреннего сверхзвукового канала.

В свою очередь, дозвуковой дисперсный поток, проходя через внешний дозвуковой канал, направляется к выходному патрубку внешнего дозвукового канала. При этом дисперсный поток, проходящий через сверхзвуковое сопло, приобретает скорость, превышающую скорость звука. Далее сверхзвуковой дисперсный поток закручивается, проходя устройство для закрутки сверхзвукового дисперсного потока, расположенное во внутреннем сверхзвуковом канале.

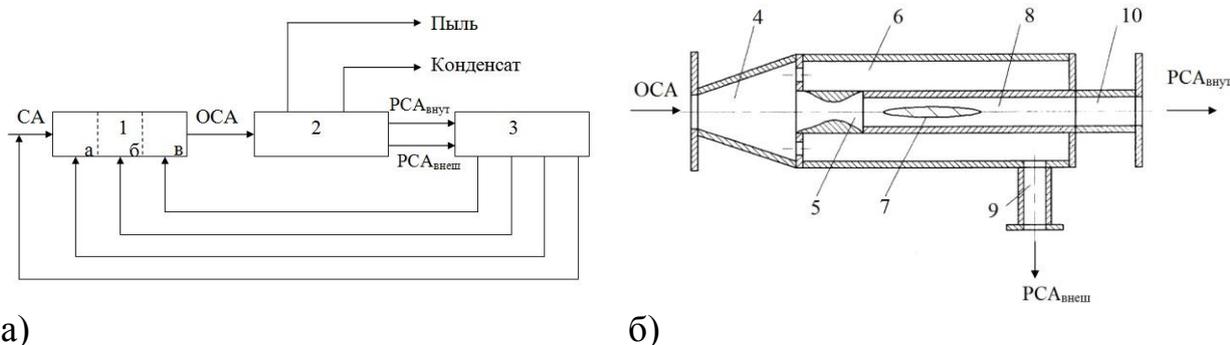


Рис. 1. Технологическая схема (а) реализации процесса конвективной сушки капиллярно-пористых тел с регенерацией сушильного агента и труба газодинамической температурной стратификации (б): 1 – сушильная камера, а, б, в – зоны сушильной камеры; 2 – труба газодинамической температурной стратификации; 3 – устройство подготовки и раздачи сушильного агента по зонам сушильной камеры; 4 – разделительная камера; 5 – сверхзвуковой диффузор; 6 – дозвуковой канал сверхзвуковой диффузор; 7 – устройство для закрутки сверхзвукового дисперсного потока; 8 – сверхзвуковой канал; 9 – дозвуковой канал; 10 – выходной патрубок; СА – сушильный агент; РСА<sub>внеш</sub> РСА<sub>внут</sub> – регенерированный сушильный агент во внешнем дозвуковом канале и во внутреннем сверхзвуковом канале соответственно; ОСА – отработанный сушильный агент

В закрученном дисперсном сверхзвуковом потоке дисперсные частицы под воздействием центробежных сил инерциально выпадают на стенку внутреннего сверхзвукового канала. Осушенный сушильный агент отбирают из внутреннего сверхзвукового канала трубы газодинамической температурной стратификации, пропускают через пылезолоуловитель, где задерживают влажную дисперсную фазу. Регенерированный таким образом сушильный агент через устройство подготовки и раздачи сушильного агента по зонам сушильной камеры возвращают в сушильную камеру.

Регенерированный в трубе газодинамической температурной стратификации сушильный агент следует подавать в зону начальной стадии сушки, что обеспечивает более «щадящий» режим сушки, минимизирующий возникновение брака изделий. Выбор оптимальных параметров режима сушки осуществляется по результатам серии имитационных расчетов с помощью проблемно-ориентированной программы для расчета тепловлажностного состояния капиллярно-пористого тела (керамического кирпича) в процессе сушки с учетом технологических условий на основе численного решения системы нелинейных дифференциальных уравнений теплопроводности и влагопереноса в соответствии с разработанной методикой.

Таким образом, обоснована возможность использовать регенерацию отработанного сушильного агента в трубе газодинамической температурной стратификации с целью повышения энергоэффективности процесса конвективной сушки капиллярно-пористого тела (керамического кирпича).

Исследования выполнены при поддержке грантом РФФИ по проекту № 15-48-02275 "Разработка принципов и моделей создания и исследования новых энергосберегающих, экологически чистых и замкнутых теплотехнологий с газодинамической температурной стратификацией рециркулируемого теплоносителя" и Стипендией Президента РФ молодым ученым и аспирантам по проекту СП-736.2015.1 "Исследование и разработка энергоэффективных технологий и техники конвективной сушки капиллярно-пористых материалов".

#### Список литературы

1. Ковальногов В.Н., Павловичева Т.В. Моделирование и экспериментальное исследование энергоэффективной сушки строительного кирпича // Промышленная теплотехника. – 2011. – № 8. – С. 54 – 57.
2. Леонтьев А.И. Температурная стратификация сверхзвукового газового потока // Доклады академии наук. Энергетика, 1997. – Т. 354. – № 4. – С. 475-477.
3. Vladislav N. Kovalnogov, Ruslan V. Fedorov, Tamara V. Karpukhina, and Ekaterina V. Tsvetova. Numerical Analysis of the Temperature Stratification of the Disperse Flow // AIP Conference Proceedings, 1648, 850033 (2015); <http://dx.doi.org/10.1063/1.4913088>

**Т.В. Карпухина, В.Н. Ковальногов, М.Г. Корныльев**

*Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОГО СОСТОЯНИЯ КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТОГО ТЕЛА В ПРОЦЕССЕ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ**

Эффективные методы оптимизации технологического процесса конвективной сушки должны быть основаны на достоверном и точном прогнозировании кинетики тепловлажностного состояния капиллярно-пористого тела в процессе сушки с замещением натуральных испытаний вычислительным экспериментом.

В капиллярно-пористых телах процесс теплообмена в значительной степени усложняется в условиях изменения влагосодержания в поровом пространстве, поэтому при моделировании тепловлажностного состояния капиллярно-пористого тела учет особенностей материала, таких как размер пор, их форма, расположение необходимо выполнять интегрально через определение эффективных теплофизических свойств (плотности  $\rho$ , удельной теплоемкости  $c$  и теплопроводности  $\lambda$ ).

Конвективная сушка капиллярно-пористых тел является наиболее энергоемкой и ответственной стадией. Технологический цикл сушки капиллярно-пористых тел отличается длительностью и энергоемкостью, что связано с необходимостью обеспечения равномерного объемного прогрева и обезвоживания, исключающих появление в изделиях дефектов в виде трещин и сколов. Необходимым условием реализации этого является достоверное и точное прогнозирование тепловлажностного состояния капиллярно-пористого тела в процессе сушки с учетом параметров сушильного агента [1, 2].

В настоящее время разработана математическая модель кинетики тепловлажностного состояния капиллярно-пористых тел в процессе конвективной сушки. Задача формулируется и решается в нестационарной трехмерной постановке. Технологические параметры сушки, тип сушильной установки и параметры сушильного агента и изделия моделируются при расчетах заданием граничных условий на каждой из поверхностей капиллярно-пористого тела [1].

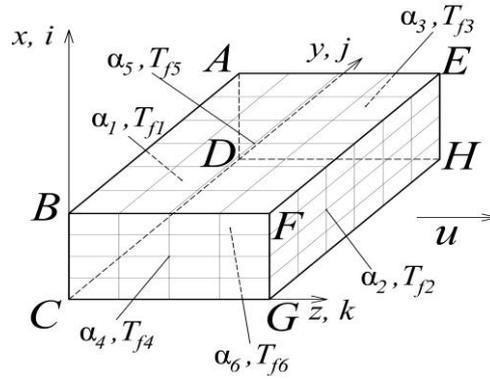


Рис. 1. Расчетная схема капиллярно-пористого тела

Общий расход влаги с поверхности капиллярно-пористого тела находили по выражению:

$$G = \sum_{l=1}^6 G_l ,$$

где  $G_l$  – расходы влаги с каждой поверхности кирпича, кг/с.

Такие расходы влаги определяли по формулам, например для одной из поверхностей:

$$G_l = \sum_{i=2}^{n_x-1} \sum_{j=2}^{n_y-1} g_{i,j,k} \Delta x \Delta y + 0,5 \left( \sum_{i=2}^{n_x-1} g_{i,1,k} \Delta x \Delta y + \sum_{i=2}^{n_x-1} g_{i,n_y,k} \Delta x \Delta y + \sum_{j=2}^{n_y-1} g_{1,j,k} \Delta x \Delta y + \sum_{j=2}^{n_y-1} g_{n_x,j,k} \Delta x \Delta y \right) + 0,25 \Delta x \Delta y (g_{1,1,k} + g_{n_x,1,k} + g_{1,n_y,k} + g_{n_x,n_y,k})$$

где  $\Delta x, \Delta y, \Delta z$  – шаги интегрирования по пространственным переменным;  $g_k$  – плотность массового потока пара с поверхности кирпича в анализируемой точке, кг/(м<sup>2</sup>·с);  $i, j, k$  – номер расчетной точки;  $n_x, n_y, n_z$  – количество расчетных точек вдоль осей  $x, y$  и  $z$  соответственно.

Масса испарившейся влаги в процессе сушки:

$$M = \sum_{\tau=\Delta\tau}^{\tau_c} G \Delta\tau ,$$

где  $\Delta\tau$  – шаг интегрирования по времени, с.

Тепловой поток, расходуемый на испарение влаги:

$$Q_u = Gr ,$$

где  $r$  – скрытая теплота испарения, Дж/кг.

Количество теплоты, израсходованной на испарение влаги:

$$Q_{u1} = \sum_{\tau=\Delta\tau}^{\tau_c} Q_u \Delta\tau .$$

Тепловой поток, расходуемый на нагрев капиллярно-пористого тела:

$$Q_u = \sum_{l=1}^6 Q_l .$$

Тепловые потоки к каждой поверхности капиллярно-пористого тела  $Q_l$ , Вт определяли выражением, например для одной из поверхностей:

$$q_{i,j,k} = \frac{\lambda}{\Delta z} \left( T_{i,j,k} - T_{i,j,k+1} \right);$$

$$Q_l = \sum_{i=2}^{n_x-1} \sum_{j=2}^{n_y-1} q_{i,j,k} \Delta x \Delta y + 0,5 \left( \sum_{i=2}^{n_x-1} q_{i,1,k} \Delta x \Delta y + \sum_{i=2}^{n_x-1} q_{i,n_y,k} \Delta x \Delta y + \sum_{j=2}^{n_y-1} q_{1,j,k} \Delta x \Delta y + \sum_{j=2}^{n_y-1} q_{n_x,j,k} \Delta x \Delta y \right) + 0,25 \Delta x \Delta y (q_{1,1,k} + q_{n_x,1,k} + q_{1,n_y,k} + q_{n_x,n_y,k}),$$

где  $\lambda$  – эффективная теплопроводность капиллярно-пористого тела, Вт/(м·К);  $T$  – температура капиллярно-пористого тела, К.

Количество теплоты, израсходованной на нагрев капиллярно-пористого тела:

$$Q_{\tau} = \sum_{\tau=\Delta\tau}^{\tau_c} Q_{\tau} \Delta\tau.$$

Общий тепловой поток к поверхности капиллярно-пористого тела:

$$Q = Q_u + Q_n.$$

Общее количество теплоты, израсходованной на сушку капиллярно-пористого тела:

$$Q_{\tau} = Q_{\tau u} + Q_{\tau n}.$$

Во всех внутренних точках рассчитывается градиент влагосодержания:

$$\text{grad } W_{i,j,k} = 0,5 \sqrt{\left( \frac{W'_{i+1,j,k} - W'_{i-1,j,k}}{\Delta x} \right)^2 + \left( \frac{W'_{i,j+1,k} - W'_{i,j-1,k}}{\Delta y} \right)^2 + \left( \frac{W'_{i,j,k+1} - W'_{i,j,k-1}}{\Delta z} \right)^2},$$

где  $W_{i,j,k}$  – влагосодержание, кг/м<sup>3</sup>;

Фиксируется номер расчетной точки и момент времени, для которых достигается максимальное значение градиента влагосодержания  $\text{grad } W_{i,j,k}$ .

Во всех внутренних точках рассчитывается градиент температуры:

$$\text{grad } T_{i,j,k} = 0,5 \sqrt{\left( \frac{T'_{i+1,j,k} - T'_{i-1,j,k}}{\Delta x} \right)^2 + \left( \frac{T'_{i,j+1,k} - T'_{i,j-1,k}}{\Delta y} \right)^2 + \left( \frac{T'_{i,j,k+1} - T'_{i,j,k-1}}{\Delta z} \right)^2}.$$

Фиксируется номер расчетной точки и момент времени, для которых достигается максимальное значение градиента температуры.

Таким образом, градиенты температуры и влагосодержания в изделии и некоторые другие параметры определяются с целью прогнозирования и предотвращения технологического брака.

Исследования выполнены при поддержке грантом РФФИ по проекту № 15-48-02275 "Разработка принципов и моделей создания и исследования новых энергосберегающих, экологически чистых и замкнутых теплотехнологий с газодинамической температурной стратификацией рециркулируемого теплоносителя" и Стипендией Президента РФ молодым ученым и аспирантам по проекту СП-736.2015.1 "Исследование и разработка энергоэффективных технологий и техники конвективной сушки капиллярно-пористых материалов".

#### Список литературы

1. Ковальногов В.Н., Павловичева Т.В. Моделирование и экспериментальное исследование энергоэффективной сушки строительного кирпича // Промышленная теплотехника, 2011. № 8. С. 54 – 57.
2. Карпухина Т.В., Ковальногов В.Н. Конвективная сушка керамического кирпича: моделирование, исследование и разработка энергоэффективной технологии. – Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing, 2013. – 150 p.

И.Е. Карасев, В.Н. Кувайцев, Н.П. Ларюшин, А.В. Шуков

Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, г. Пенза

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ СЕМЯН ПО СЕМЯНПРАВИТЕЛЮ КОМБИНИРОВАННОГО СОШНИКА

При посеве мелкосеменных масличных культур большое значение на величину и качество урожая возделываемой культуры оказывает равномерность распределения семян по глубине и длине рядка [1].

Для повышения равномерности распределения семян по глубине необходимо чтобы точка сброса семян в посевное ложе находилась в передней части сошника, куда осыпь с боковых стенок борозды еще не попала, при этом дно борозды горизонтальное [2].

Нами выбрана наиболее оптимальная конструкция (рисунок 1) комбинированного сошника (Заявка в ФИПС № 2015146573 от 28 октября 2015 года на патент «Сельскохозяйственная посевная машина»).

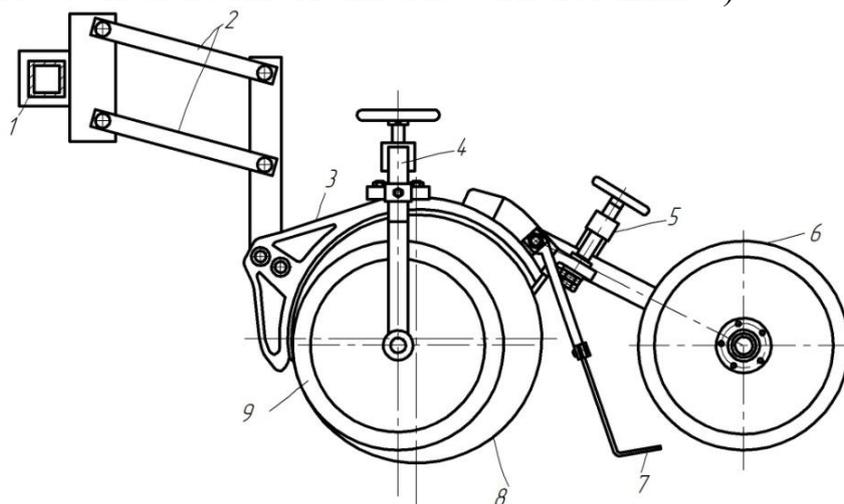


Рисунок 1 – Схема комбинированного сошника:

1 – брус рамы; 2 – механизм параллелограммной навески; 3 – корпус сошника; 4, 5 – механизм вертикального регулирования; 6 – опорно-прикатывающий каток; 7 – загорточ; 8 – диски сошника; 9 – копирующее колесо

При обеспечении условия попадания семян в посевное ложе к передней части сошника, куда осыпь с боковых стенок борозды еще не попала, при этом дно борозды горизонтальное. Необходимо также принимать во внимание скорость движения семян по семянаправителю с учетом поступательной скорости агрегата [3].

Рассмотрим движение семени на участке ВС семянаправителя 3 (рисунок 2); скорость в точке  $v_B$  на этом участке будет приниматься за начальную скорость  $v_0$  ( $v_0 = v_B$ ).

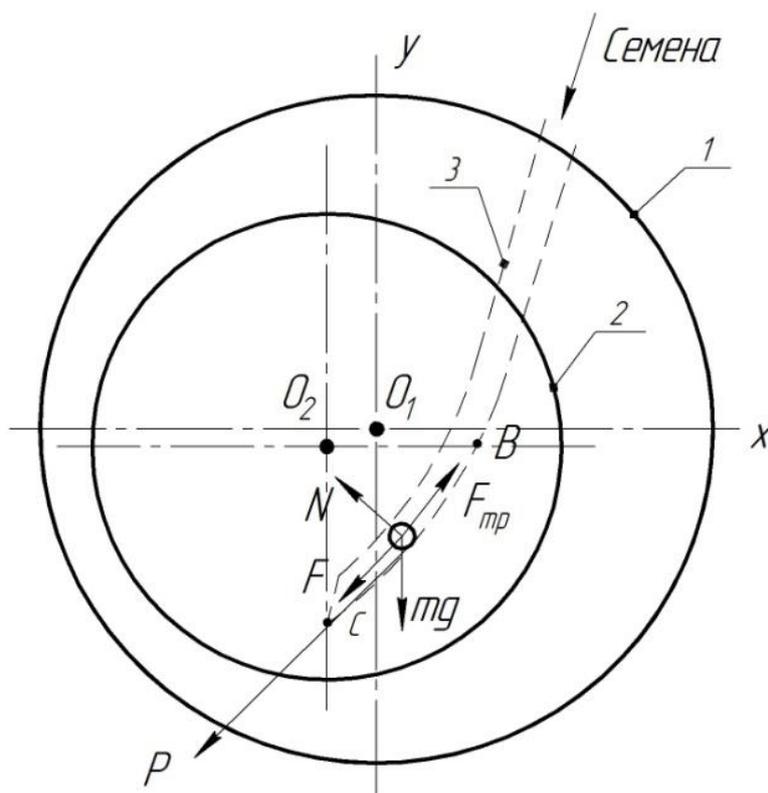


Рисунок 2 – Схема движения семени по семянаправителю:

1 – сошник; 2 – колесо копирующее; 3 – семянаправитель;  $O_1$  – центр диска комбинированного сошника;  $O_2$  – центр копирующего колеса комбинированного сошника

Согласно рисунку 2 на семя действуют на него силы  $\vec{P}$ ,  $\vec{N}$ ,  $\vec{F}_{mp}$  и  $\vec{F}$ . Сила  $F$  переменная величина, равная  $F=F(t)$ , так как участок BC парабола, то  $F=16\sin(4t)$ .

Дифференциальное уравнение движения семени в проекции на ось  $x$  и  $y$  [4]:

$$m \frac{dv_x}{dt} = P_x + N_x + F_{mp} + F_x \text{ или } m \frac{dv_x}{dt} = mg \sin \alpha - F_{mp} + F_x \quad (1)$$

где  $m$  – масса семя;

$\frac{dv_x}{dt}$  - проекция ускорения на ось  $x$ ;

$P_x$  - проекция силы тяжести  $P$  на ось  $x$ ;

$N_x$  - проекция силы нормальной реакции  $N$  на ось  $x$ ;

$F_{mp}$  - сила трения;

$F_x$  - проекция силы  $F$  на ось  $x$ .

Где  $\vec{F}_{mp} = fN$ . Для определения  $N$  составим уравнение в проекции на ось  $y$ . Так как  $\alpha_y = 0$ , получим  $0 = N - mg \cos \alpha$ , откуда  $N = mg \cos \alpha$ .

Следовательно,  $F_{mp} = fmg \cdot \cos \alpha$ ; кроме того,  $F_x = 16\sin(4t)$  и уравнение (1) примет вид:

$$m \frac{dv_x}{dt} = mg(\sin \alpha - f \cos \alpha) + 16\sin(4t) \quad (2)$$

Разделив обе части равенства на  $m$ , получим:

$$g(\sin \alpha - f \cos \alpha) = g(\sin 30^\circ - 0,2 \cos 30^\circ) = 3,2;$$

Подставим эти значения в выражение (2), получим:

$$\frac{dv_x}{dt} = 3,2 + 8 \sin(4t) \quad (3)$$

Умножая обе части уравнения (3) на  $dt$  и интегрируя, найдем:

$$v_x = 3,2t - 2 \cos 4t + C_2.$$

В момент начала движения семени из точки  $B$  при  $t=0$  будем иметь  $v = v_0 = v_B$ .

Подставляя эти величины в выражение (4), получим:

$$C_2 = v_B + 2 \cos 0 = 6.4 + 2 = 8.4 \quad (4)$$

При найденном значении  $C_2$  уравнение (4) примет вид:

$$v_x = \frac{dx}{dt} = 3.2t - 2 \cos(4t) + 8.4 \quad (5)$$

Умножив обе части на  $dt$  после интегрирования, найдем:

$$x = 1.6t^2 - 0.5 \sin(4t) + 8.4t + C_3 \quad (6)$$

При  $t=0$   $x=0$ ,  $C_3=0$ . Получим искомый закон движения семени:

$$x = 1.6t^2 + 8,4t - 0.5 \sin(4t), \quad (7)$$

где  $x$  - в метрах,  $t$  - в секундах.

Пользуясь уравнением (7) можно найти скорость, ускорение и положение семени в любой момент времени с учетом скорости движения сошника.

#### Список литературы:

1. Кувайцев, В.Н. Проблема посева масличных мелкосемянных культур / В.Н. Кувайцев, Н.П. Ларюшин, И.Е. Карасев и др. // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: материалы VII междунар. науч.-практ. конф. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – С. 466-470.
2. Кленин, Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Н.И. Кленин, В.А. Сакун. – М.: Колос, 1994. – 751 с.: ил.
3. Ларюшин, Н.П. Посевные машины. Теория, конструкция, расчет / Н.П. Ларюшин, А.В. Мачнев, В.В. Шумаев и др. – М.: Росинформагротех, 2010. – 292 с. ил.
4. Погорелый, Л.В. Земледельческая механика, машиноведение и сельскохозяйственная техника в XX - начале XXI века / Л.В. Погорелый // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2004. – № 8. – С. 51-55.

**И.Е. Карасев, Н.П. Ларюшин, С.П. Лысый**

*Пензенская государственная сельскохозяйственная академия г. Пенза*

## **РАЗРАБОТКА НОВЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЯЛКИ ДЛЯ ПОСЕВА МЕЛКОСЕМЕННЫХ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР**

Одной из важнейших технологических операций при возделывании мелкосеменных масличных культур является посев. Для нормального развития растений к посеву предъявляют определённые агротехнические требования. Отклонения от них отрицательно сказываются на урожайности. Особенно это заметно при возделывании мелкосеменных масличных культур, где равномерное размещение семян по глубине и длине рядка в почве при посеве является основными факторами, влияющими на всхожесть и развитие растений [1, 2].

Существующие сеялки для посева семян мелкосеменных масличных культур недостаточно полно отвечают агротехническим требованиям при посеве, поэтому вопрос разработки новых рабочих органов сеялки является актуальным и требует дальнейшего решения.

В Пензенской ГСХА разработана конструкция высевающего аппарата для посева мелкосеменных масличных культур (заявка в ФИПС № 2016107517 от 01.03.2016 г. на патент «Катушечный высевающий аппарат для посева мелкосеменных культур»).

Катушечный высевающий аппарат для посева мелкосеменных культур, содержит корпус 1 (рисунок 1), установленные на приводном валу 2 муфту 3, желобчатую катушку 4 и шайбу 5 с мелкозубчатым профилем, установленную между желобчатой катушкой 4 и муфтой 3. Мелкозубчатый профиль шайбы 5 образован усеченными правильными четырехугольными пирамидами 6, при усеченные пирамиды 6 расположены в два ряда по профилю мелкозубчатой шайбы 5 [3].

Катушечный высевающий аппарат для посева мелкосеменных культур работает следующим образом. При вращении приводного вала 2 через штифт 20 получает вращение желобчатая катушка 4. От желобчатой катушки 4 посредством соединительного цилиндрического штифта 8 получает вращение с заданной частотой шайба 5 и кольцо 11. Для сокращения времени наладки высевающего аппарата, расширения диапазона посева семян различных культур и повышения надежности работы высевающего аппарата, упругое неподвижное разъемное соединение включает две упругие цилиндрические защелки 16,17. Выпадение семян в воронку семяпровода происходит с верхней кромки торца утолщения 14. При этом зазор между донцем 13 и ребром 21 муфты 3 минимальный.

Также в Пензенской ГСХА разработана конструкция комбинированного сошника для посева мелкосеменных масличных культур (заявка в ФИПС № 2015146573 от 28 октября 2015 года на патент «Сельскохозяйственная посевная машина»).

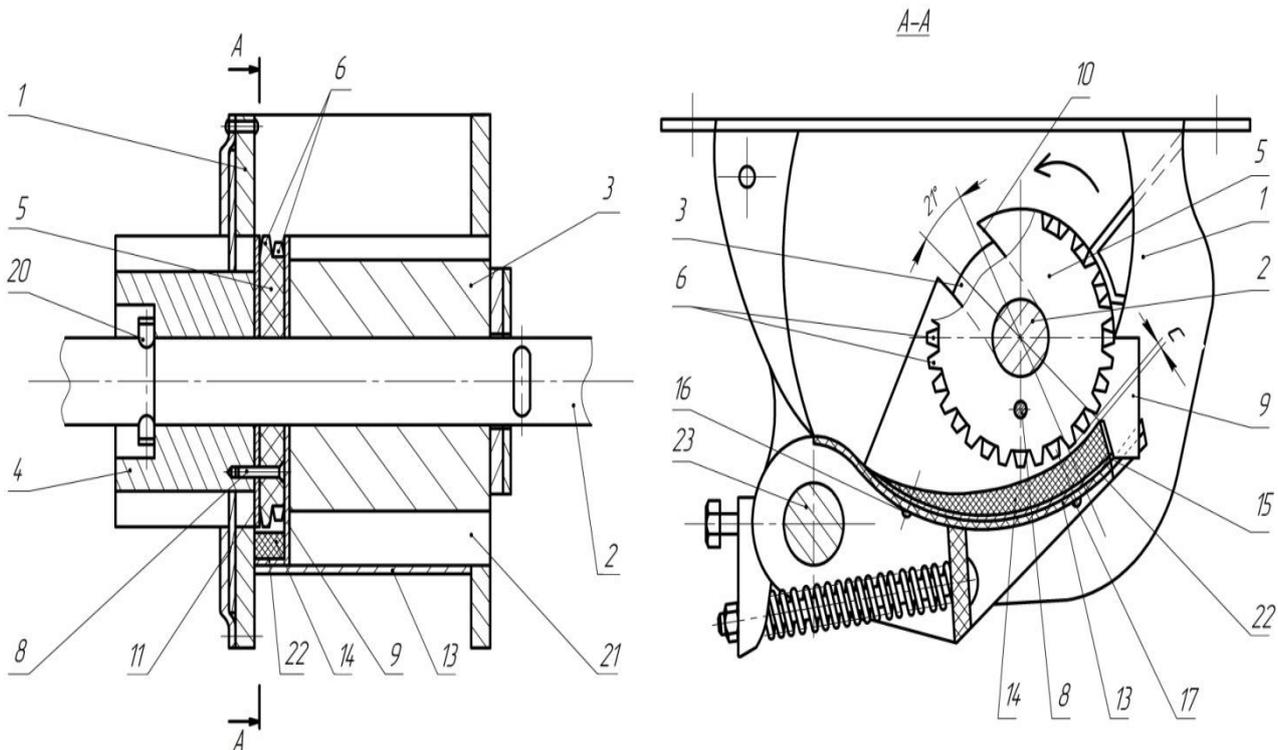


Рисунок 1 – Схема катушечного высевающего аппарата, выполненного в форме шайбы с мелкозубчатым профилем:

1 – корпус; 2 – приводной вал; 3 – муфта; 4 – желобчатая катушка; 5 – шайба с мелкозубчатым профилем; 6 – усеченные правильные четырехугольные пирамиды; 8 – соединительный цилиндрический штифт; 9 – ограничительная пластина; 10 – фигурная прорезь; 11 – кольцо; 13 – донце; 14 – утолщение; 15 – скос донца; 16, 17 – упругие цилиндрические защелки; 20 – штифт; 21 – ребро муфты; 22 – отбортовка; 23 – вал механизма опорожнения высевающего аппарата

Комбинированный сошник (рисунок 2) включает узел 8 дискового сошника, узел 9 копирующего колеса и узел 6 прикатывающего катка. Корпус 3 дискового сошника прикреплен с помощью параллелограммного навесного устройства 2 к брусу 1 для навешивания рабочих органов[1]. Брус 1 соединен с сельскохозяйственным трактором. Узел копирующего 9 колеса связан с корпусом 3 с возможностью вертикального регулирования с помощью установленного дополнительно механизма 4 вертикального регулирования. Заделывание семян в борозде осуществляется бороздозаделывателем 7 [4].

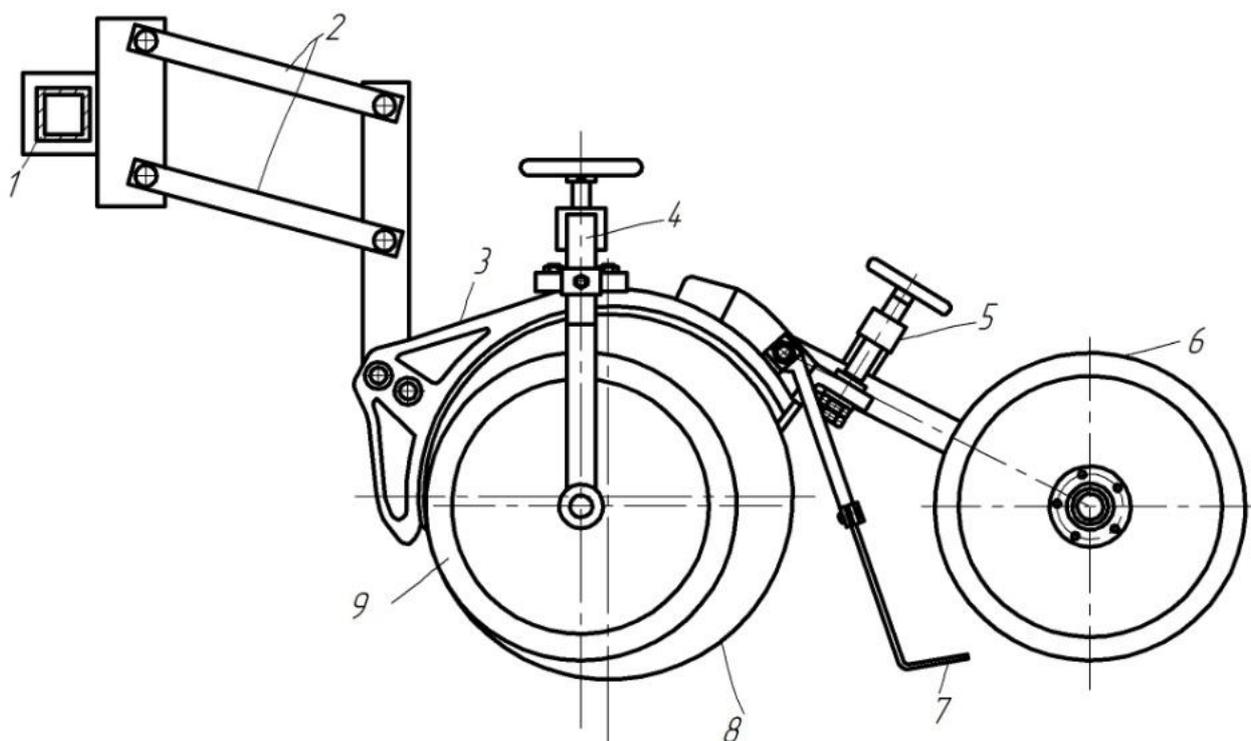


Рисунок 2 – Схема комбинированного сошника:

1 – брус рамы; 2 – механизм параллелограммной навески; 3 – корпус сошника; 4, 5 – механизм вертикального регулирования; 6 – опорно-прикатывающий каток; 7 – загорточ; 8 – диски сошника; 9 – копирующее колесо

Комбинированный сошник работает следующим образом. При работе сошник нарезает в почве борозду для семян. Семена подаются в семяпровод из семенного ящика с заданной нормой высева, далее семена из семяпровода поступают в сформированную борозду на заданную глубину. Заданная глубина устанавливается за счет изменения положения пары копирующих колес по вертикали. Борозда с уложенными семенами на заданную глубину заделывается бороздозаделывателем. Для прикатывания борозды с уложенными семенами и при этом без нарушения заданной глубины посева установлено прикатывающее устройство.

Представленные рабочие органы установлены на сеялке СЗ-5,4 и испытаны в полевых условиях. Результат их исследований показали высокую работоспособность, эффективность и надежность.

#### Список литературы:

1. Ларюшин, Н.П. Посевные машины. Теория, конструкция, расчет / Н. П. Ларюшин, А. В. Мачнев, В. В. Шумаев и др.– М.: Росинформагротех, 2010. – 292 с., ил.
2. Ларюшин, Н.П. Современные посевные машины. – Пенза: РИО ПГСХА, 2007. – 100 с.
3. Кувайцев, В.Н. Конструкция катушечного высевяющего аппарата для высева мелкосеменных масличных культур / В.Н. Кувайцев, Н.П. Ларюшин, С.П. Лысый. – Нива Поволжья, 2016.
4. Кувайцев, В.Н. Конструкция комбинированного сошника для посева мелкосеменных масличных культур / В.Н. Кувайцев, Н.П. Ларюшин, И.Е. Карасев. – Нива Поволжья, 2016. С.67-73.

**Ю.В.Комаров, С.А.Романчиков, С.В.Тимофеев,**

*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов*

## **СПОСОБЫ ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР**

**Аннотация:** В статье рассматриваются основные актуальные способы посева сельскохозяйственных культур, а так же рассматриваются их достоинства и недостатки.

**Ключевые слова:** агротехнические требования, способы посева, разбросной посев.

Современной наукой и передовой практикой доказано, что при создании необходимых условий для роста и развития сельскохозяйственные растения обладают большими резервами повышения урожайности. Для реализации этих возможностей необходимо совершенствовать существующую технологию их возделывания, а также создавать машины, соответствующие прогрессивной технологии и отвечающие высоким требованиям новой агротехники [1-5].

В Поволжье одним из перспективных приемов возделывания зерновых культур считается использование комбинированных агрегатов, уменьшающих количество и глубину обработок почвы и совмещающих несколько технологических операций в один процесс.

Качество, а так же величина урожая возделываемых сельскохозяйственных культур в значительной степени зависит от правильного проведения посева семян [1-3].

Для обеспечения наилучшего развития и роста растений, необходимо подготовить почву, согласно агротехническим требованиям для почвенно-климатических условий данного района возделывания. Среди агротехнических требований к посеву, можно выделить четыре основных: равномерное распределение семян, соблюдение нормы высева, необходимая глубина заделки и время посева семян, при соблюдении которых достигается наилучшая урожайность.

Размещение семян в почве, площадь питания каждого растения, ее форма на практике определяются выбранным способом и нормами посева. В практике сельскохозяйственного производства нашли применение следующие способы посева: рядовой посев, узкорядный посев, перекрестный посев, ленточный посев, широкорядный посев, пунктирный посев и разбросной посев. Рассмотрим их подробнее.

Рядовой посев – наиболее распространенный способ посева зерновых, технических, овощных и др. культур. Ширина междурядий составляет 7,5, 15, 20, 45, 90см. При этом норма площади питания растений представляет собой прямоугольник, соотношение сторон которого изменяется от 1:6 до 1:10. Такая

форма площади питания растений приводит к снижению продуктивности, появлению подгона и выпадам растений за счет сильного загущения в рядах.

Узкорядный посев – производят с междурядьем 7,5см при сохранении площади питания рядового посева. По имеющимся данным в ряде зон возделывания зерновых культур узкорядный посев дает прибавку урожая.

Перекрестный посев – выполняют в двух взаимно перпендикулярных направлениях с шириной междурядий 12,5 – 15,0см. При проходе в каждом направлении высевают половину установленной нормы высева. Расстояние между семенами в ряду увеличивается в 2 раза по сравнению с расстоянием при рядовом посеве. При перекрестном посеве часто повышается урожай зерновых культур, однако ему присущи такие недостатки, как увеличение времени посева, непроизводительная затрата энергии, горючесмазочных материалов.

Ленточный посев – применяют преимущественно при возделывании овощных культур. Семена высевают в несколько строчек, расстояние между которыми обычно 20см, а между лентами – 45см. Число строчек в ленте может быть различным, это зависит от культуры растений.

Широкорядный посев – применяют для посева пропашных культур. Междурядья выбирают с учетом особенностей каждой культуры и возможности механизированной междурядной обработки. Величина междурядий для различных культур применяется от 45 до 110см.

Пунктирный посев – используют в основном при посеве пропашных культур. Ширина междурядий, например, для сахарной свеклы 45-60см, кукурузы 70 – 90см. Расстояние между семенами – шаг пунктира зависит от культуры и нормы высева.

Разбросной посев – самый древний, однако самый эффективный способ. В настоящее время он в основном используется для поверхностного разбрасывания семян трав и риса. Однако ведутся изыскания рабочего органа и сеялок для подпочвенного разбросного посева зерновых культур.

Можно выделить следующие неоспоримые преимущества подпочвенного разбросного посева

- более равномерное распределение семян по полю и всей засеваемой ширине
- повышение урожайности в среднем на 10-30% по сравнению с узкорядным посевом
- высокая полевая всхожесть семян
- уменьшение конкуренции между растениями
- снижение засоренности поля
- увеличение степени использования засеваемой площади
- увеличение урожая

Эти преимущества связаны с тем, что каждому растению должна быть обеспечена определенная площадь, для получения им необходимого количества питательных веществ, солнечного света, почвенной влаги, тепла и т.д. Этой площадью называют – площадью питания растения. При ее недостатке, то есть если два растения находятся близко друг к другу, они начинают бороться между собой за питательные вещества. При подпочвенном разбросном способе посева

конкуренция растений сведена к минимуму, так как семена распределяются равномерно по всей засеваемой полосе.

В связи с вышеперечисленными преимуществами, можно утверждать, что подпочвенно разбросной способ посева является самым оптимальным и наименее энерго и ресурсно затратным способом посева зерновых культур.

#### Список литературы

1. **Халанский, В. М.** Сельскохозяйственные машины [текст] / В.М. Халанский, И. В. Горбачев.// М. - Колос, 2004. - с.146...149.
2. **Бузенков, Г.М.** Машины для посева сельскохозяйственных культур [текст] / Г.М. Бузенков, С.А. Ма// – М.: Машиностроение, 1976. – 272с.
3. **Астахов, В.С.** Посевная техника: анализ и перспективы развития [текст] / В.С. Астахов // Тракторы и сельхозмашины №1, 1999.– с.6...13.
4. **Комаров, Ю.В.** Совершенствование технологического процесса отделения почвенных примесей от корней сахарной свеклы крупноячеистым сепаратором [текст] / Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук/ Саратов, 1997, 24 с.
5. **Тюрин, И.Ю.** К вопросу об искусственных способах заготовки продуктов растениеводства при эксплуатации сушилок [текст] // И.Ю. Тюрин, М.Ю.Тельнов, Ф.В. Лобжа //Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития, Всероссийский научно-практический журнал, № 1, 2012 – Москва, Изд. МИИ Наука, с. 160...164.

С.П. Лысый, В.Н. Кувайцев, Н.П. Ларюшин

Пензенская государственная сельскохозяйственная академия г. Пенза

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ШАЙБЫ С МЕЛКОЗУБЧАТЫМ ПРОФИЛЕМ ДЛЯ ВЫСЕВА МЕЛКОСЕМЕННЫХ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

Качество посева напрямую зависит от конструктивных параметров высевающего аппарата, который является одним из наиболее важных рабочих органов сеялки [1,2,3].

Нами разработан катушечный высевающий аппарат для высева мелкосеменных масличных культур. На конструкцию высевающего аппарата подана заявка в ФИПС на патент (№ 2016107517 от 1.03.2016 г.). Предложенный катушечный высевающий аппарат представлен на рисунке 1.

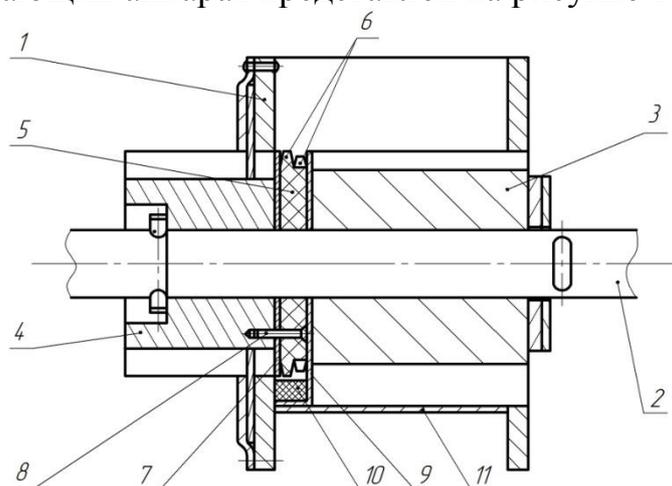


Рисунок 1 – Схема катушечного высевающего аппарата: 1–корпус; 2–приводной вал; 3–муфта; 4–катушка; 5–шайба с мелкозубчатым профилем; 6–усеченные правильные четырехугольные пирамиды; 7–кольцо; 8–соединительный цилиндрический штифт; 9–ограничительная пластина; 10–утолщение; 11–донце

Данный катушечный высевающий аппарат уменьшает травмирование семян, улучшает равномерность распределения семян по площади посева, снижает трудоемкость выполняемых работ при переходе на посев другой мелкосеменной культуры, снижает расход семян, строго выполняет установленную норму высева. Все это приводит к сокращению сроков посева, улучшению качества посева мелких семян, экономии семенного материала, снижению себестоимости продукции и повышению урожайности культуры.

Для определения конструктивных параметров шайбы с мелкозубчатым профилем использована общепринятая методика профессора М.Н. Летошнева:

Объем желобков шайбы с мелкозубчатым профилем определяется по формуле [4,5,6]:

$$V_{\text{жс}} = z \cdot f \cdot C, \text{ мм}^3 \quad (1)$$

где  $z$ -число желобков шайбы;

$f$ - площадь сечения одного желобка шайбы,  $\text{мм}^2$ ;

$C$ - толщина шайбы,  $\text{мм}$ .

Число желобков шайбы находится из выражения:

$$z = \frac{2\pi}{\alpha + \Delta\alpha}, \quad (2)$$

$$\alpha + \Delta\alpha = 18^{\circ}6' + 4^{\circ}20' = 0,190,$$

где  $\alpha$ —угол между гранями усеченных правильных пирамид, град;

$\Delta\alpha$ —центральный угол, град.

$$z = \frac{2 \cdot 3,14}{0,190} = 32$$

Площадь сечения желобков шайбы определяется по формуле:

$$f_{\text{жс}} = z \cdot f, \text{ мм}^2 \quad (3)$$

где  $z$ -число желобков шайбы с мелкозубчатым профилем;

$f$ - площадь сечения одного желобка шайбы,  $\text{мм}^2$ .

$$f = f_1 + f_2, \text{ мм}^2 \quad (4)$$

где  $f_1$  и  $f_2$ -площади сечения желобка шайбы,  $\text{мм}^2$  (рисунок 2).

$$f_1 = \frac{aa + ee}{2} h, \text{ мм}^2 \quad (5)$$

где  $aa$ —нижняя сторона трапеции, 8 мм;

$ee$ - верхняя сторона трапеции, 5 мм;

$h$ -высота трапеции, 3 мм;

$$f_1 = \frac{5+8}{2} \cdot 3 = 19,5 \text{ мм}^2$$

$$f_2 = \frac{d^2}{17} (\alpha' - \sin \alpha') \quad (6)$$

где  $d$ —диаметр шайбы принимается 50 мм;

$\alpha'$ -  $18^{\circ}6'$ ;  $\alpha$ -  $53^{\circ}35'$ ;

$$\alpha' = 53^{\circ}35' - 2 \arcsin\left(\frac{2 \cdot 17}{50} \sin 18^{\circ}6'\right) = 0,324$$

$$f_2 = \frac{50^2}{17} (0,324 - 0,309) = 2,2 \text{ мм}^2$$

$$f = 19,5 + 2,2 = 21,7 \text{ мм}^2$$

$$f_{\text{жс}} = 32 \cdot 21,7 = 694,4 \text{ мм}^2$$

$$V_{\text{жс}} = 32 \cdot 21,7 \cdot 6,5 = 4513,6 \text{ мм}^3$$

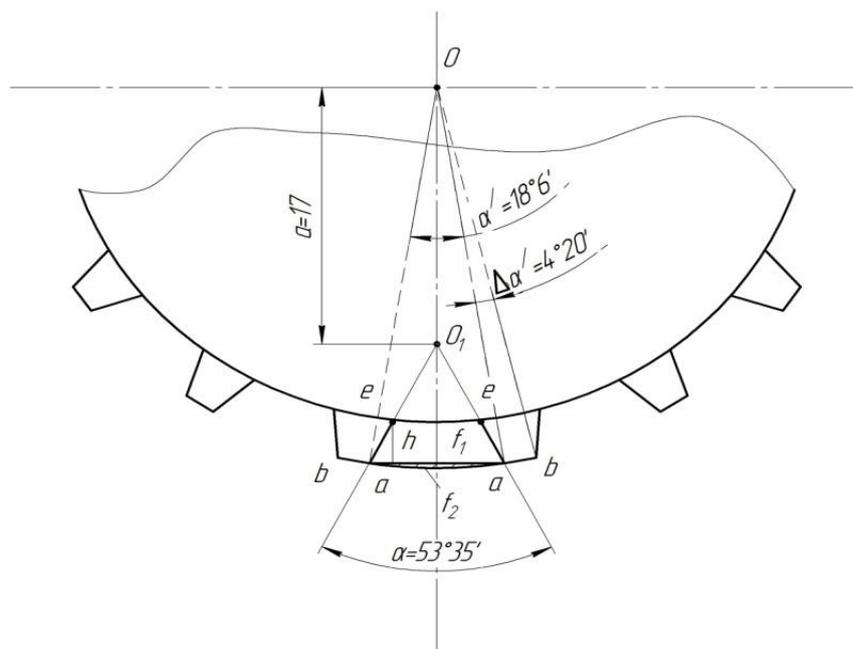


Рисунок 2 – Профиль желобка высевающей шайбы с мелкозубчатым профилем

Таким образом определяется площадь сечения и объем желобков шайбы с мелкозубчатым профилем. Определение конструктивных параметров шайбы с мелкозубчатым профилем является важным фактором для теоретического обоснования технологического процесса работы катушечного высевающего аппарата для высева мелкосеменных масличных культур.

#### Список литературы

1. Ларюшин, Н.П. Посевные машины. Теория, конструкция, расчет/ Н.П. Ларюшин, А.В. Мачнев, В.В. Шумаев, А.В. Шуков, Д.А. Почивалов-М.: Росинформагротех, 2010. – 292с., ил.
2. Ларюшин, Н.П. Современные посевные машины/ Н.П. Ларюшин, Пенза.: РИО ПГСХА, 2007. – 100с.
3. Ларюшин, Н.П. Современные посевные машины/ Н.П. Ларюшин, Пенза.: РИО ПГСХА, 2007. – 100 с.
4. Ларюшин, Н.П. Некоторые результаты Лабораторно-полевых исследований катушечно-винтового высевающего аппарата/ Н.П. Ларюшин, А.В. Шуков // Нива Поволжья.-2009.-№2 (11).-С.52-58.
5. Ларюшин, Н.П. Конструкция высевающего аппарата для высева семян мелкосеменных культур / Н.П. Ларюшин, И.В. Бычков // Нива Поволжья. – 2012. – № 2(23). – С. 56-59.
6. Ларюшин, Н.П. Теоретическое обоснование параметров ячейки катушечного высевающего аппарата в виде шайбы с мелкозубчатым профилем / Н.П. Ларюшин, И.В. Бычков, А.В. Шуков // Новые технологии и технические средства в АПК: Сборник материалов Международной конференции посвящённой 105-летию со дня рождения профессора Красникова

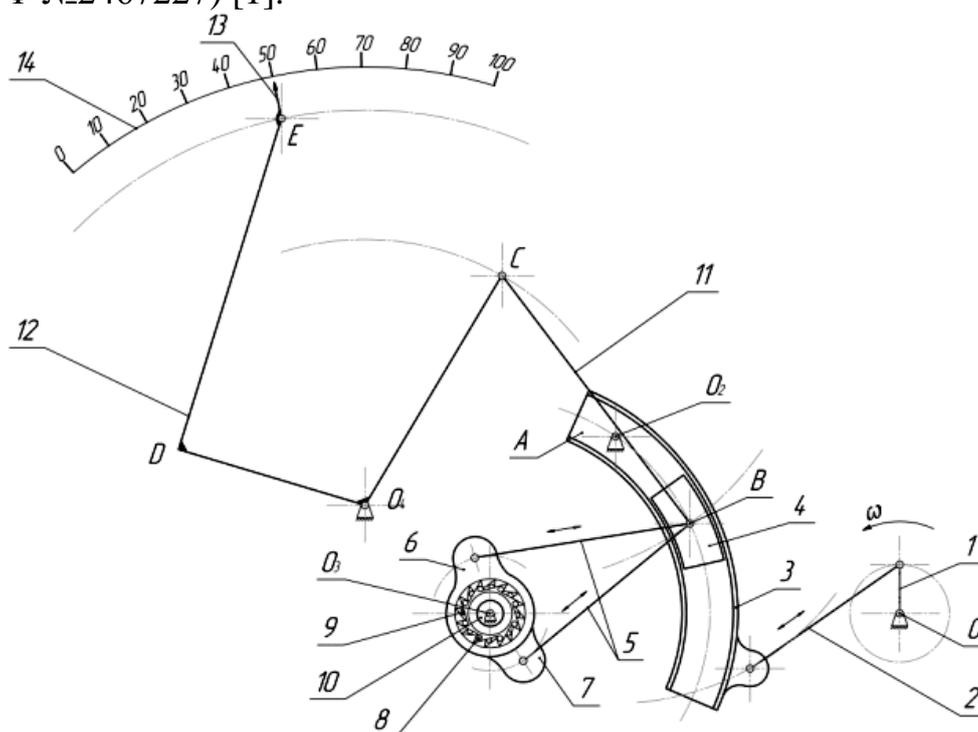
**А.В. Мамонов**

*Пензенская государственная сельскохозяйственная академия*

## **ВЫБОР ВАРИАТОРА ПРИВОДА ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА СЕЯЛКИ ДЛЯ ПОСЕВА МЕЛКОСЕМЕННЫХ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР**

Для посева мелкосеменных масличных культур применяются сеялки с приводом высевающих аппаратов с помощью редуктора и вариатора. Изменение нормы высева с помощью редуктора приводит к нарушению установленной нормы высева, неравномерному распределению семян по площади посева. Применение для этой цели вариаторов обеспечивает точную установку нормы высева, более равномерное распределение семян.

В Пензенской ГСХА разработан, изготовлен и испытан рычажный вариатор (патент РФ №2467227) [1].



*Рисунок 1 – Схема рычажного вариатора:*

*1 – кривошип; 2 – шатун; 3 – рычаг; 4 – ползун; 5 – тяги; 6, 7 – коромысла; 8, 9 – обгонная муфта; 10 – выходной вал; 11 – тяга; 12 – регулятор; 13 – стрелка-указатель; 14 – шкала*

Вариатор состоит из кривошипа 1, который посредством шатуна 2 соединен с одним концом рычага 3, выполненного в форме кулисы, а другой конец рычага смонтирован на неподвижной оси  $O_2$ , внутри круговой прорези рычага 3 установлен ползун 4, который тягами 5, закрепленными в центре ползуна 4, соединен с коромыслами 6 и 7, обгонных муфт 8 и 9, смонтированные на

выходном валу 10, при этом ползун также соединен тягой 11 с регулятором 12, состоящим из неподвижно соединенных звеньев CO4, O4D, DE, при этом на конце звена DE установлена стрелка-указатель 13, регулятор 12 смонтирован на неподвижной оси O4, а выше стрелки-указателя 13 нанесена шкала 14. Работа рычажного вариатора протекает следующим образом. Вращение кривошипа 1 через шатун 2 преобразуется в качательное движение рычага 3, которое передается тягами 5 на коромысла 6 и 7, и преобразуется в непрерывное вращательное движение выходного вала 10. Бесступенчатое регулирование передаточного отношения рычажного вариатора осуществляется в соответствии с заданным режимом работы механизма, изменением величины плеча колебания рычага 3 относительно неподвижной оси O2, при перемещении ползуна 4 в круговой прорези А рычага 3 за счет воздействия регулятора 12 на тягу 11.

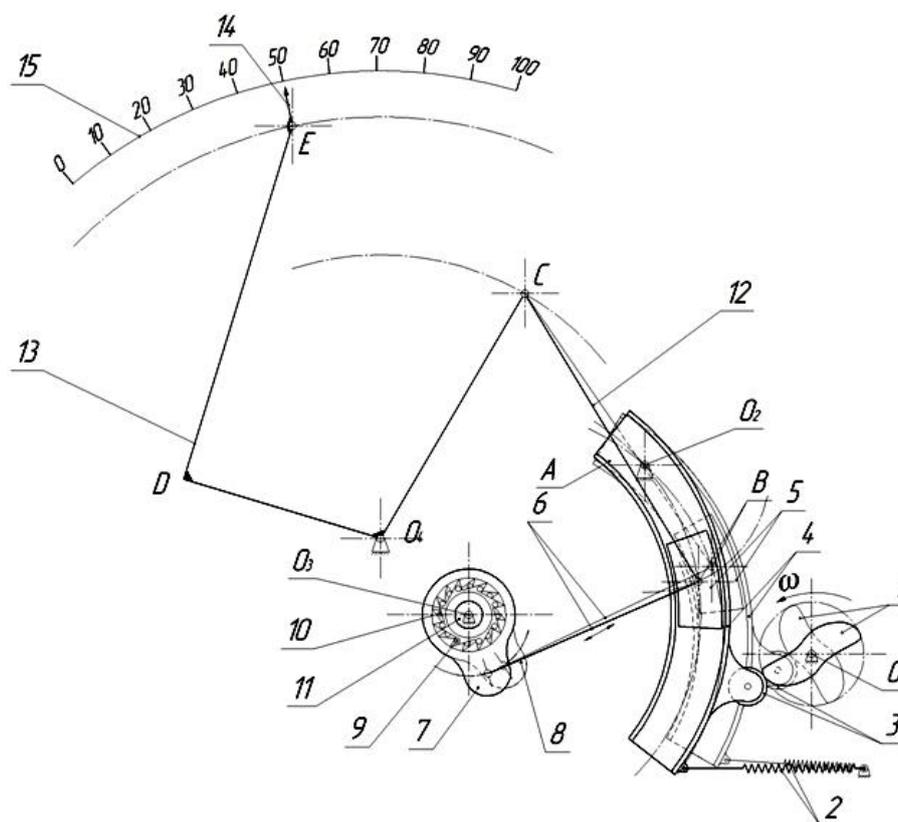
В результате исследований вариатор показал значительное преимущество в сравнении с редуктором, однако при работе его была отмечена недостаточная высокая надежность в следствии применения привода рычажного вариатора кривошипно-шатунного механизма. При работе кривошипно-шатунного механизма возникают вынужденные колебания системы привода вариатора. Когда совпадают частоты вынужденных и собственных колебаний, резко возрастает амплитудные загрузки отдельных участков привода и напряжения в нем, что вызывает поломки в целом привода рычажного вариатора.

С учетом указанных недостатков рычажного вариатора нами разработан рычажно-кулачковый вариатор (заявка на патент № 2015111593/11(018053) [2].

Рычажно-кулачковый вариатор (рисунок 2) состоит из двух двухзвенных кулачков 1, вращающихся на неподвижной оси O1, возвратных пружин 2 осуществляющих силовое замыкание двухзвенных кулачков 1 и роликов 3 установленных на свободных концах рычагов 4, при этом противоположные концы рычагов 4 смонтированы на неподвижной оси O2.

Вариатор работает следующим образом: вращение двухзвенных кулачков 1 через ролики 3 преобразуется в качательное движение рычагов 4, которое передается тягами 6 на обоймы 7 и 8, сообщая им так же качательные движения, и посредством обгонных муфт 9 и 10, качательное движение обойм 7 и 8, преобразуется в непрерывное вращательное движение выходного вала 11, при этом силовое замыкание двухзвенных кулачков 1 и роликов 3 осуществляется пружинами 2.

Бесступенчатое регулирование передаточного отношения вариатора осуществляется в соответствии с заданным режимом работы механизма, изменением величины плеча O2B колебания рычагов 4 относительно неподвижной оси O2, при перемещении ползуна 5 в круговой прорези А рычага 4 за счет воздействия регулятора 13 на тягу 12.



*Рисунок 2- Рычажно-кулачковый вариатор:*

*1- двухзвенные кулачки; 2 – пружины; 3 – ролики; 4 – рычаги; 5 – ползуны; 6 – тяги; 7,8 – обоймы; 9,10 – обгонные муфты; 11 – выходной вал; 12 – тяги; 13 – регулятор; 14 – стрелка-указатель; 15 - шкала*

Установка ведущих звеньев выполненных в виде двух двухзвенных кулачков дала возможность повысить равномерность вращения выходного вала, производительность вариатора и надежность механизма в целом, а также воспроизведения практически любого закона движения выходного вала при плавном регулировании частоты вращения выходного вала вариатора, при этом конструкция вариатора стала проще в изготовлении. Регулятор, соединенный с ползунами, позволил мгновенно, с минимальным усилием, изменять настройку оптимального режима работы вариатора в приводах трансмиссий транспортных, грузоподъемных и прочих машин и механизмов, например, привода высевающих аппаратов сеялок.

Рычажно-кулачковый вариатор установлен на сеялку СЗ-5.4 для привода ее высевающих аппаратов и испытан в полевых условиях на посеве мелкосеменных масличных культур на полях Пензенской области.

#### **Список литературы**

1. Патент РФ № 2467227, МПК F16H37/14 (2006/01). Рычажный вариатор / Н.П. Ларюшин, Суцев С.А, Лапин В.В, Антонов А.В - опубл. 20.09.2012. Бюл.№ 32.
2. Кувайцев В.Н. Конструкция рычажно-кулачкового вариатора привода высевающих аппаратов сеялок для посева мелкосеменных масличных культур / Кувайцев В.Н, Ларюшин Н. П, Мамонов А.В // Нива Поволжья. – 2015.- № 3(36) – С. 102-108.

**М.А.Мосяков**

*ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, г. Москва, Россия.*

## **ТИПЫ МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩИХ СИСТЕМ**

**Аннотация.** В статье представлен анализ многообразия существующих, как принципов конструирования зерноуборочных комбайнов, так и используемых структур его молотильно-сепарирующей системы. Несмотря на это многообразие, на практике отсутствует какая-либо согласованная классификация существующих МСС. Приведена схема классификации молотильно-сепарирующих систем. Проведен анализ конструкции отечественных и зарубежных комбайнов, позволивший выявить два основных вида молотильно-сепарирующих систем, применяемых в комбайностроение. Дана сравнительная оценка, работы современных различных по конструкции молотилок зерноуборочных комбайнов.

**Ключевые слова.** *Зерноуборочный комбайн, молотильно-сепарирующие системы, классификация, молотильно-сепарирующие устройства.*

**Введение.** Зерноуборочный комбайн, это одна из важнейших сельскохозяйственных машин, способная выполнять сразу несколько различных операций. Он модифицируется для работы в различных условиях и под уборку определённых культур. Адаптация может производиться как за счет применения специальных насадок, так и выпуском отдельной модели [1].

В настоящее время существует большое многообразие, как принципов конструирования зерноуборочных комбайнов, так и используемых структур его молотильно-сепарирующей системы (МСС). Несмотря на это многообразие, на практике отсутствует какая-либо согласованная классификация существующих МСС. Потребность же в ней всегда ощущается. Особенно при решении задач сравнительного анализа технико-экономических и эксплуатационных показателей зерноуборочных комбайнов.

Молотильно-сепарирующие системы МСС зерноуборочных комбайнов предназначены для разрушения связей зерна с колосом и разделения зерновой солоистой фракций. На практике этот процесс имеет три ступени: вымолот, выделение из солоистого вороха зерна и мелкой незерновой фракции, очистка зерна от всех солоистых фракций [2].

**Методика.** Молотильные системы предназначены для выделения зерна из колоса растения, початка, бобов и др. Процесс обмолота осуществляется за счет сложного вида деформации растения. Так, обмолот зерновых колосовых осуществляется за счет удара по колосу и его перетирания при протаскивании хлебной массы в рабочей зоне. Прочность связи зерна с колосом значительна и неравномерна по его длине и зависит от вида культуры, стадии спелости и влажности. При механическом воздействии на колос и обмолоте зерновых следует также учитывать прочность стеблей растения и самого зерна. Чрезмерные усилия удара по зерну приводят к его дроблению. Прочность зерна зависит от его формы, размеров, веса, влажности и других физико-механических свойств [3].

Известные молотильные системы можно классифицировать по типам, представленным на схеме (Рис. 1).

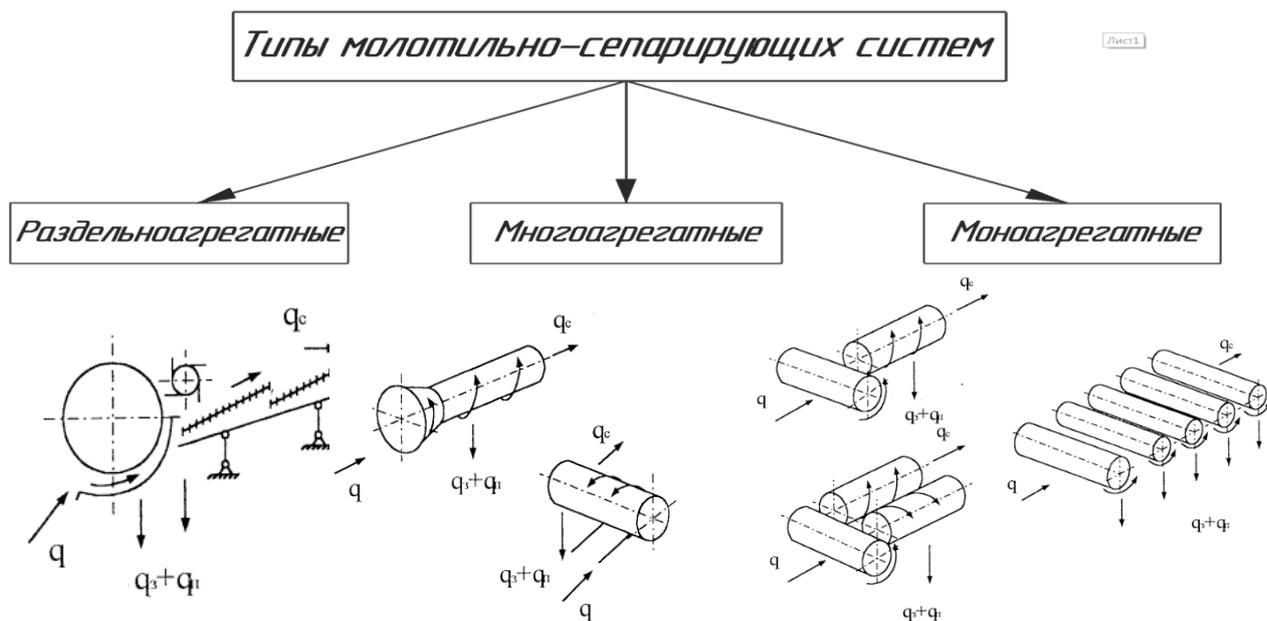


Рисунок 1. Типы молотильно-сепарирующих систем

**Основная часть.** Оценивая, в целом, работу современных различных по конструкции молотилок зерноуборочных комбайнов (рис 1) их можно разделить на три типа, различающихся по механико-технологическим принципам обмолота и сепарации зерна из грубого вороха:

- с раздельноагрегатной «классической» молотильно-сепарирующей системой МСС (барабан с декой и соломотряс), в которой обмолот и окончательная сепарация зерна из соломистого (грубого) вороха выполняется раздельно, различными рабочими органами комбайна;
- с многоагрегатной МСС, включающей барабан с декой и роторные или аксиально-роторные соломоотделители;
- с моноагрегатной аксиально-роторной МСС, обеспечивающей обмолот и сепарацию зерна из грубого вороха одним аксиально-роторным рабочим органом.

Анализ конструкции отечественных и зарубежных комбайнов, позволило выявить два основных вида молотильно-сепарирующих систем, применяемых в комбайностроение. Большое количество комбайнов с раздельноагрегатной так называемой «классической» молотильно-сепарирующей системой (барабан с декой и соломотрясом). Но также все больше становится моделей комбайнов с моноагрегатной аксиально-роторной молотильно-сепарирующей системой.

Многочисленными отечественными и зарубежными исследователями и испытателями установлены значительные преимущества комбайнов с моноагрегатной аксиально-роторной МСС в сравнении с 2 «классической» и многоагрегатной. Эти преимущества сводятся к следующему:

- подача на  $1\text{ м}^2$  сепарирующей поверхности (при уровне потерь зерна за соломоотделителем 0,5 %) у аксиально-роторного МСС может быть увеличена в 1,5...1,7 раз по сравнению с соломотрясами;
- увеличивается на 3...4% сбор зерна на полях с полеглым и перепутанным стеблестоем;

- снижается до 3 раз дробления зерна и до 0,5% потери его распылом;
- с меньшей интенсивностью снижаются показатели качества работы при изменении зазоров в МСУ и частоты вращения ротора;
- ротор, имея значительный момент инерции и развитую рабочую поверхность, компенсирует влияние на молотилку неравномерности подачи хлебной массы и тем самым стабилизирует работу молотилки;
- уменьшается число элементов рабочих органов, число валов и подшипниковых узлов.

В последние десятилетия резко повысился интерес ведущих комбайностроительных фирм мира к созданию комбайнов с моноагрегатной аксиально-роторной МСС, что косвенно подтверждается даже теми фирмами (John Deere STS), которые выпускают комбайны, только, с «классической» МСС [4].

Очевидно, что эффективность комбайнов с моноагрегатной аксиально-роторной МСС возрастает за счет продольного расположения ротора (вдоль оси комбайна) с вращающимся кожухом, который позволяет увеличивает площадь сепарации зерна. Из этого следует, что при увеличении площади сепарации аксиально-роторного МСС пропускная способность молотилки увеличивается (при потере зерна в соломе – 1%) в 1,6...1,8 раз, а при 1,5% потери – в 1,5...1,6 раз [5].

**Заключение.** Одним из направлений, повышающих эффективность рабочего процесса комбайнов, может стать более интенсивное внедрение в конструкцию аксиально-роторной молотильно-сепарирующей системы. Ведь на ряду с «классической» схемой МСС у аксиально-роторной есть ряд преимуществ: в меньшей степени происходит дробление и потери зерна, более высокая пропускная способность, лучше справляется с полеглым стеблестоем, менее восприимчив к неравномерной подачи убираемой массы и уменьшено количество нагруженных элементов (валов, узлов).

Следует отметить, что, несмотря на значительные успехи, достигнутые при конструировании, производстве и эксплуатации комбайнов, зерноуборочный комплекс еще далек от совершенства, но перспективы развития и применения комбайнов с моноагрегатной аксиально-роторной МСС очень велики.

#### **Список литературы:**

1. Алдошин, Н.В. Механизация уборки смешанных посевов зерновых культур / Н.В. Алдошин, А.А. Золотов, А.С. Цыгуткин, Малла Бахаа // Тракторы и сельхозмашины, ISSN 0235-8573 - 2015, № 10, с. 41-45.
2. Алдошин, Н.В. Обоснование технологических параметров на уборке белого люпина / Н.В. Алдошин, А.А. Золотов, А.С. Цыгуткин, В.Д. Сулеев, А.Е. Кузнецов, Н.А. Аладьев, Малла Бахаа // Достижения науки и техники АПК, – ISSN. 0235-2451. – 2015, №1, Т. 29, с. 64...66.
3. Алдошин, Н.В. Зерноуборочный комбайн РСМ-181 Togum на уборке белого люпина / Н.В. Алдошин, М.А. Мосяков // Научно-технический прогресс в АПК проблемы и перспективы, – 2016, с.23-27
4. Мосяков, М.А. Использование зерноуборочного комбайна с аксиально-роторными молотильно-сепарирующими устройствами на уборке белого люпина / М.А. Мосяков // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России, – 2016, с.90-92
5. Алдошин, Н.В. Сельскохозяйственные машины. Практикум. / Н.В. Алдошин, И.В. Горбачев, А.А. Золотов, С.Г. Ломакин, А.А. Манохина, А.И. Панов, В.И. Пляка, С.В. Щиголев // М.: Изд-во РГАУ-МСХА. 2014. – 149 с.

**Е.С. Нестеров, В.М. Бойков, К. Окас**

*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов*

## **АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ОРУДИЯ КОМБИ-6**

**Аннотация.** В статье представлен анализ исследований технологического процесса основной обработки почвы выполняемого почвообрабатывающим орудием КОМБИ-6. Приведена конструктивно-технологическая схема почвообрабатывающего орудия, представлены схемы технологического процесса основной обработки почвы и рабочих органов орудия, проанализирована схема выполнения технологического процесса основной обработки почвы рабочими органами орудия КОМБИ-6.

**Ключевые слова:** основная обработка почвы, почвообрабатывающее орудие, конструктивно-технологическая схема, рабочий орган, технологический процесс, качество обработки почвы.

В Саратовском государственном аграрном университете им. Н.И. Вавилова для обработки почв в зонах рискованного земледелия и агрегатирования с тракторами тягового класса 5 как отечественного, так и зарубежного производства, разработано комбинированное почвообрабатывающее орудие КОМБИ-6 предназначенное для основной обработки почвы на глубину до 35 см, твердостью почвы до 4,5 МПа и влажностью до 30%. Орудие (рис. 1) может применяться на всех типах почв, кроме почв, засоренных камнями, плитняком и другими препятствиями.



Рисунок 1. Почвообрабатывающее орудие КОМБИ-6

Конструктивно-технологическая схема почвообрабатывающего орудия КОМБИ-6 представлена на рисунке 2.

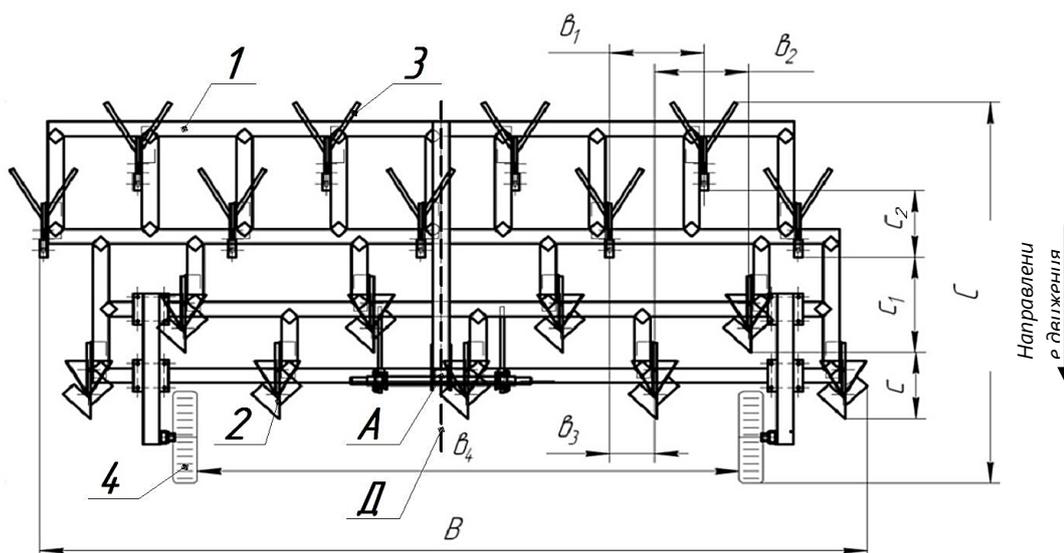


Рисунок 2. Конструктивно-технологическая схема почвообрабатывающего орудия КОМБИ-6: 1 – рама; 2 – рыхлительный рабочий орган; 3 – чизельный рабочий орган; 4 – опорное колесо с механизмом регулировки глубины; А – точка прицепа почвообрабатывающего орудия; Д – линия тяги трактора; В – ширина захвата орудия (6,3 м); С – длина орудия (3,2 м);  $v_1$  – расстояние между чизельными рабочими органами в ряду (0,7 м);  $v_2$  – расстояние между рыхлительными рабочими органами в ряду (0,7 м);  $v_3$  – расстояние между рыхлительными и чизельными рабочими органами в ряду (0,35 м);  $v_4$  – расстояние между опорными колесами (4,0 м);  $c$  – расстояние между рыхлительными рабочими органами по ходу (0,6 м);  $c_1$  – расстояние между рыхлительными и чизельными рабочими органами по ходу (0,7 м);  $c_2$  – расстояние между чизельными рабочими органами по ходу (0,6 м).

Почвообрабатывающее орудие КОМБИ-6 состоит из следующих основных узлов и механизмов (см. рис. 2): рамы 1 с навесным устройством, рыхлительных 2 и чизельных 3 рабочих органов, опорных колёс 4 с механизмом регулировки глубины обработки.

Рама является несущим элементом всех узлов и механизмов и представляет собой сварную конструкцию из труб прямоугольного сечения. На раме установлены кронштейны крепления рабочих органов.

В передней части рамы установлено навесное устройство, посредством которого орудие агрегируется с трактором тягового класса 5 и выше.

В процессе работы орудие опирается на два опорных колеса, посредством которых обеспечивается регулирование глубины обработки орудия.

Техническая характеристика почвообрабатывающего орудия КОМБИ-6 представлена в таблице 1.

Таблица 1. -Техническая характеристика почвообрабатывающего орудия КОМБИ-6

Показатель	Значение показателя
Тип орудия	Навесной
Ширина захвата (конструктивная), м	6,3
Дорожный просвет, мм	450
Габаритные размеры, мм:	
-длина	3670
-ширина	6450
-высота	1850
Масса орудия, кг	2656
Количество рабочих органов, шт.:	
- рыхлительных	9
- чизельных	9
Пределы регулирования рабочих органов по глубине, см:	
- рыхлительных	0-25
- чизельных	10-40
Количество рядов рабочих органов, шт.:	
- рыхлительных	2
- чизельных	2
Расстояние между рабочими органами в ряду, мм	700
Расстояние между стойками смежных рабочих органов, мм	350
Расстояние от опорной плоскости корпусов до нижней плоскости рамы, мм:	
- рыхлительных	700
- чизельных	850

Схема разработанного технологического процесса основной обработки почвы, выполняемого почвообрабатывающим орудием КОМБИ-6, представлена на рисунке 3.

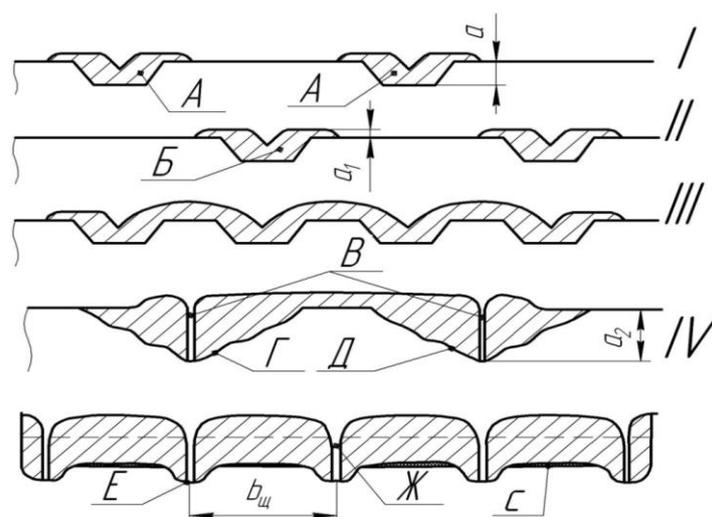


Рисунок 3. Схема разработанного технологического процесса основной обработки почвы, выполняемого почвообрабатывающим орудием КОМБИ-6: I, II – подрезание, рыхление на глубину  $a$  до 15 см и перемещение верхней части пласта на необработанную часть поля, с формированием гребней из раскрошенной почвы и растительных остатков высотой  $a_1$  до 5 см; III, IV – рыхление с углублением ( $a_2 = 30$  см) пахотного горизонта и выравнивание

поверхности почвы;  $b_{ш}$  – расстояние между серединами щелей (0,7 м);  $c$  – плужная подошва.

При выполнении технологического процесса основной обработки почвы (см. рис. 3), выполняемого почвообрабатывающим орудием КОМБИ-6, первоначально производится рыхление и перемещение верхней части обрабатываемого пласта с образованием углублений  $A$  на глубину  $a$ , при этом на поверхности поля формируется гребень высотой  $a_1$ . Затем процесс повторяется с образованием углублений  $B$ . Далее производится рыхление почвы и образование углублений  $Г$ ,  $Д$  и  $Е$  и щелей  $Ж$  на глубину  $a_2$ , при этом интенсивность перемешивания значительно возрастает за счет перемещений почвы из этих щелей и углублений. В результате образуется мульчирующий слой и возрастает интенсивность разрушения плужной подошвы  $c$ .

Для выполнения технологического процесса основной обработки почвы (см. рис. 3) орудие оснащено двумя типами рабочих органов, которые установлены в четыре ряда: два первых ряда – рыхлительные, последующие два ряда – чизельные.

Схема и фотография экспериментального образца рыхлительного рабочего органа почвообрабатывающего орудия КОМБИ-6 представлены на рисунке 4.

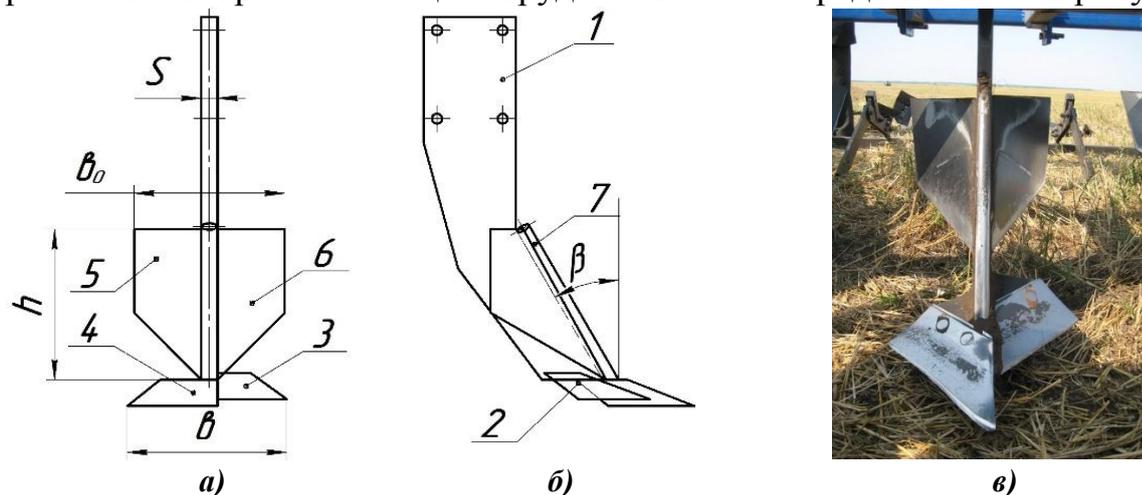
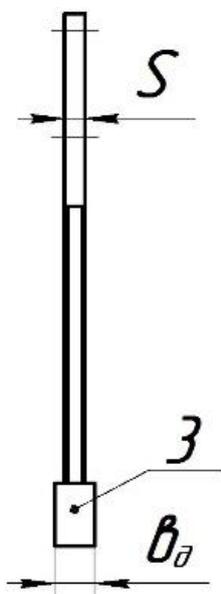
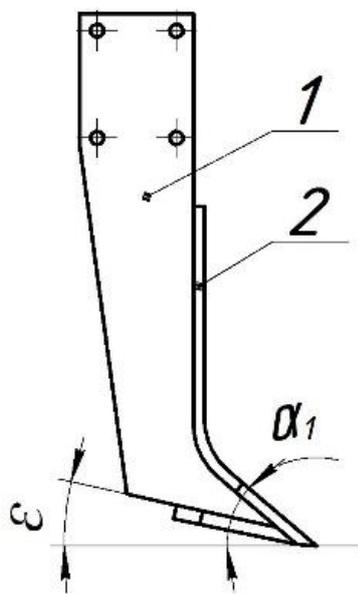


Рисунок 4. Схема (вид спереди -  $a$ ; вид сбоку -  $б$ ) и фотография экспериментального образца ( $в$ ) рыхлительного рабочего органа орудия КОМБИ-6: 1 – стойка; 2 – башмак; 3 – левый лемех; 4 – правый лемех; 5 – правосторонний отвал; 6 – левосторонний отвал; 7 – обтекатель;  $b$  – ширина рабочего органа (0,35 м);  $b_0$  – ширина захвата двухстороннего отвала (270-320 мм);  $S$  – толщина стойки (30 мм);  $h$  – высота отвала (0,35 м);  $\beta$  – угол постановки обтекателя ( $60^\circ$ ).

Схема и фотография экспериментального образца чизельного рабочего органа (аналог чизельного рабочего органа орудия ПБК-4,8(Ч) [1]) почвообрабатывающего орудия КОМБИ-6 представлены на рисунке 5.



a)



б)



в)

Рисунок. 5. Схема (вид спереди - *a*; вид сбоку - *б*) и фотография экспериментального образца (*в*) чизельного рабочего органа почвообрабатывающего орудия КОМБИ-6: 1 – стойка; 2 – обтекатель; 3 – долото;  $\alpha_1$  – угол постановки долота ко дну борозды ( $27^\circ$ );  $b_d$  – ширина долота (65 мм);  $S$  – толщина стойки (30 мм);  $\epsilon$  – задний угол постановки долота ко дну борозды ( $10^\circ$ ).

Лабораторно-полевые исследования почвообрабатывающего орудия КОМБИ-6 проводились на основной разноглубинной обработке почвы влажностью в обрабатываемом слое почвы (от 0 до 30 см) 22,5...22,9% и твердостью почвы – 1,1...1,6 МПа. Поле, где проводилось исследование, было ровным, однородным по механическому составу – чернозем обыкновенный среднесуглинистый и слабовыраженным микрорельефом. Высота сорных растений и пожнивных остатков составляла 26,6 см. Масса растительных и пожнивных остатков на 1 м<sup>2</sup> составляла 522,1 г [2,4].

Агротехнические показатели лабораторно-полевых исследований технологического процесса, выполняемого почвообрабатывающим агрегатом К-744РЗ+КОМБИ-6, подставлены в таблице 2.

Таблица 2.- Агротехнические показатели работы почвообрабатывающего агрегата К-744РЗ+КОМБИ-6

Показатель	Значение показателя	
Состав агрегата	К-744РЗ+КОМБИ-6	
Скорость движения агрегата, м/с	1,8	2,17
Рабочая ширина захвата орудия, м	6,3	6,3
Глубина обработки рабочих органов, см:		
а) рыхлительных	15,7	16,7
б) чизельных	30,2	30
- среднее квадратическое отклонение глубины, ± см:		
а) рыхлительных	1,6	1,4
б) чизельных	1,8	1,7
Крошение почвы (размер фракций до 50 мм), %, не менее	91,8	92,2
Глубина борозд по следу стоек рабочих органов, см	9,9	11,9
Заделка стерни, %	70,4	71,1
Подрезание сорных растений и пожнивных остатков, %	100	
Забивание и залипание рабочих органов	Не наблюдалось	

Анализ полученных данных при работе агрегата (см. табл. 2) показывает, что почвообрабатывающее орудие КОМБИ-6 обеспечивало глубину обработки почвы рыхлительными рабочими органами – 15,7...16,7 см, а глубина обработки почвы чизельными рабочими органами составляла 30 см. При этом, среднее квадратическое отклонение как по рыхлительным рабочим органам (1,4...1,6 см), так и по чизельным (1,7...1,8 см) – соответствовало нормативу (по АТТ ±2 см [3]). Крошение почвы: – содержание комков почвы размером до 50 мм, включительно составляло 91,8...92,2 %. Подрезание растительных и пожнивных остатков было полным. Заделка стерни составляла 70,4...71,1 %. Следует отметить, что за стойками рабочих органов оставались борозды глубиной 9,9...11,9 см (по АТТ не более 5 см [3]).

На основании проведенных исследований (см. табл. 2) установлено, что технологический процесс основной обработки почвы орудием КОМБИ-6 выполняется по следующей схеме, представленной на рисунке 6.

Анализ схемы выполнения технологического процесса основной обработки почвы (см. рис. 6) показывает, что первоначально производится рыхление и перемещение верхней части обрабатываемого пласта почвы с образованием углублений (см. рис. 6; а) на глубину  $a$  (15,7...16,7 см), при этом на поверхности поля формируется гребень высотой  $h$  (8...10 см). Затем процесс повторяется с образованием углублений (см. рис. 6; б). Далее производится рыхление почвы с образованием углублений и щелей (см. рис. 6; в, г) на глубину  $a_1$  (30...30,2 см), при этом значительно возрастает интенсивность перемешивания за счет перемещений почвы из этих углублений и щелей. В процессе образуется мульчирующий слой и возрастает интенсивность разрушения уплотненного слоя почвы. Однако, следует отметить, что в результате работы КОМБИ-6 на поверхности поля после прохода чизельных рабочих органов образуются глубокие борозды глубиной  $a_2$  (9,9...11,9 см), что не соответствует агротехническим требованиям (по АТТ не более 5 см [3]).

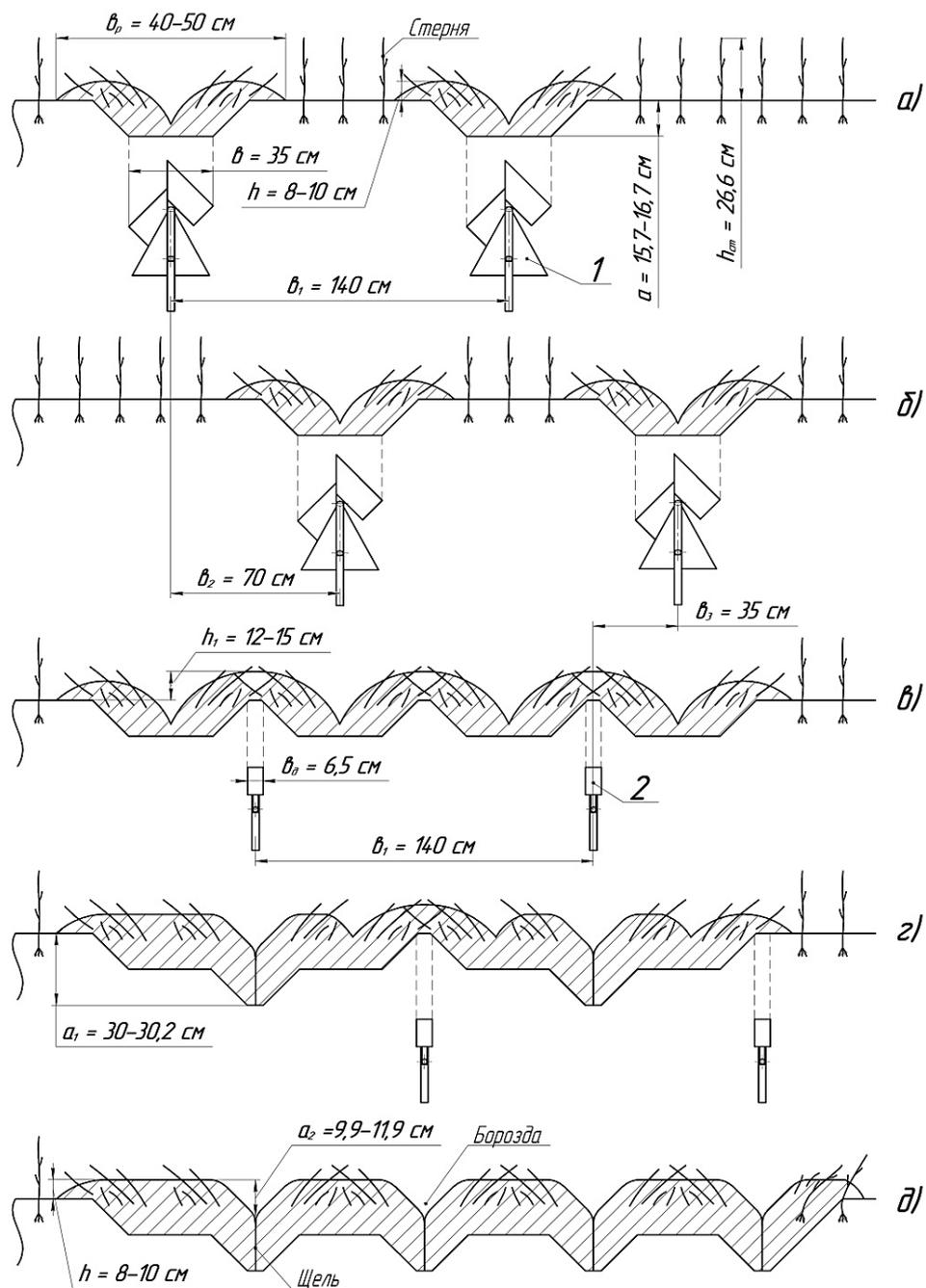


Рисунок 6. Схема выполнения технологического процесса основной обработки почвы орудием КОМБИ-6: 1 и 2 – рыхлительный и чизельный рабочие органы; а), б), в) и г) – схемы взаимодействия рыхлительных и чизельных рабочих органов с обрабатываемым слоем почвы на глубину  $a$  и  $a_1$  соответственно.

Из проведенных исследований на фотографиях (рис. 7; б) видно, что из-за высокой влажности в обрабатываемом слое почвы в процессе работы орудия КОМБИ-6 наблюдаются глубокие борозды после прохода чизельных рабочих органов.



а)

б)

Рисунок 7. Фотографии исследований:

а) – МТА из К-701+КОМБИ-6; б) – обработанное поле орудием КОМБИ-6.

На основании выполненных исследований, можно сделать следующий вывод, что для повышения качества основной обработки почвы орудием КОМБИ-6, т.е. снизить глубину борозд и добиться выровненной поверхности поля, необходимо усовершенствовать анализируемый технологический процесс основной обработки почвы и рабочие органы почвообрабатывающего орудия КОМБИ-6.

#### Список литературы

1. Нестеров, Е.С. Разработка технологического процесса и почвообрабатывающего орудия для основной обработки почвы [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.20.01: защищена 24.06.2011 / Нестеров Евгений Сергеевич; [Место защиты: Саратов. гос. аграр. ун-т им. Н.И. Вавилова]. – Саратов, 2011. – 197 с.: ил.
2. Протокол № 08–127–2011 (4010102) приемочных испытаний почвообрабатывающего орудия КОМБИ-6 [Электронный ресурс] Поволжская МИС. – г. Кинель, 2011. – 29 с. – режим доступа: <http://www.povmis.ru>.
3. Сборник агротехнических требований на тракторы и сельскохозяйственные машины [Текст] / ЦНИИТЭИ. – М., 1982. – Т. 30. – 292 с.
4. Чернышкин, В.В. Совершенствование технологического процесса и почвообрабатывающего орудия для основной обработки почвы [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.20.01: защищена 26.12.2013 / Чернышкин Владимир Вячеславович; [Место защиты: Саратов. гос. аграр. ун-т им. Н.И. Вавилова]. – Саратов, 2013. – 153 с.: ил.

Д.О. Семенов, Г.Е. Шардина

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

## ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КАРТОФЕЛЯ, ИХ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО УРОЖАЯ

В статье представлен анализ существующих удобрений применяемых в картофелеводстве, приведены рекомендуемые нормы внесения удобрений, отражено влияние удобрений на урожай и качество картофеля.

**Ключевые слова:** картофель, удобрения, применение, использование, почва, послойное внесение минеральных удобрений.

Сегодняшний мировой уровень конкурентоспособности производимой аграрной продукции на рынке по многим аспектам определяется как показателями качества, так и степенью интенсификации производства. Отсюда возникает необходимость применения наряду с органическими удобрениями и минеральных, без использования которых невозможно достигнуть нужных результатов в производстве картофеля, который является одним из очень требовательных растений по отношению к питательным веществам (азоту, фосфору, калию и другим).[1]

Важная особенность картофеля в том, что его рост продолжается очень долго, причем питательные вещества он берет из почвы в течение всего лета и в больших количествах. Этим отчасти объясняется преимущество для картофеля навозного и органических удобрений, так как питательные вещества в них становятся доступными для использования растением постепенно в течение длительного срока, ведь для обеспечения достойного урожая данной сельскохозяйственной культуры, требуется наличие в почве питательных элементов, не только в достаточном для развития растений количестве, но и в доступном и легкоусвояемом состоянии.

Помимо увеличения количества урожая удобрения сильно влияют на качество картофеля; увеличивают количество крупных клубней в урожае; влияют на содержание в картофеле крахмала.

Органическое удобрение в небольшой дозе - 18 тонн на гектаре при заблаговременном внесении под предшествующие культуры увеличивает процент крахмала. При непосредственном же внесении под картофель в большей дозе - 36 тонн на гектар процент крахмала несколько понижается. Из минеральных удобрений наиболее благоприятно действует на увеличение содержания крахмала фосфорное (Р) удобрение, особенно при ранних сроках уборки картофеля. Вредное действие может оказывать калийное (К) удобрение, если оно внесено в больших дозах и незадолго до посадки. Азотистые удобрения оказывают незначительное влияние на содержание крахмала. Сильно понижает качество картофеля и уменьшает процент крахмала - известь. Вредное действие

известии проявляется в особенности на легких почвах, на которых нередко наблюдается понижение урожая.[2]

Для плодородных, но вместе с тем сильно уплотняемых черноземных и глинистых почв, требуется повышенное внесение органических удобрений и использование мульчирования почвы, а также применения активных почвообрабатывающих орудий, таких как фрезы. В регионах, подобных Саратовской области, где необходимо бережное отношение к имеющейся в почве влаге, применяются вертикальные фрезы, которые частично обеспечивают сохранение нижних влажных слоев на прежней глубине их залегания, что, в свою очередь, снижает скорость испарения влаги из почвы в отличие от горизонтальных фрез, которые поднимают нижние влажные слои на поверхность.[1]

Практикуемое в большинстве хозяйств разбросное внесение РК осенью под зяблевую вспашку, а азотные (N) - весной под перепашку зяби, не имеет преимуществ перед весенним разбросным применением NPK и намного уступает в эффективности локальному внесению NPK. (табл.1).[3]

Таблица 1.- Влияние сроков и способов внесения удобрений на урожай картофеля

Варианты	Урожай клубней ц/га
Без удобрения	134
РК вразброс осенью + N вразброс весной	169
NPK весной вразброс	196
NPK лентами при посадке	225

На легких почвах нечерноземных районов, картофель нуждается во всех трех видах удобрений. В особенности большое значение имеют здесь азотистые и калийные удобрения, фосфор оказывает менее сильное действие.

Калий увеличивает урожай в среднем на 8-12, фосфор на 6-10 центнеров с гектара. Фосфор дает совместно с калием прибавку в урожае на 12-18 центнеров, причем прибавка при совместном удобрении двумя туками значительно устойчивее, надежнее, чем применение их порознь. Самое большое и устойчивое повышение урожаев (25-30 центнеров с гектара) получается при применении одновременно всех трех питательных веществ. При высоком уровне агротехники, хорошей заправке полей органическим веществом в прошлом, в благоприятных условиях погоды увеличение урожаев от применения минеральных удобрений может быть значительно (в 2-3 раза) больше, достигая 75-90 центнеров с гектара.[2]

Как показывают многолетние исследования, наиболее эффективным оказывается прием ленточного комплексного внесения минеральных удобрений. Однако локальное внесение увеличивает риск снижения урожая от чрезмерно высоких доз фосфора, нарушения физиологически нормального соотношения питательных элементов.

В настоящее время разрабатываются машины, которые одновременно с

посадкой, выполняют послойное внесение минеральных удобрений. Использование данных машин в картофелеводстве позволит создать благоприятный питательный режим растений на всем протяжении их вегетации, и отразиться на получении урожая качественного товарного картофеля и рентабельности его производства.

#### **Список литературы:**

1. Семенов, Д.О. Построение фона почвы для возделывания картофеля [Текст] / Д.О. Семенов, Г.Е. Шардина, А.П. Марченко, Е.С. Нестеров // Научное обозрение. – 2016. – № 9. – С. 38 – 39.
2. Сигаркин, С.С. Спутник бригадира по применению удобрений [Текст] / С.С. Сигаркин // 18-я типография треста Полиграфкнига, М.: – 1980 – С. 94 – 102.
3. Способы внесения удобрений. Научные труды ВАСХНИЛ. // М.: «Колос». – 1986. – 224 с.

**А.В. Сибирёв, А.Г. Аксенов**

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства», г. Москва*

## **АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РАБОТЫ МАШИН ДЛЯ ПОДБОРА ЛУКА**

*В статье представлен анализ существующих конструкций технических средств для уборки и подбора лука-севка, отражены основные достоинства и недостатки, а также намечено перспективное направление в разработке рабочих органов лукоуборочных машин, конструкция которых способствует снижению содержания почвенных примесей в товарной продукции лука при его уборке.*

**Ключевые слова:** *лук-севок, уборка, машина для подбора, почвенные примеси, растительные примеси, сепарирующие рабочие органы*

Для соответствия современным агротехническим требованиям, машины для уборки лука оснащаются большим количеством рабочих органов, применяемые машины для механизации процессов уборки лука-севка, отличаются как по назначению, так и по типам применяемых основных рабочих органов, среди которых можно выделить такие как:

- подкапывающие рабочие органы;
- сепарирующие рабочие органы;
- комкоразрушающие рабочие органы;
- транспортирующие рабочие органы.

На уборке лука-севка нашли широкое применение машины, отличающиеся в основном подкапывающими и сепарирующими рабочими органами, при этом, для извлечения луковиц из почвы в основном применяют машины подкапывающего и теребильного типов [1].

В нашей стране основную долю машин, обеспечивающих механизацию уборки лука занимает морально устаревшая техника российского, а также советского производства (ЛКГ-1,4, ЛКП-1,8, МЛС-1,4, и т.д.) и лишь небольшая часть линейки современных машин зарубежного производства таких фирм как «Simon», «Samon», «Imac», «Krukowiak», а также другие фирмы, отличающиеся высокой производительностью и качественными показателями работы машин.

С 1971 года выпускается универсальная лукоуборочная машина ЛКГ-1,4, полунавесная на пропашной трактор тягового класса 1,4 [2, 3].

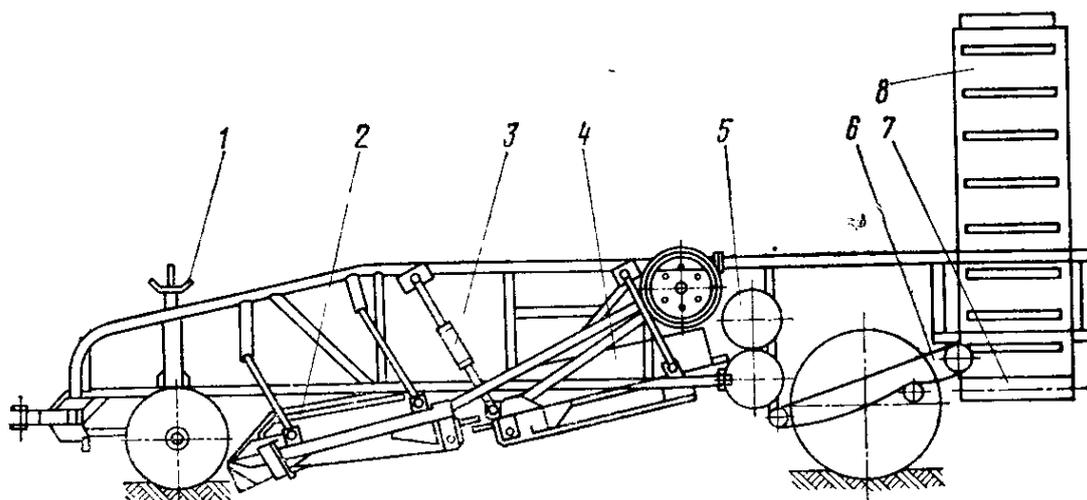


Рисунок 1 – Схема лукоборочной машины ЛКГ-1,4:

- 1 – винтовой механизм регулировки глубины подкапывания; 2 – переднее решето грохота; 3 – регулируемая подвеска; 4 – заднее решето грохота; 5 – комкодавительные баллоны; 6 – продольный элеватор; 7 – поперечный элеватор; 8 – загрузочный транспортер

Она используется при уборке лука, посаженного на гребневой поверхности или на грядах. К основным узлам машины относятся опорные колеса, двухрешетный грохот с лемехом, подвесками и эксцентриковым валом, комкодавитель, продольный и поперечный сепарирующие элеваторы и загрузочный элеваторы. Схожей по конструктивному исполнению с ЛКГ-1,4 является машина ЛКП-1,8, ранее выпускаемая советской промышленностью, которая предназначена для одно- и двухфазной уборки всех сортов лука-репки и лука-севка, возделываемых на ровной и профилированной поверхностях.

В случае однофазной уборки ЛКП-1,8 выкапывает урожай, поднимает почвенный пласт, очищает лук от примесей и грузит его в транспортные средства. При двухфазной уборке урожай сначала выкапывают, частично очищают от примесей и укладывают в валки для просушки. Затем валки поднимают, дополнительно очищают лук от почвенных примесей и грузят в транспортные средства [1, 3].

К основным недостаткам машин данного типа следует отнести неудовлетворительную работу сепарирующих рабочих органов, даже при наличии двух сепарирующих устройств, а также дополнительное травмирование луковиц при взаимодействии с комкодавителем машины.

Отличительной особенностью машины УНИМАШ венгерского завода «Ходгеп», является наличие вальцового очистителя в сочетании с воздушным вентилятором (рисунок 2). Эти рабочие органы обеспечивают в процессе работы практически полное отделение растительных примесей [4, 5].

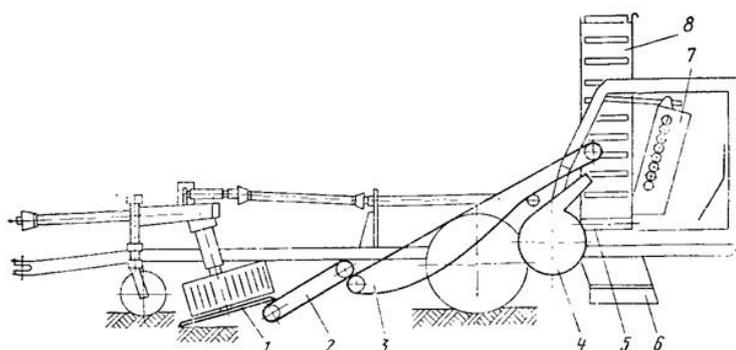


Рисунок 2 – Схема лукоборочной машины УНИМАШ:

1 – подкапывающие диски; 2 – первый прутковый элеватор; 3 – второй прутковый элеватор; 4 – вентилятор; 5 – поперечный ленточный транспортер; 6 – скатный лоток; 7 – вальцовый ботвоотделитель; 8 – загрузочный транспортер

Однако данной машине присущи недостатки в виде неудовлетворительного качества работы подкапывающих дисков, так как с уменьшением глубины подкапывания подрезающих дисков в результате их интенсивного вращательного движения происходит повышение повреждаемости луковиц.

За рубежом применяются машины для прямого комбайнирования лука. Примером является машина фирмы «Парма», отличительной особенностью которой является двухъярусная компоновка рабочих органов [3].

Однако широкое применение элеваторных комбайнов в РФ ограничивается разнообразностью почвенно-климатических условий, коротким периодом уборки и необходимостью проведения послеуборочной обработки. Все данные факторы и некоторые менее значимые снижают экономическую эффективность использования данных лукоборочных машин.

За рубежом на уборке лука широко применяют универсальные корнеклубнеуборочные машины «Амак Д-2», выпускаемые фирмами «Йонге» (Нидерланды), «Дельфос» (Франция), «Бенедикт» (Великобритания), машины фирм «Хестайр Харвестер», «Кей Агрикультурал» (Великобритания), модификация картофелеуборочного комбайна ДС-80 фирмы «Гримме» (Германия).

Представляет интерес навесной итальянский копатель-валкоукладчик «Vibro», который позволяет работать на минимально допустимой глубине и подрезать корни луковиц зубчатым ножом, колеблющимся в поперечном направлении на глубине до 7 см, и тем самым подрезая корни луковиц.

К недостаткам машины итальянского производства относится низкий показатель надежности выполнения процесса подбора лука, который составляет 0,86 ед, что ниже на 0,12 ед по сравнению с агротехническими требованиями.

Французская фирма «Simon» выпускает машину для подбора лука из валков [6], который осуществляет подбор лука путем его захвата между двух транспортеров (рисунок 3). Расположенный в верхней части транспортер с резиновыми захватами подбирает лук с рядка и загружает его на приемный транспортер. Данная технология гарантирует более качественную уборку лука, чем при использовании поролонового ролика. Подборщики лука фирмы «Simon»

позволяют регулировать скорость движения транспортера и интенсивность встряхивания, что снижает степень повреждения убираемой продукции.



А)

Б)

Рисунок 3 – Подборщик лука французской фирмы «Simon»:  
А – общий вид подборщика лука; Б – подбирающий транспортер

Российский рынок машин для уборки лука представлен также польской фирмой «Krukowiak» (рисунок 4), которая также как и голландская фирма «Samon» производит полный комплекс машин для уборки лука, от ботвоудалителей до машин для подбора лука.



Рисунок 4 – Подборщик лука Z-437 польской фирмы «Krukowiak»

По конструктивному исполнению машина для подбора луковиц Z-437 польского производства идентична подборщику лука французской фирмы «Simon» с разницей только лишь в приемной части подборщика, исключая наличие у производителей машин данных фирм в конструкции подбирающего лемеха [6]. Что и является недостатком данных машин, который приводит к существенным потерям луковиц.

Для механизированного процесса подбора лука в России широко используются машины голландской фирмы «Samon», которые в зависимости от почвенно-климатических условий уборки и оборудуются рабочими органами в виде: четырехгранного вала, лемеха, диска, глубину подкапывания которых регулируют использованием гидравлического привода (рисунок 5).



Рисунок 5 – Подборщик лука голландской фирмы «Samon»

Битер, установленный над выкапывающим рабочим органом (лемех, вал, диск) подает лукопочвенную массу на прутковые элеваторы. Решетчатые грохоты снабжены механическими регулируемые встряхивателями [7].

Луковицы, сходя с элеваторов укладываются валкообразователем в валок на поверхность поля, подготовленную пассивным прикатывающим катком, установленным под элеватором и который создает оптимально плоскую гряду, для облегчения операции подбора валка. Для повышения качества очистки лука на внешней стороне копалки установлен регулятор интенсивности встряхивания. Одной из последних российских разработок в области механизации уборки лука является копатель-подборщик лука КПЛ-1 [3].

К основным недостаткам данной машины следует отнести неудовлетворительную систему сепарации почвенно-растительных примесей, в связи с чем, при подборе лука на тяжелых по физико-механическому составу почвах количество почвенных примесей в товарной продукции доходит до 30%. К современным лукоуборочным машинам, выпускаемым на всем постсоветском пространстве и в странах СНГ является машина для уборки лука-севка МУЛС-1,4 (рисунок 15), разработанная в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» [8]. Машина убирает лук-севок как при однофазной уборке (подкапывание с погрузкой в транспортное средство), так и при двухфазной (подкапывание с укладкой на прикатанную поверхность поля и последующим подбором, и погрузкой в транспортное средство). МУЛС-1,4 дополнительно комплектуется сепарирующими элеваторами для уборки репчатого лука. Хорошо работает на легких суглинках и супесчаных почвах влажностью до 18%, имеет ширину захвата 1,2 м и агрегируется с тракторами класса 1,4 [9].

Анализ конструктивных исполнений и решений машин для уборки и подбора лука показал, что их разновидность является результатом сочетания различных комбинаций подкапывающих, сепарирующих и вспомогательных органов, предназначенных для выполнения основных технологических операций. В результате чего, выбор той или иной машины для уборки лука осуществляется, исходя из особенностей почвенных (тип и механический состав почвы) и погодных (температура, влажность, количество осадков и др.) условий, назначения готовой продукции (продовольственная, семенная, на переработку; для непосредственной реализации или для длительного хранения), объемов

производства и материальных возможностей предприятия. Также, из анализа лукоуборочных машин следует вывод о том, что, несмотря на насыщение машин сепарирующими рабочими органами различного исполнения, эффективность их работы не всегда отвечает агротехническим требованиям, в связи с чем, в товарной продукции лука содержатся почвенно-растительные примеси, что определенным образом сказывается на его хранении и реализационной способности.

Следовательно, необходимо создание новых научно обоснованных принципов построения конструктивных схем технических средств, позволяющих значительно уменьшить содержание в товарной продукции почвенно-растительных примесей.

В перспективе для лукоуборочных машин за основу для исследований и дальнейшего совершенствования конструкций данной машины следует принять ее подкапывающую часть, так как именно на этапе подбора луковиц происходит захват трудноотделимых на сепарирующих органах почвенно-растительных примесей. Что позволит значительно снизить материалоемкость конструкции уборочной машины и энергоемкость процесса уборки лука, в результате предварительной сепарации почвенно-растительных примесей уже на подкапывающих, а не на сепарирующих рабочих органах лукоуборочной машины.

#### Список литературы:

1. Ларюшин, А.М. Энергосберегающие технологии и технические средства для уборки лука: дисс. ... д-ра. техн. наук / А.М. Ларюшин. – Пенза, 2010. – 426 с.
2. Ларюшин, Н.П. Научные основы разработки комплекса машин для уборки и послеуборочной обработки лука: дисс. ... д-ра. техн. наук / Н. П. Ларюшин. – Рязань, 1996. – 350 с.
3. Протасов, А.А. Совершенствование технологических процессов и технических средств для уборки лука: дисс. ... д-ра. техн. наук / А.А. Протасов. – Саратов, 2005. – 355 с.
4. Шардина, Г.Е. Совершенствование технологического процесса машинной уборки лука-репки с обоснованием рабочего органа для активного предуборочного рыхления междурядий: дисс. ... канд. техн. наук / Г.Е. Шардина. – Саратов, 2000. – 168 с.
5. Рейнгарт, Э.С. Обоснование параметров и разработка машин для уборки корнеплодов и лука: дисс. ... д-ра. техн. наук / Э.С. Рейнгарт. – Москва, 1995. – 350 с.
6. <http://www.lbr.ru>.
7. <http://www.samon.nl>.
8. <http://belagromech.by>.
9. Мосяков, М.А. Комбинированный почвообрабатывающий агрегат для основной и предпосевной обработки почвы / М.А. Мосяков, В.Н. Зволинский // Сельскохозяйственные машины и Технологии, ISSN 2073-7599. – 2015, №6, с. 30-35.

*Сибирёв Алексей Викторович, старший научный сотрудник лаборатории «Механизация овощеводства», канд. техн. наук,*

*Аксенов Александр Геннадьевич, заведующий лабораторией «Механизация овощеводства», канд. техн. наук*

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства», г. Москва*

А.С.Старцев, Е.Е.Демин, А.С.Данилова

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов

### ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСЫПАЕМОСТИ КОРЗИНОК ПОДСОЛНЕЧНИКА ОТ СКОРОСТИ УДАРА КОРЗИНКИ И СТЕБЛЯ О ШНЕК-МОТОВИЛО

Корзинки подсолнечника по мере созревания изменяют свою форму и становятся более выпуклыми, в связи с чем сила сцепления семянки с трубчатой частью цветоложа ослабевает.

Целью эксперимента являлось определение влияния величины диаметра трубного вала и трубного вала с навивкой на осыпаемость семян подсолнечника, а также влияния ускорения движения корзинки  $w_{корз}$  на величину потерь семян.

Для определения зависимости ускорения движения корзинки  $w_{корз}$  от осыпаемости семян была изготовлена экспериментальная установка (рис. 1), в которой закреплялись специальные фрагменты трубного вала и трубного вала с навивкой, имеющие разные диаметры.

Лабораторная установка состояла из основания 1, к которому жестко крепились упоры 2 основания, также жестко сопряженные со стойками 3. Стойки 3 верхними концами соединялись перемычкой 4, в центре которой шарнирно подвешивали трубу 5 с расширенным участком 6, в который вставляли фрагмент 7 стебля подсолнечника с корзиной.

Стойки 3 в нижней части соединялись осью 9 с установленным на ней фрагментом 8 трубного вала мотвила. Ось 9 прикреплена к стойкам 3 с помощью хомутов 10, позволяющих перемещать фрагмент трубного вала вертикально по стойкам в зависимости от вида удара о него корзинки или стебля.

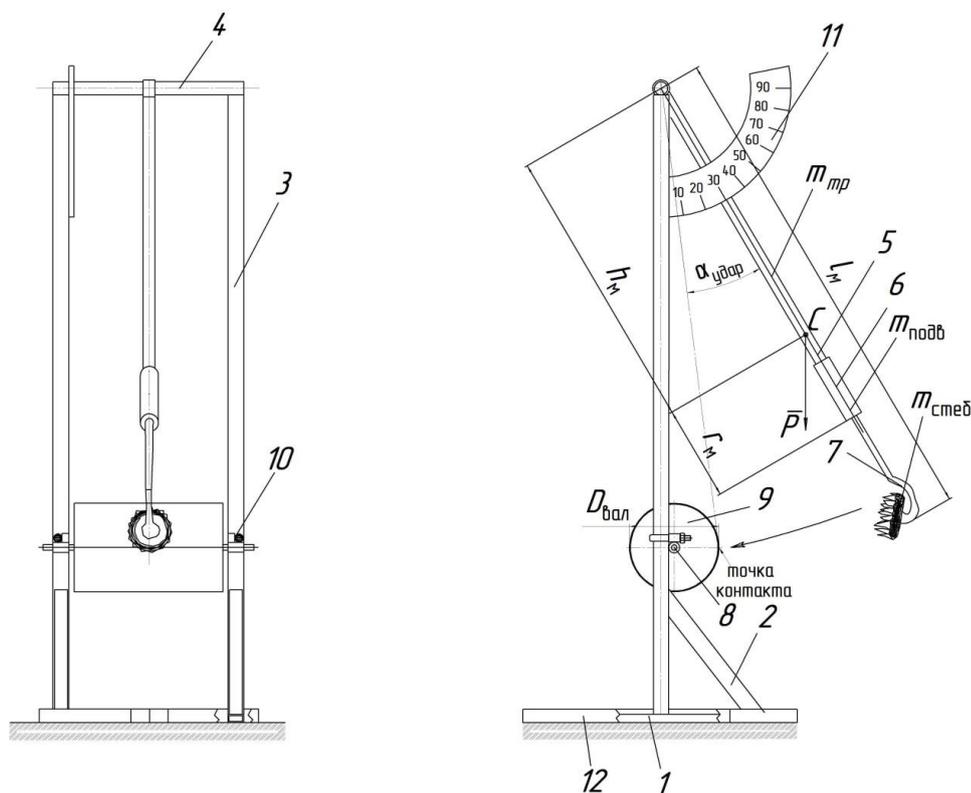


Рисунок. 1. Экспериментальная установка:

1 – основание; 2 – упор основания; 3 – стойка; 4 – перемычка; 5 – труба; 6 – участок трубы; 7 – фрагмент части растения; 8 – фрагмент трубного вала мотовила; 9 – ось крепления; 10 – хомут; 11 – градуированный сектор; 12 – лоток;  $C$  – центр тяжести маятника;  $h_m$  – расстояние от точки вращения до центра тяжести маятника;  $\bar{P}$  – сила тяжести маятника;  $l_m$  – приведенная длина физического маятника;  $r_m$  – радиус инерции относительно оси, проходящей через центр тяжести

Для точного обозначения отклонения подвеса служил градуированный сектор 11, установленный в верхней части стойки 3. Сбор осыпавшихся семян в результате контакта части растения с фрагментом трубного вала мотовила производился в лоток 12, в котором находилось основание 1 установки.

Целью лабораторных экспериментов являлось исследование зависимости осыпаемости семян от скорости движения комбайна (величина отклонения подвеса) и диаметра трубного вала шнека-мотовила.

За критерий принимали величину осыпаемости семян, которую выражали в шт. и процентном отношении ( $y$ ) к биологической урожайности [6, 8].

Основные факторы – диаметр фрагмента трубного вала мотовила  $D_{вал}$  ( $x_1$ ) и угол отклонения подвеса  $\alpha$  ( $x_2$ ).

Назначали 5 уровней варьирования:

– 0,32 м; 0,32 м с витком шнека  $H_{вит} = 0,15$  м; 0,38 м; 0,44 м; 0,5 м.

Общая длина подвеса с фрагментом растения составляла 0,164 м.

Масса подвеса – 2753 г.

Предварительные исследования, которые проводили при  $D_{вал} = 0,3$  м и угле отклонения  $\alpha = 40^\circ$  показали, что в 3 случаях из 10 наблюдался излом стебля при

его контакте с фрагментом трубного вала мотовила. Поэтому исследования фрагментов трубного вала мотовила проводили, начиная с  $D_{\text{вал}} = 0,32$  м [7].

Для назначения уровней варьирования угла отклонения  $\alpha$  ( $x_2$ ) была разработана математическая модель перевода угла отклонения  $\alpha$  в линейную скорость движения комбайна.

Очевидно, что разработанную лабораторную установку можно рассматривать как физический маятник, нижняя точка которого ударяется о трубный вал мотовила (см. рисунок 1).

В точке удара о трубу угол подвеса с вертикалью составит [2]:

$$\alpha_{\text{удар}} = \arcsin\left(\frac{D_{\text{вал}}}{2l_{\text{м}}}\right), \quad (1)$$

где  $\alpha_{\text{удар}}$  – угол подвеса с вертикалью в точке удара, рад;

$D_{\text{вал}}$  – диаметр трубного вала, о который происходит удар, м;

$l_{\text{м}}$  – приведенная длина физического маятника (длина подвеса), м.

Дифференциальные уравнения колебаний физического маятника в зависимости от силы тяжести:

$$I_{\text{м}} \frac{d^2\alpha_{\text{удар}}}{dt^2} = mgh_{\text{м}} \sin(\alpha_{\text{удар}}); \quad (2)$$

$$l_{\text{м}} \frac{d^2\alpha_{\text{удар}}}{dt^2} = g \sin(\alpha_{\text{удар}}), \quad (3)$$

где  $I_{\text{м}}$  – момент инерции маятника относительно оси, проходящей через точку подвеса, кг·м<sup>2</sup>;

$m$  – суммарная масса подвеса, кг;

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

$h_{\text{м}}$  – расстояние от точки подвеса до центра тяжести маятника, м;

$l_{\text{м}}$  – приведенная длина подвеса, м.

Суммарная масса подвеса составит:

$$m = m_{\text{тр}} + m_{\text{подв}} + m_{\text{стеб}}, \quad (4)$$

где  $m_{\text{тр}}$  – масса подвеса 5 (см. рисунок 1), кг;

$m_{\text{подв}}$  – масса участка 6 подвеса, кг;

$m_{\text{стеб}}$  – масса стебля с корзинкой, кг.

Массу стебля  $m_{\text{стеб}}$  для проведения испытаний принимали равной 0,730 кг с отклонением  $\pm 0,020$  кг.

Решение уравнений (2) и (3) будет иметь вид [1, 5]:

$$l_M = \frac{I_M}{mh_M} = \frac{m(r_M^2 + h_M^2)}{mh_M} = \frac{r_M^2}{h_M} + h_M, \quad (5)$$

где  $r_M$  – радиус инерции маятника относительно оси, проходящей через центр тяжести, м;

$$r_M = \sqrt{\frac{I_c}{m}} = \sqrt{\frac{\rho l_M I_M}{m}} = \sqrt{\frac{\rho l_M \frac{m(r_1^2 + r_2^2)}{2}}{m}} = \sqrt{\frac{\rho l_M (r_1^2 + r_2^2)}{2}}, \quad (6)$$

где  $\rho$  – суммарная плотность подвеса (т.к. плотность стали, из которой изготовлен подвес, значительно превышает плотность стебля подсолнечника, считаем суммарную плотность равной плотности стали) кг/м<sup>3</sup>;  $\rho = 7850$  кг/м<sup>3</sup>;

$$r_M = 1,588 \text{ м};$$

$r_1$  и  $r_2$  – внутренний и внешний радиусы трубы, м.

Уравнения (2) и (3) аналогичны уравнению колебаний математического маятника длиной  $l_M$ . Преобразуем их к виду:

$$l_M \frac{d^2 \alpha_{\text{удар}}}{dt^2} = -g \sin(\alpha_{\text{удар}}); \quad (7)$$

$$l_M \frac{\left( \frac{d\alpha_{\text{удар}}}{dt} \right)}{\left( \frac{d\alpha_{\text{удар}}}{dt} \right)} \frac{d^2 \alpha_{\text{удар}}}{dt^2} = -g \sin(\alpha_{\text{удар}}); \quad (8)$$

$$l_M \frac{d\alpha_{\text{удар}}}{dt} \cdot \frac{d^2 \alpha_{\text{удар}}}{dt^2} dt = -g \sin(\alpha_{\text{удар}}) d\alpha_{\text{удар}}. \quad (9)$$

Линейная скорость равна произведению угловой скорости точки на расстояние от центра вращения до этой точки. Следовательно, в момент удара линейная скорость будет равна [2]:

$$v_{\text{удар}} = l_M \frac{d\alpha}{dt} = 2\sqrt{gl_M} \sqrt{\sin^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) - \frac{1 - \sqrt{1 - \left(\frac{D_{\text{вал}}}{2l_M}\right)^2}}{2}}. \quad (10)$$

Учитывая полученные значения углов и диаметров и задавшись технологически возможной скоростью движения комбайна при уборке подсолнечника, составили таблицу зависимости потерь семян от скорости удара.

Из таблицы следует, что максимальным углом отклонения подвеса будет являться угол  $\alpha$ , равный 90°. Очевидно, что скорость 6,39 м/с (23,06 км/ч) технологически невозможна для уборки подсолнечника, но для полноценности

эксперимента можно оставить данный уровень варьирования. Таким образом, уровни варьирования отклонения угла подвеса  $\alpha$  ( $x_2$ ) составят от 10 до 90 град.

Таблица. Скорость удара корзинки и стебля о фрагмент трубного вала

Угол отклонения подвеса $\alpha$		Диаметр $D_{\text{вал}}$ , м				
		трубного вала с навивкой	трубного вала без навивки			
град.	рад	0,32	0,32	0,38	0,44	0,5
10	0,17453	0,71	0,71	0,68	0,63	0,58
20	0,34906	1,54	1,54	1,52	1,50	1,48
30	0,52359	2,32	2,32	2,31	2,30	2,29
40	0,69813	3,08	3,08	3,08	3,07	3,06
50	0,87266	3,82	3,82	3,81	3,80	3,80
60	1,04719	4,52	4,52	4,52	4,51	4,50
70	1,22173	5,19	5,19	5,19	5,18	5,18
80	1,39626	5,82	5,82	5,82	5,81	5,81
90	1,57079	6,41	6,41	6,40	6,40	6,39

В ходе эксперимента были получены данные о потерях семян в результате удара стебля и корзинки подсолнечника о трубный вал и времени отбрасывания корзинки  $t_{\text{отбр}}$ .

Ускорение движения корзинки  $w_{\text{корз}}$  зависит от скорости отбрасывания ее  $v_1$  от трубного вала мотовила после удара (рис. 2), которую определяли при угле  $\beta$ .

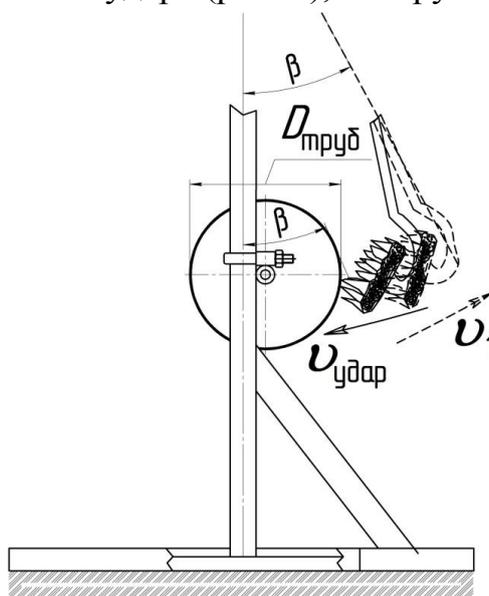


Рисунок 2. К определению скорости отбрасывания корзинки от трубного вала мотовила  $v_1$

Скорость отбрасывания корзинки  $v_1$  [2, 3]

$$v_1 = 2\sqrt{gl_M} \sqrt{\sin^2\left(\frac{\beta}{2}\right) - \frac{1 - \sqrt{\left(\frac{D_{\text{вал}}}{2l_M}\right)^2}}{2}}, \quad (11)$$

где  $\beta$  – угол, на который происходит отбрасывание корзинки, рад.

Коэффициент восстановления

$$k = \frac{v_1}{v_{\text{удар}}}. \quad (12)$$

Ускорение движения корзинки

$$w_{\text{корз}} = \frac{v_1 + v_{\text{удар}}}{t_{\text{отбр}}} = \frac{v_{\text{удар}}(1+k)}{t_{\text{отбр}}}, \quad (13)$$

где  $t_{\text{отбр}}$  – момент времени, за который происходит отбрасывание корзинки, с.

Эксперимент проводили следующим образом. Фрагмент 7 стебля подсолнечника (см. рис. 3) плотно вводили в расширенный участок б подвеса с таким расчетом, чтобы в момент контакта (удара) корзинка или часть стебля соприкасалась с центральной точкой фрагмента 8 трубного вала мотовила.

Подвес отклоняли на определенный градуированным сектором угол, фиксировали в заданном положении и отпускали (рис. 3).



Рисунок 3. Проведение лабораторных опытов по исследованию осыпаемости семян подсолнечника

Определяли угол отбрасывания корзинки  $\beta$  от поверхности трубного вала мотовила за момент времени  $t_{\text{отбр}}$ , который фиксировался секундомером.

Исследования проводили в трех возможных положениях корзинки и стебля при контакте с рабочими органами мотовила:

- а) соприкосновение с трубным валом мотовила выпуклой частью;
- б) соприкосновение с трубным валом мотовила при повороте корзинки на  $90^\circ$  (контакт боковой частью);
- в) контакт трубного вала мотовила с верхней частью стебля.

Снижение потерь семян подсолнечника  $\xi_{корз}$ ,  $\xi_{корз90}$ ,  $\xi_{стеб}$  при контакте корзинок или стебля с витком шнека-мотовила объясняется тем, что наличие навивки позволяет уменьшить ускорение движения корзинок  $w_{корз}$ , вследствие чего происходит смягчение удара о поверхность трубного вала.

Технологически корзина сначала ударяется о виток навивки, в результате чего кинематическая энергия удара гасится. После этого происходит ее удар о поверхность трубного вала мотовила, но с меньшей силой.

По данным таблицы 1 методом наименьших квадратов [3, 4, 6] были получены уравнения полиномов зависимости потерь семян от ускорения столкновения корзинок и стебля подсолнечника с рабочими органами мотовила с навивкой и без навивки. На основании уравнений построили графические зависимости потерь семян  $\xi$  от ускорения движения корзинок  $w_{корз}$  (рис. 4–6).

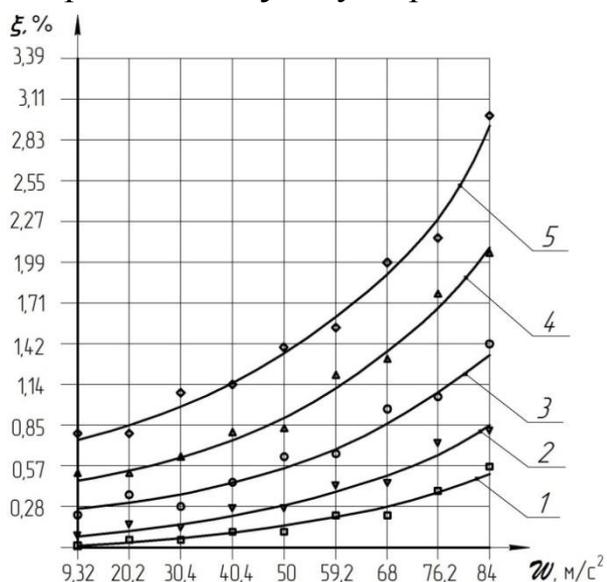


Рисунок 4. Зависимость потерь семян подсолнечника на  $1м^2$   $\xi$ , %, от ускорения движения корзинок  $w_{корз}$ ,  $м/с^2$ , при ударе ее о трубный вал мотовила

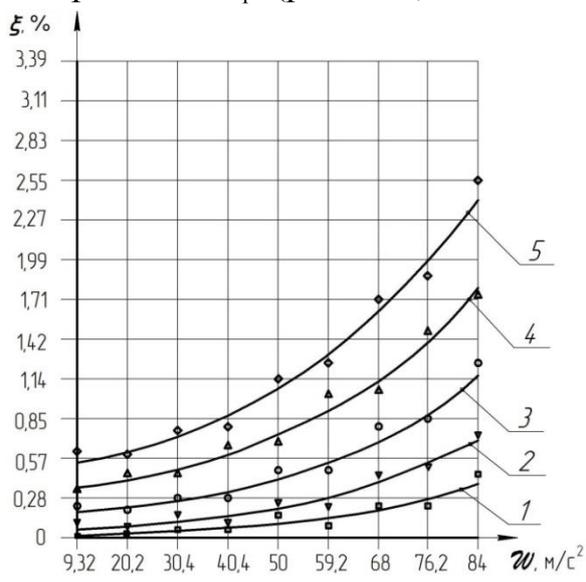


Рисунок 5. Зависимость потерь семян подсолнечника на  $1м^2$   $\xi$ , %, от ускорения движения корзинок  $w_{корз}$ ,  $м/с^2$ , при ударе ее о трубный вал мотовила с поворотом на  $90^\circ$

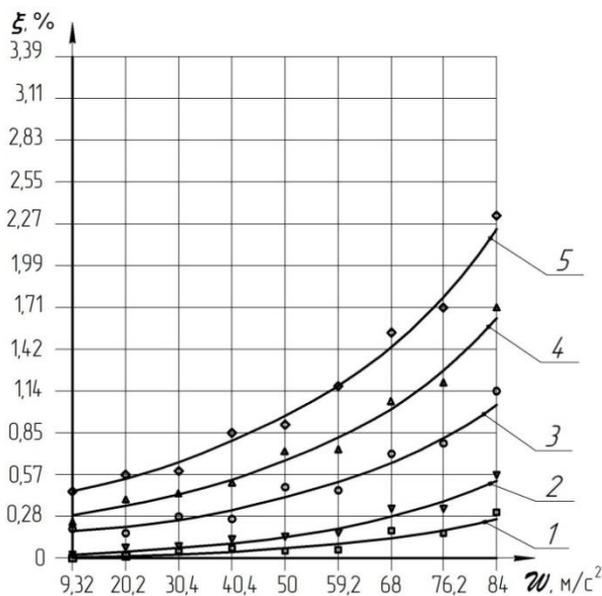


Рисунок 6. Зависимость потерь семян подсолнечника на  $1\text{ м}^2 \xi, \%$ , от ускорения движения корзины  $w_{\text{корз}}, \text{ м/с}^2$ , при ударе стебля о трубный вал мотвила

В рисунках 4, 5, 6 – 1 – трубный вал мотвила  $\varnothing 0,32$  м с витком шнека шириной  $H_{\text{вит}} = 0,15$  м; 2 – трубный вал мотвила  $\varnothing 0,32$  м без навивки; 3 – трубный вал мотвила  $\varnothing 0,38$  м без навивки; 4 – трубный вал мотвила  $\varnothing 0,44$  м без навивки; 5 – трубный вал шнека-мотвила  $\varnothing 0,5$  м без навивки. Штучные потери семян переводили в процентные значения от биологической урожайности [7].

Зависимости были построены в графическом редакторе Advanced Grapher путем внесения в программу данных о потерях семян подсолнечника в зависимости от диаметра фрагмента трубного вала мотвила и угла отклонения подвеса. Данные экспериментальные зависимости описываются соответствующими уравнениями регрессии.

При ударе корзины о трубный вал мотвила уравнения имеют вид:

$$1. Y(x) = 0,2375592 \exp^{0,0033576x} \quad (14)$$

$$2. Y(x) = 0,2017583 \exp^{0,0023895x} \quad (15)$$

$$3. Y(x) = 3,4465902 \exp^{0,00175x} \quad (16)$$

$$4. Y(x) = 6,6306162 \exp^{0,0014904x} \quad (17)$$

$$5. Y(x) = 10,9661856 \exp^{0,0012996x} \quad (18)$$

Как показывают зависимости, с уменьшением диаметра трубного вала  $D_{\text{вал}}$  потери семян подсолнечника снижаются. При его уменьшении с 0,5 до 0,32 м потери семян снижаются с 1,12 до 0,28 % при  $\alpha_{\text{откл}} = 30^\circ$ . Кроме того, уменьшение потерь семян наблюдается и при контакте корзины с навивкой шнека-мотвила. В сравнении с фрагментом трубного вала  $D_{\text{вал}} = 0,32$  м эти потери ниже в среднем на 15 %.

Снижение потерь от контакта с навивкой наблюдается при каждом шаге варьирования угла отклонения.

При ударе корзины о трубу с поворотом на  $90^\circ$ :

$$1. Y(x) = 0,5604191 \exp^{0,0021798x} \quad (19)$$

$$2. Y(x) = 0,920262 \exp^{0,0023235x} \quad (20)$$

$$3. Y(x) = 2,8564989 \exp^{0,0023235x} \quad (21)$$

$$4. Y(x) = 5,169908 \exp^{0,0015687x} \quad (22)$$

$$5. Y(x) = 7,6389084 \exp^{0,0014954x} \quad (23)$$

При ударе стебля о трубу:

$$1. Y(x) = 0,5765151 \exp^{0,0017647x} \quad (24)$$

$$2. Y(x) = 0,7457632 \exp^{0,0022760x} . \quad (25)$$

$$3. Y(x) = 2,1644206 \exp^{0,0019454x} . \quad (26)$$

$$4. Y(x) = 3,9368855 \exp^{0,0017623x} . \quad (27)$$

$$5. Y(x) = 6,4074361 \exp^{0,0015819x} . \quad (28)$$

Однако с увеличением ускорения движения корзинок  $w_{\text{корз}}$  потери семян при контакте с навивкой шнека-мотовила увеличиваются.

Таким образом, при использовании шнека-мотовила следует придерживаться снижению ускорения движения корзинок  $w_{\text{корз}}$ .

#### Список литературы:

1. *Бронштейн, И. Н.* Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. – М. : Наука, 1981. – 723 с.
2. *Выгодский, М. Я.* Справочник по элементарной математике / М. Я. Выгодский. – М. : Астрель, 2006. – 509 с.
3. *Кендалл, М.* Многомерный статистический анализ и временные ряды: пер. с англ. Э. Л. Пресмана и В. И. Ротаря / М. Кендалл, А. Стьюарт – М. : Наука, 1976. – 736 с. : ил.
4. *Кочетков, Е. С.* Метод наименьших квадратов : учеб. пособие / Е. С. Кочетков. – М. : Изд-во МАИ, 1993. – 86 с.
5. Курс высшей математики. т.1 / В.Г. Зубков [и др.]. – М. : МИИР, 2007. – 440 с.
6. Однофакторный дисперсионный анализ при группировке исходных данных по повторениям и вариантам: программа / Е.В. Труфляк, В.С. Кравченко, В.А. Тюриков // Свид. № 2005612545 – М.: Роспатент, 2005.
7. *Старцев, А.С.* Результаты лабораторно-полевых опытов по изучению осыпаемости корзинок подсолнечника в зависимости от ускорения их движения / А. С. Старцев // – Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию каф. с.-х машин агроинженер. фак-та Воронежского гос. аграр. ун-та им. Петра I / ФГБОУ ВО «Воронежский ГАУ». – Воронеж, 2015. – С. 299–309.
8. *Труфляк, Е.В.* Методика выбора количества повторностей при проведении экспериментальных исследований / Е.В. Труфляк, И.С. Труфляк, В.С. Кравченко, И.А. Гончарова // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №04(38). – 6 с. – Шифр Информрегистра: 0420800012\0045.–Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/04/pdf/04.pdf>.

**А.С.Старцев, А.А. Куньшин**

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов

### **МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБМОЛОТА ПОДСОЛНЕЧНИКА**

Подсолнечник является основной масличной культурой в нашей стране. На его долю приходится до 70% посевных площадей от всех масличных культур, до 80% валового сбора семян и 90% выработки растительного масла [1]. Однако, существующие молотильно-сепарирующие устройства, зачастую, не позволяют качественно обмолачивать корзинки подсолнечника. Что приводит к порче ядра травмируемой семянки подсолнечника [3]. В результате, ядро теряет вкусовые качества (становится горьким). Кроме того, поврежденная семянка способна влиять на качество хранения других семян, расположенных рядом, что снижает качество конечного продукта переработки семян – подсолнечное масло.

Для снижения количества травмируемых семян подсолнечника при обмолатке корзинок было разработано молотильно-сепарирующее устройство для подсолнечника [2].

Молотильно-сепарирующее устройство состоит из молотильного барабана 1 (рис. 1), вала молотильного барабана 2, крайних дисков со ступицей 3, промежуточных дисков 4, промежуточного диска со ступицей 5, подбичников 6, крайних неподвижных участков бича 7, жестко закрепленным к подбичникам 6 посредством специальных рифленых болтов 8 и гаек 9, подвижных частей бича 10 с кронштейнами 11, шарнирно сопряженными с пружинными шпильками 12 и 13. Причем, пружинные шпильки 12, крепятся непосредственно к крайним и промежуточным дискам молотильного барабана 3, 4 и 5 через подбичник 6 и проставку 14, жестко закрепленную на крайних и промежуточных дисках молотильного барабана, посредством шайб 15, пружинных шайб 16, регулировочных гаек 17. Пружинные шпильки 13 крепятся непосредственно к проставке 14 при помощи шайб 18, пружинных шайб 19, регулировочных гаек 20.

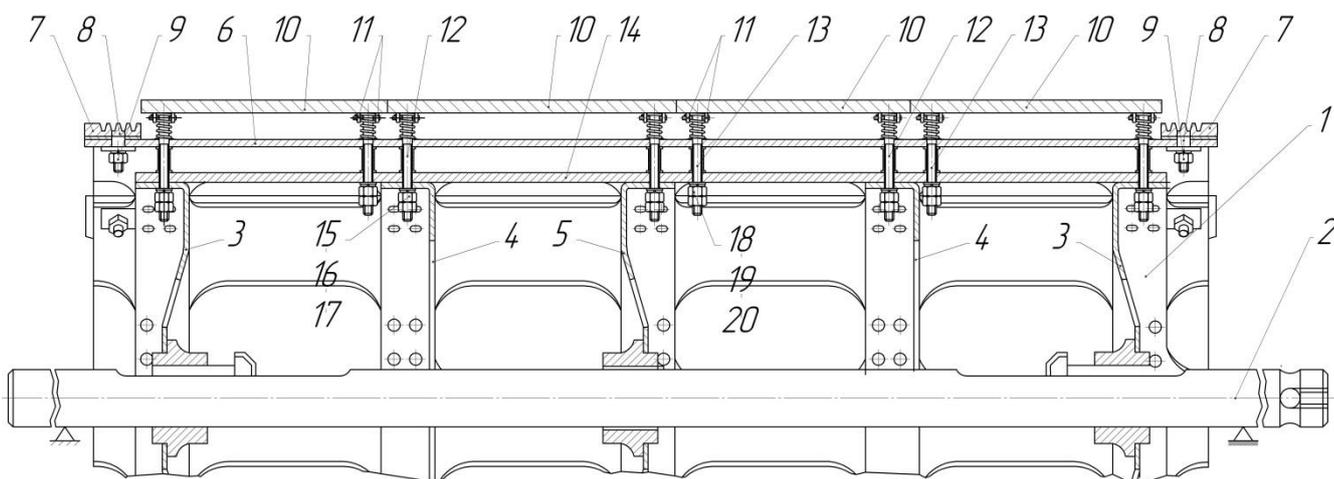


Рисунок 1. Молотильно-сепарирующее устройство для обмолота подсолнечника

Промежуточный диск со ступицей 5 (рис. 2) оснащен подбичником 6, с подвижным участком бича 10, с кронштейнами 11, пружинной шпилькой 12, закрепленной одним концом к промежуточному диску со ступицей 5 через проставку 14, посредством шайбы 15, пружинной шайбы 16 и регулировочных гаек 17. Регулировочная гайка 17 состоит из шпильки 20, пружины 21, прилегающей одним концом к внутренней стороне подвижного участка бича 10, а другим концом упирающейся в шайбу 22, втулки 23, установленной враспор между подбичником 6 и проставкой 14, сопряженная с подвижным участком бича 10 посредством пальца 24 через кронштейны 11 и отверстие в шпильке 25 при помощи шплинта 26.

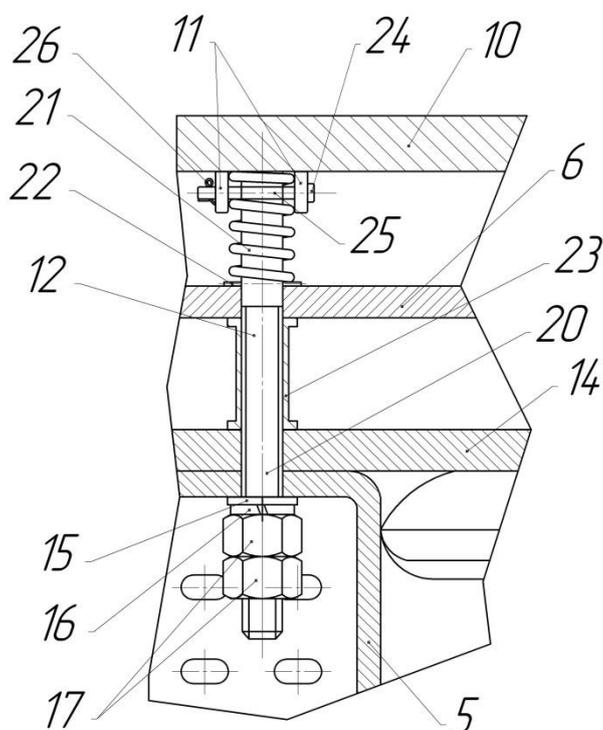


Рисунок 2. Пружинная шпилька

Обмолачиваемая масса подается в пространство между декой (подбарабаньем), крайними неподвижными участками бичей 7 и подвижными участками бичей 10 неравномерно по своей плотности – на некоторых участках скопление корзинок больше или корзинки имеют большие размеры.

Подвижные участки бичей 10 в момент контакта с корзинкой смещаются в осевом направлении к центру молотильного барабана 1, сжимая плотно прилегающие к внутренним поверхностям подвижных участков бичей 10 пружинами 21, которые сжимаются. При этом, шпильки 20 пружин также смещаются в осевом направлении к центру молотильного барабана 1. Смещение подвижного участка бича 10 за счет пружинных шпилек 12 и 13 может происходить не параллельно оси молотильного барабана 1 – в том месте участка, где плотность обмолачиваемой массы больше, больше будет происходить смещение, и наоборот. Что позволит избежать травмируемости семян при обмолоте.

Одновременно с этим, подвижные участки бичей 11 поворачиваются вокруг осей пальцев 24. При этом происходит вымолот корзинок без дробления семян, так как затяжка пружин пружинных шпилек 12 и 13 произведена с учетом усилия дробления, и возможность жесткого контакта бича с корзинкой, при котором может произойти дробление семян, на подвижном участке бича 10 исключается. Кроме того, за счет поворота подвижного участка бича 10 вокруг оси крепления к пружинным шпилькам 12 и 13 увеличится площадь контакта бича с корзинкой, что повысит качество обмолота.

Корзинка подсолнечника под воздействием подвижных участков бичей 10 и неподвижных участков бичей 7 перемещается дальше по поверхности деки. Как только контакт подвижного участка бича 10 с корзинкой прекращается, подвижные участки бичей 10 под воздействием пружин, плотно прилегающих к их внутренним поверхностям, возвращаются в свое исходное положение – разворачиваются относительно осей своих пальцев 24 и разжимаются в осевом направлении от центра молотильного барабана 1.

#### **Список литературы:**

1. Биология, селекция и возделывание подсолнечника / О. Н. Тихонов [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1991. – С. 195–197.
2. Пат № 2460273 Российская Федерация, МПК А01F 11/00; А01F 12/18. Молотильно-сепарирующее устройство для подсолнечника / Волосевич Н. П., Старцев А. С., Мусацков Н. М. – № 2011112540/13; заявл. 01.04.2011; опубл. 10.09.2012, Бюл. № 25.
3. *Старцев, А.С.* Сравнительная оценка молотильно-сепарирующих устройств в процессах обмолота подсолнечника // А. С. Старцев, Н. М. Мусацков // Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 80-летию со дня рождения профессора В. Г. Кобы / ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2011. – С. 215–220.

**А.С.Старцев, Е.Н.Чернова**

*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов*

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ВЫРАЖЕНИЕ ДЛЯ ПРОВИСАНИЯ ПОДВИЖНОЙ ЛЕНТЫ КЛЕТКИ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ТЕЛЯТ**

Для обеспечения комфортного содержания телят целесообразно, чтобы разрабатываемая конструкция клетки отвечала следующим требованиям:

- пол клетки должен быть сплошным, с поверхностью, исключающей вероятность травмирования копыт телят;
- очистка и дезинфекция пола клетки должны исключать ручной труд. При этом расход дезинфицирующей жидкости должен быть минимальным.
- для своевременной очистки и дезинфекции пола, клетка должна быть оснащена датчиками контроля загрязненности;
- для обеспечения движения теленка без изъятия его из клетки, пол клетки следует выполнить подвижным.

Клетку рекомендуется разместить в коровнике или телятнике в зависимости от структуры животноводческого предприятия.

С учетом вышеизложенных требований на кафедре «Процессы и сельскохозяйственные машины в АПК» Саратовского ГАУ была разработана конструкция клетки для содержания телят [3; 4].

Клетка состоит из рамы 1, сопряженной посредством болтовых соединений с рамой подвижной ленты 2 (рис. 1). На раме подвижной ленты 2 установлена подвижная лента 3, привод которой осуществляется посредством электродвигателя 4 через ведущий и ведомый шкивы 5 и 6, и ремня 7. Движение подвижной ленты 3 происходит через натяжные ролики 8. Для очистки подвижной ленты 3 от экскрементов телят к раме клетки 1 на шпильках 9 установлена рамка 10, к которой закреплен скребок очищающий 11. Смыв остатков экскрементов после очистки подвижной ленты скребком очищающим 11 производится моечной установкой 12 через трубопровод 13 и насадку 14 с соплом. На раме клетки 1 закреплена деревянная клетка 15.

Привод подвижного пола устанавливается таким образом, чтобы ее движение осуществлялось против направления движения теленка. В противном случае теленок будет вынужден перемещаться назад, а не вперед, что приведет к нарушению ориентации, и как следствие травмированию теленка.

Рекомендуется установка клетки для содержания телят таким образом, чтобы обеспечить отвод экскрементов теленка в навозоуборочный канал, механизировать процесс очистки транспортерной ленты с ее последующей мойкой дезинфицирующим раствором и его отводом также, в навозоуборочный канал. Целесообразно размещение клетки в профилактории или в одном ряду с другими клетками для содержания телят.

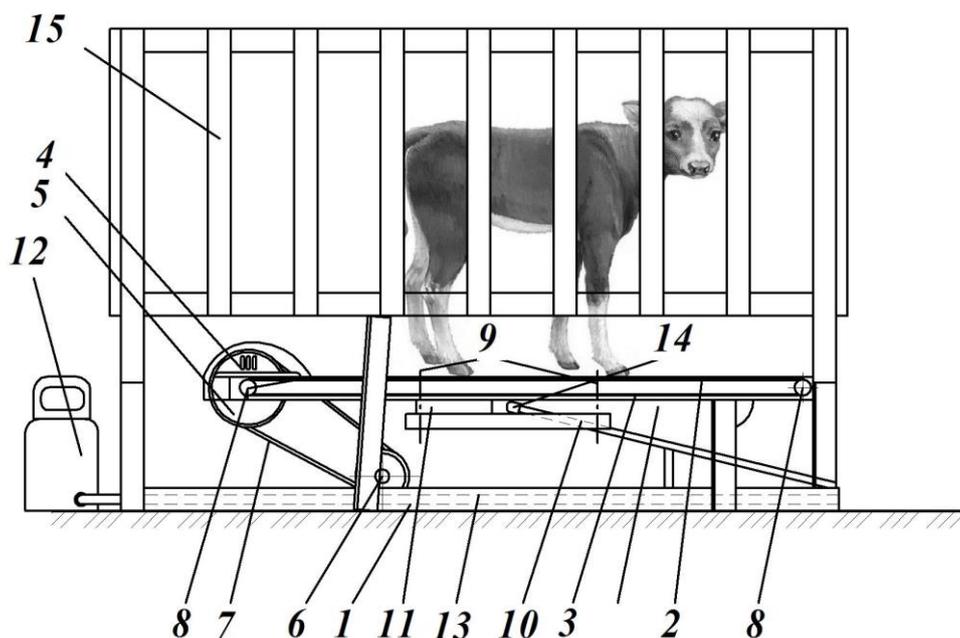


Рисунок 1. Клетка для содержания телят: 1 – рама клетки; 2 – рама подвижной ленты; 3 – подвижная лента; 4 – электродвигатель; 5 – ведущий шкив; 6 – ведомый шкив; 7 – ремень; 8 – натяжные ролики; 9 – шпильки; 10 – рамка; 11 – скребок очищающего устройства; 12 – моечная установка; 13 – трубопровод; 14 – насадка с соплом; 15 – деревянная клетка

В профилактории необходимо поддержание установленных зоогигиенических требований: температуры на уровне 17 – 20°C, относительной влажности – 70 %, скорости движения воздуха зимой – не более 0,1 м/с, летом – не более – 0,3 м/с, содержание углекислоты здесь не должно превышать 0,15 %, аммиака – 10 мг/м<sup>3</sup>. Ленту для транспортирования экскрементов принимаем согласно ГОСТ 20–85 С. 15. Вид транспортируемого груза – малогабаритные материалы, в том числе продукты сельского хозяйства, неабразивные, мелкие, сыпучие и пакетированные материалы. Выбираем ленту шириной 1600 мм, количество прокладок 4, номинальной прочностью 400 Н/мм. Поверхность ленты выполнена с рифлениями в виде полукругов диаметром 3 мм (рис. 2).



Рисунок 2. Поверхность транспортной ленты

Данный вид поверхности способствует устойчивому положению теленка в клетке и исключает скольжение копыт по поверхности в случае выделения экскрементов и мочи. Также, следует отметить, что шероховатая поверхность позволяет минимизировать травмируемость не окончательно сформированных роговиц копыт теленка.

С учетом того, что длина ленты составляет 1500 мм, а фиксированное провисание 2 мм, что не оказывает существенного влияния на процесс содержания и очистки, то прижимные ролики не нужны. Излишний натяг ленты, взаимодействующей со скребком будет способствовать деформации ее поверхности и разрыву. С целью исключения провисания ленты, конструкция оснащена двумя поддерживающими элементами – скребком самочищающим и фиксирующим прижимом. Кроме того, особенность технологического процесса очистки ленты основана на условии взаимодействия «лента–скребок», при котором скребок самочищающий является поддерживающим элементом.

Рассмотрим технологический процесс очистки подвижной ленты скребком очищающим.

Определим натяжение и смещение точек ленты. Будем считать, что лента транспортера свисает подобно цепной передаче (рис. 3).

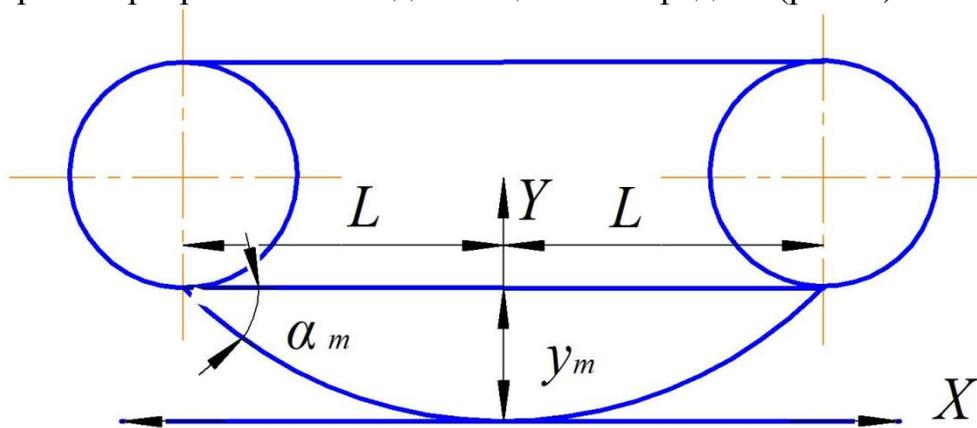


Рисунок 3. Свободное состояние ленты с максимальным провисанием  $y_m$ , и углом  $\alpha_m$ :  
 $Y$ ;  $X$  – оси координат, м;  $L$  – длина участка подвижной ленты от точки натяжения до провисания, м;  $y_m$  – провисание ленты, вызванное силой тяжести, м;  
 $\alpha_m$  – максимальный угол между горизонталью и направлением провисания, рад

Разделим подвижную ленту на два равных по длине участка  $L$  (рис. 4). При взаимодействии вершины скребка очищающего  $C$  некоторым участком подвижной лентой возникнет провисание ленты. Также, как и в предыдущем случае, будем считать, что провисшие участки подвижной ленты разделены равные участки. До взаимодействия с вершиной скребка очищающего на  $L_1$ , после взаимодействия с вершиной скребка на  $L_2$ .

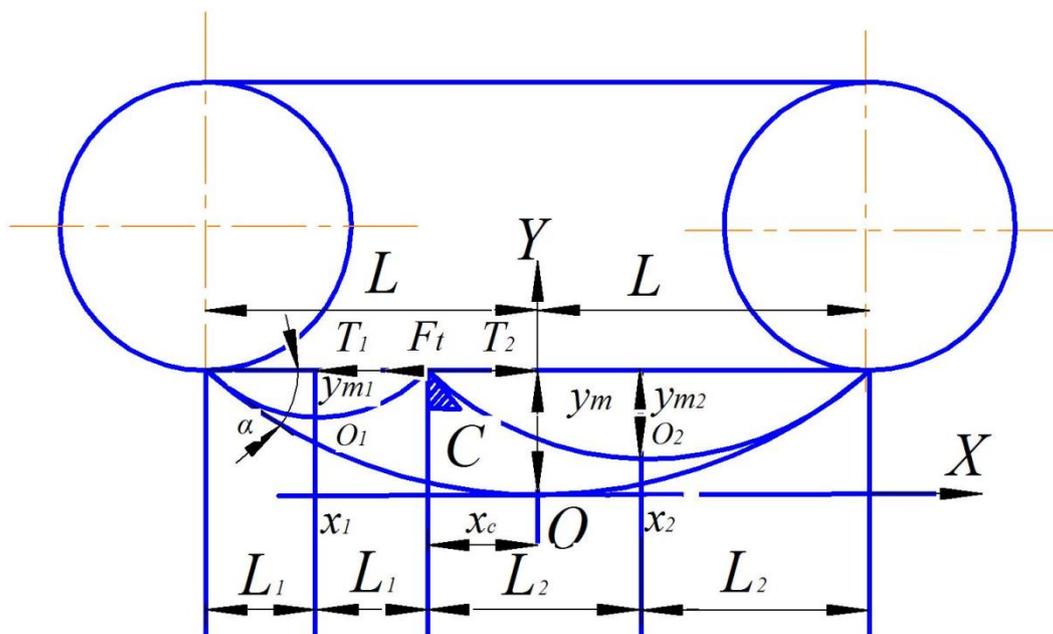


Рисунок 4. Провисание подвижной ленты при взаимодействии с вершиной скребка очищающего С:  $Y$ ;  $X$  – оси координат, м;  $C$  – вершина скребка очищающего;  $x_1$ ;  $y_1$  – оси координат ленты до взаимодействия с вершиной скребка, м;  $x_2$ ;  $y_2$  – оси координат ленты после взаимодействия с вершиной скребка, м;  $x_c$  – расстояние от точки взаимодействия скребка с лентой до начала оси координат, м;  $L$  – длина участка ленты от точки взаимодействия с вершиной скребка до точки естественного провисания, м;  $L_1$  – длина участка подвижной части ленты до взаимодействия с вершиной скребка, м;  $L_2$  – длина участка подвижной части ленты после взаимодействия с вершиной скребка, м;  $O$  – начало оси координат, м;  $O_1$  – начало координат участка провиса ленты до взаимодействия с вершиной скребка;  $O_2$  – начало координат участка провиса ленты после взаимодействия с вершиной скребка;  $y_c$  – провисание ленты под действием вершины скребка, мм;  $y_m$  – провисание ленты под действием силы тяжести, м;  $y_{m1}$  – провисание ленты до взаимодействия с вершиной скребка, м;  $y_{m2}$  – провисание ленты после взаимодействия с вершиной скребка, м;  $\alpha$  – угол между горизонталью и направлением провисания, рад;  $T_1$  – натяжение ленты до взаимодействия с вершиной скребка, кН;  $T_2$  – натяжение ленты после взаимодействия с вершиной скребка, Н;  $F_t$  – сила трения скребка очищающего о поверхность подвижной ленты, Н

В этом случае кривые провисания участков ленты примерно подобны в силу равенства горизонтального натяжения для случая равновесного состояния. При движении ленты происходит нарушение этого состояния за счет силы трения поверхности ленты о скребок  $F_t$ . В случае движения ленты натяжение ленты до взаимодействия с вершиной скребка (слева)  $T_1$  ослабляется, натяжение после взаимодействия с вершиной скребка (справа)  $T_2$  – усиливается на величину силу трения.

Натяжение ленты после взаимодействия со скребком очищающим определим по выражению:

$$T_2 = T_1 + F_t, \text{ Н}, \quad (1)$$

где  $T_1$  – натяжение подвижной ленты до взаимодействия с вершиной скребка очищающего, кН;



до взаимодействия с вершиной скребка,  $m$ ;  $y_{m_2}$  – провисание ленты после взаимодействия с вершиной скребка,  $m$ ;  $\alpha$  – угол между горизонталью и направлением провисания, рад

В этом случае необходим не только геометрический, но и силовой анализ, который имеет место на этапе выведения уравнения для подвижной ленты. Обозначим т.  $A$  как точку взаимодействия вершины скребка с поверхностью ленты, т.  $B$  – как точку контакта ленты с натяжным роликом (рис. 6).

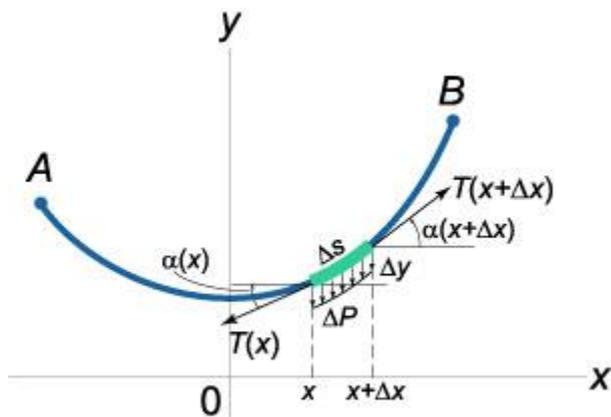


Рисунок 6. К выводу уравнения подвижной ленты: т.  $A$  – точка взаимодействия вершины скребка с поверхностью ленты; т.  $B$  – точка контакта ленты с натяжным роликом;  $T(x)$  – натяжение ленты в начале участка, кН;  $T(x+\Delta x)$  – натяжение ленты в конце участка, кН;  $\Delta P$  – распределенная сила тяжести, кН;  $\alpha(x)$  – угол между горизонталью и направлением натяжения ленты, рад;  $\Delta s$  – участок натяжения ленты, м

Рассмотрим равновесие произвольного малого элемента ленты длиной  $\Delta s$ . На этот элемент действуют распределенная сила тяжести [1]:

$$\Delta P = A \rho g \Delta s, \text{ Н}, \quad (4)$$

где  $\rho$  – плотность материала ленты,  $\text{кг/м}^3$ ;  
 $g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ ;  
 $A$  – площадь поперечного сечения ленты,  $\text{м}^2$ ;

$T(x)$  и  $T(x+\Delta x)$  – натяжения ленты, соответственно в точках  $x$  и  $(x+\Delta x)$ , кН.

Условия равновесия выделенного участка ленты длиной  $\Delta s$  в проекциях на оси  $Ox$  и  $Oy$  запишем в виде [1]:

$$-T(x) \cos \alpha(x) + T(x+\Delta x) \cos \alpha(x+\Delta x) = 0; \quad (5)$$

$$-T(x) \sin \alpha(x) + T(x+\Delta x) \sin \alpha(x+\Delta x) - \Delta P = 0. \quad (6)$$

где  $P$  – сила тяжести участка  $\Delta s$ , кН.

Из первого уравнения видно, что горизонтальная компонента натяжения  $T(x)$  всегда постоянна:

$$T(x) \cos \alpha(x) = T_0 = \text{const}, \quad (7)$$

где  $T_0$  – сила натяжения ленты в начале координат, кН.

$$d(T(x) \sin \alpha(x)) = dP(x) \quad (8)$$

Участок длины ленты  $\Delta s$  можно выразить по формуле:

$$ds = \sqrt{1+(y')^2} dx. \quad (9)$$

В результате получаем дифференциальное уравнение подвижной ленты:

$$T_0 \frac{dy}{dx} = \rho g A \sqrt{1+(y')^2} \quad (10)$$

или

$$T_0 y'' = \rho g A \sqrt{1+(y')^2}. \quad (11)$$

Это уравнение допускает понижение порядка. Обозначив  $y' = z$ , представим его в виде уравнения первого порядка:

$$T_0 z' = \rho g A \sqrt{1+z^2}. \quad (12)$$

Полученное уравнение решается методом разделения переменных [2]. Введем обозначение:  $\frac{\rho g A}{T_0} = \frac{1}{a}$  [5].

Параметр  $a$  представляет приведенный радиус кривизны подвижной ленты для малых углов  $\alpha$  на кривой имеют место соотношения:  $a \gg x$  и  $a \gg L$ .

Таким образом, имеем следующее уравнение [2; 5]:

$$z + \sqrt{1+z^2} = \exp\left(\frac{x}{a}\right), \text{ м.} \quad (13)$$

Получаем окончательное выражение для формы подвижной ленты:

$$y = a \operatorname{ch} \frac{x}{a}, \text{ м.} \quad (14)$$

где  $\operatorname{ch}$  – гиперболический косинус.

Так, подвижная лента описывается гиперболическим косинусом. Ее форма однозначно определяется параметром  $a = \frac{T_0}{(\rho g A)}$ , зависимость которого показана на рисунке 7.

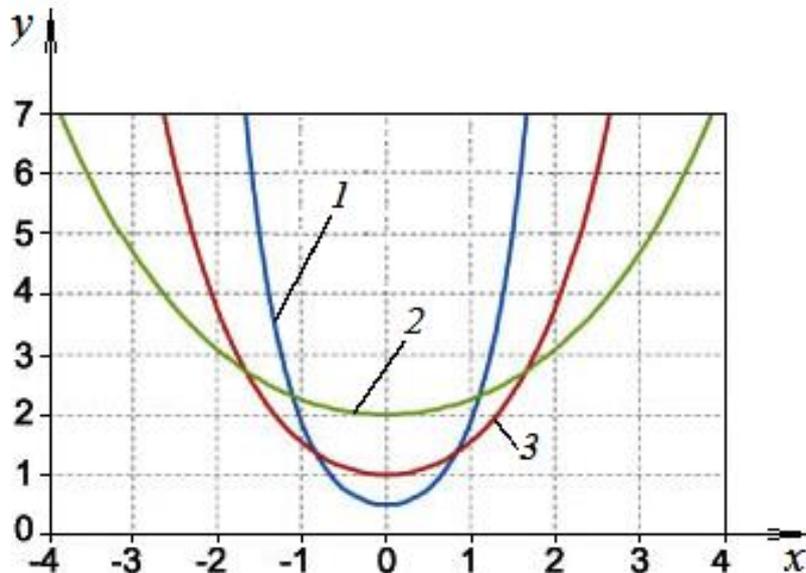


Рисунок 7. Форма подвижной ленты при различных значениях  $a$ :

$$1 - a = 0,5; 2 - a = 1; 3 - a = 2$$

Для малых углов  $\alpha$  и соответственно больших значений  $a$ , выражение для формы ленты упрощается до элементарной параболы:

$$y = \frac{x^2}{2a} + a, \text{ м.} \quad (15)$$

Для более доступных и измеряемых параметров, а именно горизонтальной длины и провисания ленты, выражение приобретает вид, при начале координат в нижней точке провисания:

$$y = \left( \frac{L\alpha_m}{2} \right) \cdot \left( \frac{x}{L} \right)^2, \text{ м} \quad (16)$$

или

$$y = y_m \left( \frac{x}{L} \right)^2, \text{ м,} \quad (17)$$

где  $L$  – длина участка подвижной ленты от точки натяжения до провисания, м;

$\alpha_m$  – максимальный угол между горизонталью и направлением провисания, рад.

Выражение в скобке представляет собой провисание  $y_m$  [2].

$$y_m = \left( \frac{L\alpha_m}{2} \right), \text{ м.} \quad (18)$$

В указанных условиях параметр  $a \gg L$  также определяется геометрически:

$$a = \left( \frac{L}{\alpha_m} \right) = \left( \frac{T_0}{\rho g A} \right), \text{ м.} \quad (19)$$

С учетом обозначения  $a$  через натяжение и параметры ленты получаем выражение для натяжения ленты:

$$T_0 = \rho g A \left( \frac{L}{\alpha_m} \right), \text{ Н.} \quad (20)$$

Для более просто замеряемого провисания  $y_m$  получаем:

$$T_0 = \rho g A \left( \frac{L^2}{2y_m} \right), \text{ Н;} \quad (21)$$

Таким образом, натяжение  $T_0$  обратно пропорционально провисанию  $y_m$  и углу провисания  $\alpha_m$  и прямо пропорционально массе провисающей ленты.

Оценка величины натяжения ленты  $T_0$  при плотности резины  $\rho = 2500 - 3000 \text{ кг/м}^3$  даст следующие значения.

Площадь участка взаимодействия со скребком очищающим (рабочая поверхность ленты) определим по выражению:

$$A = Bh, \text{ м}^2. \quad (22)$$

где  $B$  – ширина подвижной ленты, м;

$$B = 0,5 \text{ м;}$$

$h$  – толщина ленты, м;

$$h = 0,003 - 0,005 \text{ м.}$$

Численно получим:

$$A = 0,5 \cdot 0,003 = 0,0015 \text{ м}^2.$$

Длина  $L$  по условиям конструкции 1,5 м. Тогда провисание ленты  $y_m = 0,015 \text{ м} = 15 \text{ мм}$ .

Таким образом, численно натяжение подвижной ленты:

$$T_0 = 2500 \cdot 9,81 \cdot 0,0015 \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 0,015} = 122 \text{ Н}.$$

Оценка среднего угла  $\alpha_m$  дает значение:

$$\alpha_m = 2 \cdot \frac{0,015}{1} = 0,03 = 1,3 \text{ рад}.$$

Оценка массы провисающего участка ленты дает значение:

$$P = 2AL\rho = 2 \cdot 0,0015 \cdot 1 \cdot 2500 = 75 \text{ Н}. \quad (23)$$

При воздействии на участок провисания скребком очищающим, на него в силу симметрии приходится половина веса, что дает усилие прижима порядка,

$$N = \frac{P}{2} = \frac{75}{2} = 37,5 \text{ Н}. \quad (24)$$

Сила трения  $F_t$  при коэффициенте  $f = 0,3$  будет равна:

$$F_t = fN = 0,3 \cdot 37,5 = 11,25 \text{ Н} \ll 184 \text{ Н} = T_0. \quad (25)$$

Таким образом, в данных условиях сила трения  $F_t$  пренебрежимо мала по сравнению с натяжением, и не влияет на распределение провисаний при подпоре ленты скребком.

Поэтому в дальнейшем можно использовать в основном простые геометрические соотношения для параболы, что упрощает анализ.

Приведенное на рисунках 4 – 5 самое естественное перпендикулярное расположение скребка по отношению к движению ленты дает наиболее равномерное прижатие и являлось бы наиболее оптимальным для гладкой ленты транспортера. Однако для ленты с рифлениями и вставками, такой скребок при взаимодействии с упругой системой, которой является провисшее полотно, даже не растяжимое, может давать за счет скачков трения фрикционные колебания, при которых могут возникать зазоры, которые снижают эффективность работы скребка по очистке ленты транспортера.

Поэтому в работе исследуются скребки с наклонным относительно линии движения ленты положением и состоящие из двух частей в виде «стрелки» – очищающий скребок (рис. 8).

Для симметрично расположенных скребков под углом  $45^\circ$  картина взаимодействия с провисанием полотна показана на рисунке 8.

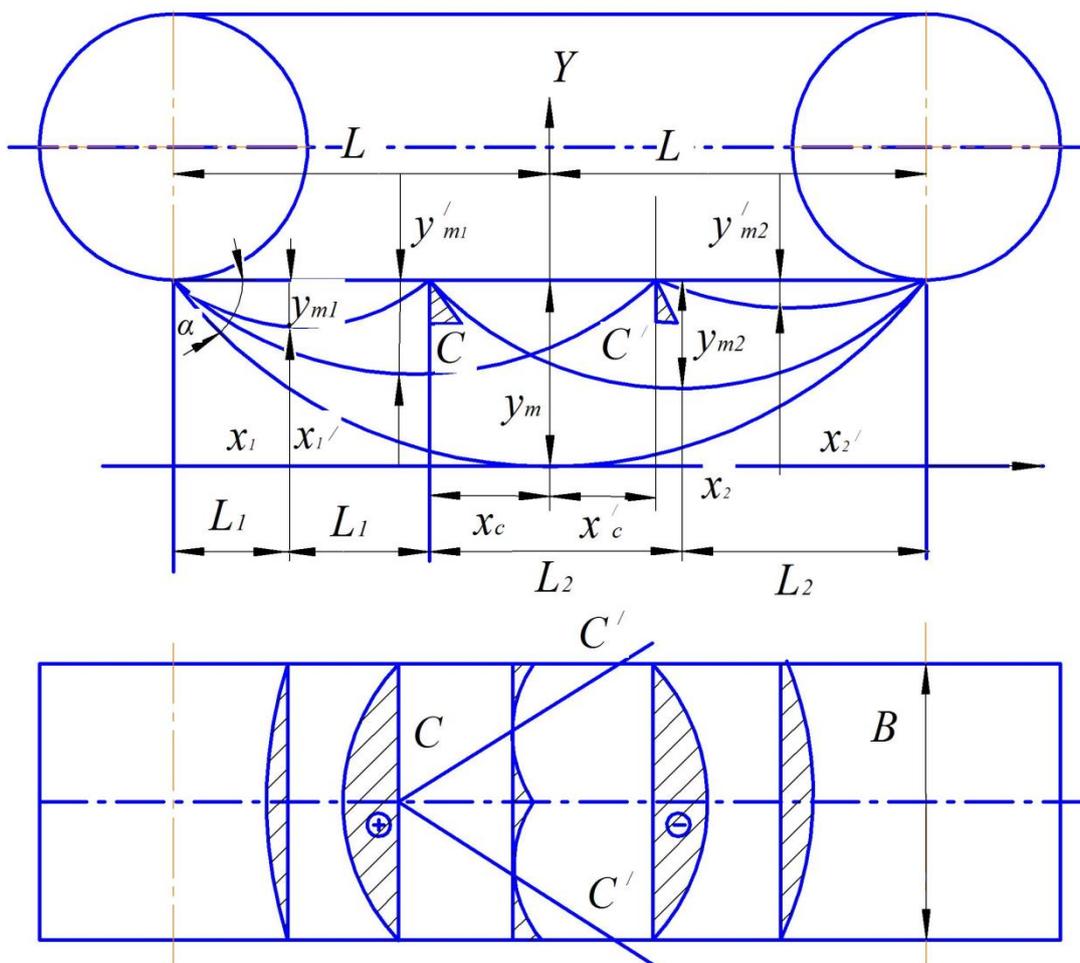


Рисунок 8. Симметричное расположение основного и вспомогательного скребков:  $Y; X$  – оси координат, м;  $x_1; y_1$  – оси координат ленты до взаимодействия с вершиной скребка  $c$ , м;  $x_2; y_2$  – оси координат ленты после взаимодействия с вершиной скребка  $c$ , м;  $c$  – вершина скребка;  $c'$  – точка конечная точка скребка;  $x'_1; x'_2$  – координаты взаимодействия конечных точек скребка с лентой, м;  $x_c$  – расстояние от точки взаимодействия вершины скребка  $c$  с лентой до начала оси координат, м;  $x'_c$  – расстояние от точки взаимодействия конечной точки скребка  $c$  с лентой до начала оси координат, м;  $L$  – длина участка ленты от точки взаимодействия со скребком  $c$  до точки естественного провисания, м;  $L_1$  – длина участка подвижной части ленты до взаимодействия со скребком, м;  $L_2$  – длина участка подвижной части ленты после взаимодействия со скребком, м;  $y_m$  – провисание ленты под действием силы тяжести, м;  $y_{m_1}$  – провисание ленты до взаимодействия с вершиной скребка, м;  $y_{m_2}$  – провисание ленты после взаимодействия с вершиной скребка, м;  $y'_{m_1}$  – провисание ленты до взаимодействия с конечной точкой скребка, м;  $y'_{m_2}$  – провисание ленты после взаимодействия с конечной точкой скребка, м;  $\alpha$  – угол между горизонталью и направлением провисания, рад

На проекции в плане кроме расположения точки вершины скребка  $C$  и конечной точки  $C'$ , показаны эпюры относительных смещений и провисаний по поперечному сечению ленты, где штриховке со знаком «+» соответствует выпуклость, штриховке со знаком «-» соответствует вогнутость профиля сечения ленты.

Из анализа этих эпюр видно, что переход от выпуклости к вогнутости вдоль ленты происходит достаточно плавно, а симметрия способствует

уравновешиванию продольных напряжений в ленте, что дает относительно оптимальный режим скольжения ленты по скребку и соответственно оптимальный режим очистки ленты.

На рис. 9 показано несимметричное расположение основного и вспомогательного скребков с разворотом близким к  $90^\circ$ , где один скребок почти перпендикулярен ленте.

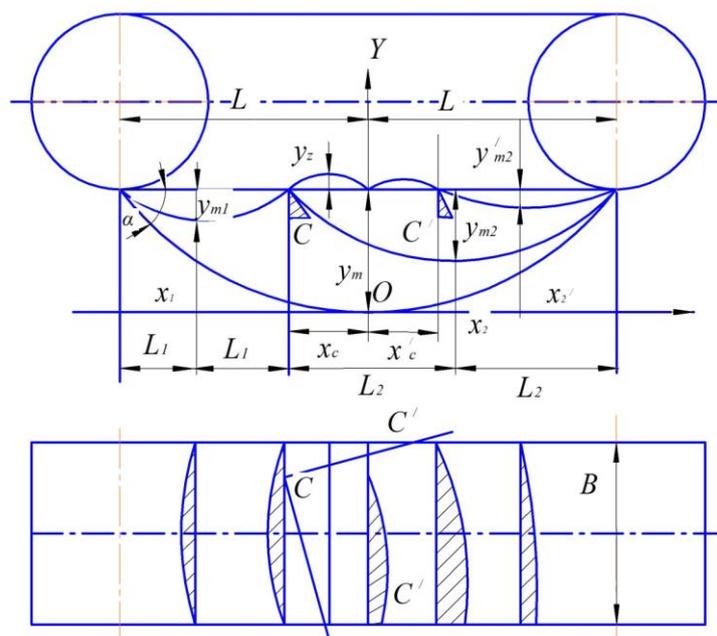


Рисунок 9. Несимметричное расположение основного и вспомогательного скребков:  $Y$ ;  $X$  – оси координат, м;  $C$  – вершина скребка;  $C'$  – конечная точка скребка;  $B$  – ширина ленты, м;  $x_1$ ;  $y_1$  – оси координат ленты до взаимодействия с вершиной скребка  $C$ , м;  $x_2$ ;  $y_2$  – оси координат ленты после взаимодействия с вершиной скребка  $C$ , м;  $x'_2$  – координата взаимодействия конечных точек скребка с лентой, м;  $y_z$  – зазор, образующийся при взаимодействии ленты с вершиной скребка  $C$ , м;  $y'_{m2}$  – провисание ленты после взаимодействия с конечной точкой скребка  $C'$ , м;  $x_c$  – расстояние от точки взаимодействия вершины скребка  $C$  с лентой до начала оси координат, м;  $x'_c$  – расстояние от точки взаимодействия конечной точки скребка  $C'$  с лентой до начала оси координат, м;  $L$  – длина участка ленты от точки взаимодействия с вершиной скребка  $C$  до точки естественного провисания, м;  $L_1$  – длина участка подвижной части ленты до взаимодействия с вершиной скребка, м;  $L_2$  – длина участка подвижной части ленты после взаимодействия с вершиной скребка, м;  $y_m$  – провисание ленты под действием силы тяжести, м;  $y_{m1}$  – провисание ленты до взаимодействия с вершиной скребка, м;  $y_{m2}$  – провисание ленты после взаимодействия с вершиной скребка, м;  $\alpha$  – угол между горизонталью и направлением провисания, рад

В этом случае позиции смещения  $x_c$  вершины скребка  $C$  соответствует ближней стороне ленты, а смещению  $x'_c$  – конечных точек  $C'$  скребка соответствует дальней стороне ленты. Здесь условия для ближней и средней части ленты соответствуют случаю рис. 4, а вспомогательный скребок расположен вдоль ленты под дальней частью, и создает «плоский» подпор по длине ленты в среднем ее участке, который приводит с учетом изгиба ленты конечной толщины к появлению зазоров. Эти зазоры в силу связности элементов ленты

распространяются и частично на перпендикулярный участок скребка, что снижает эффективность работы такого скребка.

На проекции в плане помимо расположения скребка, также показаны эпюры относительных смещений и провисаний (зазоров) по поперечному сечению ленты, где аналогично штриховке со знаком «+» соответствует выпуклость, штриховке со знаком «-» соответствует вогнутость профиля сечения ленты.

Анализ этих эпюр показывает, что в этом случае за счет несимметричных провисаний на ближней и дальней сторонах ленты (вершины и конечных точек скребка) создается несимметричное натяжение, что приводит к поворачивающему моменту в области скребка. Это для конечной толщины ленты приводит к дополнительному «вспучиванию» и распространению зазора по перпендикулярной части скребка, что ухудшает эффективность его работы.

Рассмотренные два случая расположения скребка описывают в целом картину влияния угла поворота скребка в плане на эффективность его работы.

Рассмотрим влияние натяжения ленты или соответствующего ему провисания на эффективность работы скребка.

Выше было показано, что связь натяжения и провисания обратно пропорциональна [1; 2; 5].

$$T_0 = \rho g A \left( \frac{L^2}{2y_m} \right), \text{ Н} \quad (26)$$

или

$$y_m = \rho g A \left( \frac{L^2}{2T_0} \right), \text{ Н.} \quad (27)$$

Провисание прямо пропорционально углу провисания, который действует и у опоры (натяжного ролика).

$$y_m = \frac{L\alpha_m}{2}, \text{ м} \quad (28)$$

или

$$\alpha_m = \frac{2y_m}{L}, \text{ рад.} \quad (29)$$

Таким образом, имеем, что чем меньше угол провисания, тем меньше зазор  $y_z$  за счет опоры (скребка), рис. 7.

$$y_z = h\alpha_m, \quad (30)$$

или

$$y_z = y_m \left( \frac{h}{L} \right), \text{ м,} \quad (31)$$

где  $h$  – толщина подвижной ленты, м.

Также, при наклоне скребка по перпендикулярному направлению, за счет неточности установки скребка  $\Delta u$  у вершины в силу тех же причин связности возникает зазор  $y_{z_1}$ , обусловленный углом  $\Delta\beta$ , минимальную оценку которого можно выразить выражениями:

$$\Delta\beta = \frac{\Delta y}{B}; \quad (32)$$

$$y_{z_1} = h\Delta\beta, \text{ м.} \quad (33)$$

Однако реальная оценка получается при учете свойств натянутого упругого полотна подвижной ленты можно представить через закон Пуассона в виде касательного напряжения [1]:

$$\tau_1 = 0,3\tau_0, \text{ Па.} \quad (34)$$

где  $\tau_1$  – касательное напряжение в полотне ленты перед скребком, Па;

$\tau_0$  – касательное напряжение в полотне ленты после скребка (в точке провисания ленты от силы тяжести), Па.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что величина провисания подвижной ленты зависит от угла провисания, и на уменьшение зазора между скребком очищающим и лентой оказывает влияние толщина ленты  $h$ . С уменьшением толщины ленты происходит эффект «обтягивания» скребка, в результате которого зазоры уменьшаются, и качество очистки повышается – количество экскрементов на ленте уменьшается.

Очевидно, что количество остатка экскрементов на поверхности ленты после очистки будет зависеть от плотности прилегания рабочей кромки скребка к поверхности ленты. Соответственно, остаток экскрементов будет образовываться в случае возникновения зазора между рабочей кромкой скребка и лентой (рис. 10).

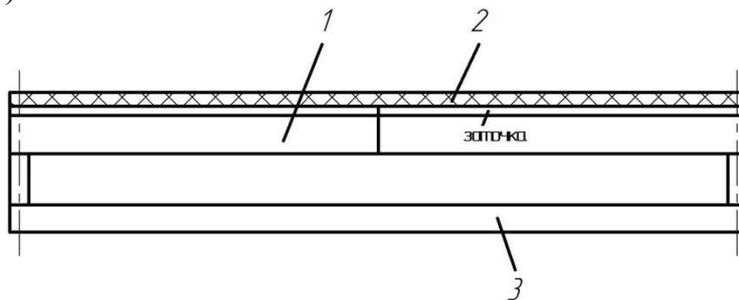


Рисунок 10. Положение ленты в состоянии покоя:

1 – скребок очищающий; 2 – лента;

3 – рамка крепления скребка

В состоянии покоя зазора не образуется – рабочая кромка скребка плотно прилегает к поверхности ленты под действием ее силы тяжести.

Однако, движение ленты осуществляется посредством фрикционного взаимодействия барабанов с ее поверхностью, что способствует провисанию. Это создает амплитуду движения ленты в вертикальной плоскости – колебания. В результате которых, возникает зазор с образованием остатка, проходящего между лентой и кромкой скребка (рис. 11).

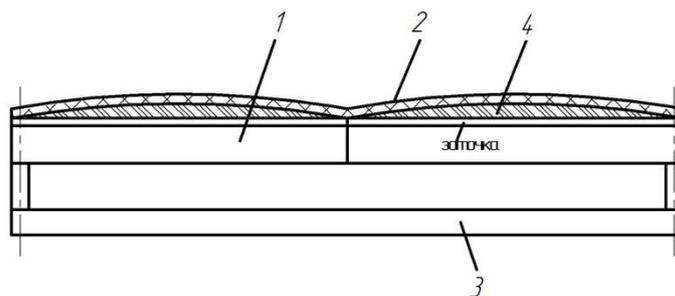


Рисунок 11. Положение ленты в состоянии движения:

- 1 – скребок очищающий; 2 – лента;
- 3 – рамка крепления скребка;
- 4 – остаток экскрементов

Условно колебания, возникающие в процессе движения ленты можно разделить на постоянные и зависимые. Причиной постоянных следует считать фрикционное воздействие приводных элементов ленты и их техническое состояние. А также, влияние на возникновение постоянного зазора рельефа поверхности ленты – рифления. В этом случае взаимодействие рабочей кромки скребка происходит не с поверхностью ленты, а с рифлениями. В соответствии с чем, между рифлениями остается часть экскрементов. Данные колебания не меняются в процессе очистки, а соответственно, остаток экскрементов остается постоянным.

К зависимым колебаниям следует отнести конструктивные параметры скребка:

- форма скребка очищающего;
- угол раструба скребка;
- величина провисания ленты.

В этом случае возможно предположить, что провисание ленты будет способствовать уменьшению зазора и снижению остатка экскремента до определенного минимального значения, и будет пропорциональна площади зазора между рабочей кромкой скребка очищающего и поверхностью ленты.

Выражение для определения величины натяжения ленты:

$$\Delta m = \frac{A_{\text{эф}} - kb}{F}, \text{ мм.} \quad (35)$$

где  $A_{\text{эф}}$  – эффективный зазор, мм;

$k$  – коэффициент влияния амплитуды колебаний на остаток экскрементов;

$b$  – амплитуда колебаний ленты, мм;

$F$  – натяжение, мм;

$F_0$  – начальное (минимальное) значение натяжения.

Если исключить при движении ленты природу возникновения амплитуды колебаний, то зазор между поверхностью ленты и рабочей кромкой скребка будет минимальным –  $A$  (рис. 12). Однако, как было описано ранее, при перемещении ленты возникает амплитуда колебаний, характеризуемая коэффициентом  $k$ . В этом случае зазоры между рабочими кромками скребка  $A_1$  и  $A_2$  и поверхностью ленты будет увеличиваться пропорционально увеличению

амплитуде. Соответственно, будет происходить увеличение остатка экскрементов на ленте.

В свою очередь эффективный зазор  $A$  определим по выражению:

$$A_{\text{эф}} = A - kA_1 - kA_2, \text{ мм}, \quad (36)$$

где  $A$  – зазор между лентой и рабочей кромкой скребка, мм;

$A_1, A_2$  – зазоры между лентой и рабочими кромками скребка, мм (рис. 12);

$k$  – коэффициент влияния амплитуды колебаний на увеличение зазора.

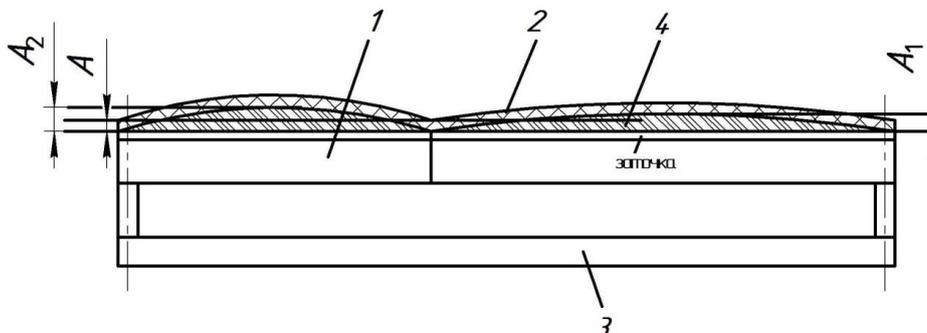


Рисунок 12. Зазоры, возникающие при очистке ленты скребком:

$A$  – зазор без влияния амплитуды колебаний на ленту, мм;

$A_1$  и  $A_2$  – зазоры с учетом амплитуды колебаний, мм

Следует учесть, что при возникновении изгиба лентой рабочей кромки скребка возникает, при движении возникает центробежное ускорение  $n_{1\text{ц}}$ . Под воздействием которого происходит дополнительный подъем ленты.

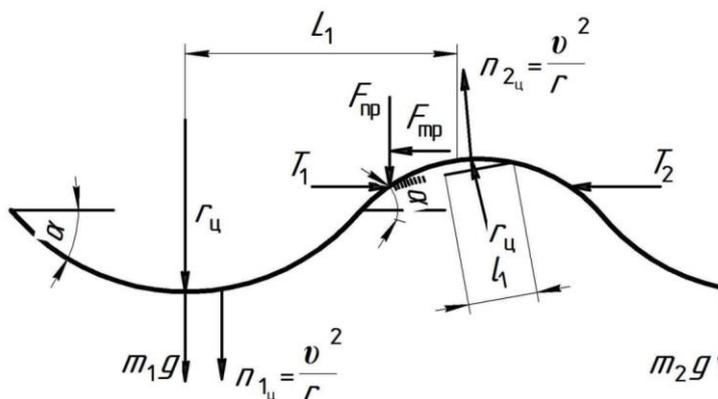


Рисунок 13. Схема действия центробежного ускорения при очистке ленты:

$r_{\text{ц}}$  – радиус провиса ленты или изгиба, м;  $m_1$  – масса участка ленты до взаимодействия со скребком, кг;  $m_2$  – масса участка ленты после взаимодействия со скребком, кг;  $L_1$  – расстояние между центрами провиса и изгиба ленты, м;  $l_1$  – длина проекции скребка, м;  $n_{1\text{ц}}$  – центробежное ускорение, возникающее за счет кривизны ленты, м;  $\alpha$  – угол кривизны провиса или изгиба, °;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $r_{\text{ц}}$  – радиус кривизны провиса или изгиба, м;

$F_{\text{пр}}$  – сила прижима ленты к рабочей кромке скребка, Н;  $F_{\text{тр}}$  – сила трения ленты о рабочую кромку скребка, Н;  $T_1$  – натяжение ленты до взаимодействия со скребком, мм;

$T_2$  – натяжение ленты после взаимодействия со скребком, мм.

Что также способствует увеличению остатка экскремента. В данном случае центробежное ускорение  $n_{1\text{ц}}$  зависит от скорости движения ленты.

На плотность прилегания ленты к рабочей кромке скребка влияет сила прижима  $F_{пр}$ , которую определяем по выражению:

$$F_{пр} = (m + km_1 + km_2)g, \text{ Н}, \quad (37)$$

где  $m$  – масса транспортной ленты, кг;

$m_1$  – масса участка ленты до взаимодействия со скребком, кг;

$m_2$  – масса участка ленты после взаимодействия со скребком, кг;

$\ddot{x}$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Сила трения ленты о рабочую кромку скребка:

$$F_{тр} = F_{дв} f_{тр}, \text{ Н}, \quad (38)$$

$F_{дв}$  – окружное усилие на приводном ролике, Н;

$f_{тр}$  – коэффициент трения резины о сталь.

Руководствуясь техническими условиями на очистку ленты можно утверждать, что радиус охвата барабана будет находиться в пределах 0,05 ... 0,2 м.

Отсюда выражение по определению провиса от величины натяга ленты будет иметь вид:

$$\Delta m = \delta_c(\alpha) + \delta_{ц}(r_{ц}, \alpha_{ц}, A, v) - kA, \text{ м}, \quad (39)$$

где  $\delta_c(\alpha)$  – зазор, образуемый углом провиса ленты  $\alpha$ , мм.

Который определяется по выражению:

$$\delta_c(\alpha) = \frac{A}{F}, \text{ мм}, \quad (40)$$

где  $A$  – эффективный зазор, мм;

$F$  – натяжение, мм;

$\delta_{ц}(r_{ц}, \alpha_{ц}, A, v)$  – изменение зазора от скорости движения ленты  $v$ , мм;

$k$  – коэффициент влияния амплитуды колебаний на остаток экскрементов.

Соответственно, изменение величины провиса ленты пропорционально массе остатка экскрементов на ленте.

#### Список литературы:

1. *Выгодский, М. Я.* Справочник по высшей математике / М. Я. Выгодский. – М., 1976. – 872 с.
2. *Левитская, О. Н.* Курс теории механизмов и машин / О. Н. Левитская, Н. И. Левитский. – М. : Высш. шк., 1985. – 279 с.
3. *Овчинников, А. А.* Ресурсосберегающая клетка для содержания животных [Текст] / А. А. Овчинников, Е. Н. Чернова // Проблемы экономичности и эксплуатации двигателей внутреннего сгорания. – 2010. - № 22. – С. 83-84.
4. Пат. 75135 Российская Федерация, МПК А 01К 29/00. Клетка для содержания животных [Текст] / Шкуратов А. В., Овчинников А. А., Чернова, Чугунова Ю. О.; заявитель и патентообладатель Саратовский ГАУ имени Н. И. Вавилова. – № 2008109328/22; заявл. 11.03.2008; опубл. 27.07.2008, Бюл. № 21.
5. *Чернова, Е. Н.* Теория очистки подвижной ленты клетки для содержания телят скребком очищающим / Е. Н. Чернова, А. С. Старцев, Г. Е. Шардина // Научное обозрение. – 2015. – № 16. – С. 44-54.

**В.В. Сафонов, А.С. Азаров, А.Л. Кукушкин**

*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова,  
г. Саратов*

## **К РАСЧЁТУ РЕСУРСА ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ НАНОКОМПОНЕНТНЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Долговечность подшипников качения, нашедших широкое применение в конструкциях большинства узлов трения автотракторной техники и сельскохозяйственных машин, в значительной мере зависит от эффективности смазочных материалов. Одним из перспективных направлений работ по модификации эксплуатационных свойств смазочных материалов является применение в качестве добавок наноразмерных порошков материалов, обладающих высокими трибологическими свойствами [1–3].

Анализ литературных источников позволил установить, что основной причиной снижения долговечности подшипников качения является усталостное изнашивание рабочих поверхностей их деталей [4]. Продукты изнашивания в зоне фрикционного взаимодействия подвергаются измельчению. Образующиеся в результате этого частицы обладают высоким уровнем свободной энергии, которая обуславливает протекание процессов их объединения. С увеличением температуры поверхностей трения объединение дисперсных продуктов износа протекает до образования поверхностных плёнок, в которых локализуются процессы пластической деформации и изнашивания [5, 6]. В результате уменьшается коэффициент трения и износ деталей трибосопряжений. Аналогичные процессы наблюдаются и при искусственном введении наноразмерных частиц в смазочную среду в качестве добавок.

Для оценки долговечности подшипников качения используют ресурс, соответствующий 90 %-й надёжности, величину которого определяют по формуле [7–9]:

$$L_{10a} = a_1 a_{23} \left( \frac{C}{P} \right)^{\frac{10}{3}}, \quad (1)$$

где  $L_{10a}$  – расчётный ресурс, млн. об.;  $a_1$  и  $a_{23}$  – коэффициенты, корректирующие ресурс в зависимости от надёжности и особых условий работы подшипника;  $C$  – динамическая грузоподъёмность, Н;  $P$  – эквивалентная динамическая нагрузка, Н,

$$P = (YF_a + XVF_r) k_d k_t, \quad (2)$$

$Y$  и  $X$  – коэффициенты осевой и радиальной нагрузок;  $F_a$  и  $F_r$  – осевая и радиальная нагрузки, действующие на подшипник, Н;  $V$  – коэффициент вращения;  $k_d$  – коэффициент безопасности, определяемый динамичностью нагружения;  $k_t$  – температурный коэффициент.

В результате анализа представленных формул установили, что они не учитывают

противоизносные и антифрикционные свойства поверхностей деталей подшипников качения, сформированных с участием наноразмерных компонентов. По этой причине точность расчёта долговечности подшипников снижается. Кроме того, при работе подшипников качения износ их деталей ведет к увеличению радиального зазора, что способствует неблагоприятному перераспределению нагрузки по телам качения. Усилие, действующее на наиболее нагруженный ролик в подшипнике с нулевым зазором, зависит от внешней нагрузки и числа тел качения. С ростом радиального зазора угол зоны нагружения уменьшается, а нагрузка на наиболее нагруженный ролик и напряжённое состояние материала увеличиваются. При этом ускоряется процесс усталостного изнашивания.

Таким образом, на скорость износа деталей подшипников влияют действующие контактные напряжения, величина которых помимо радиального зазора зависит от шероховатости поверхностей качения, вида смазки в контакте деталей и свойств смазочного материала, что также не учтено в формулах (1) и (2). Так как в основе накопления материалом усталостных повреждений лежат микропластические сдвиги, при расчёте ресурса подшипников качения должна учитываться твёрдость материала рабочих поверхностей их деталей.

Таким образом, для практического расчета ресурса подшипников качения с учётом влияния нанокomпонентных смазочных материалов в дальнейшей работе необходимо провести анализ результатов исследований ведущих учёных в области математического моделирования процессов трения и изнашивания деталей работающих в режиме «трение качения с проскальзыванием» и предложить уточнённый расчёт ресурса подшипников качения.

#### Список литературы

1. Добринский, Э. К. Оптимизация нанодисперсной добавки в моторное масло / Э. К. Добринский, В. В. Сафонов, А. В. Гороховский, В. Н. Буйлов, А. С. Азаров, К. В. Сафонов // Вестник АПК Ставрополя. – 2014. – № 3 (15). – С. 12–16.
2. Сафонов, В. В. Применение наноматериалов при техническом сервисе автотракторной техники / В. В. Сафонов, В. А. Александров, С. А. Шишурин, А. С. Азаров // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина». – 2009. – № 3. – С. 62–66.
3. Сафонов, В. В. Наноразмерные добавки к смазочным средам трибосопряжений в условиях их моделирования / В. В. Сафонов, А. С. Азаров, В. А. Александров // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2008. – Вып. 2. – С. 8–11.
4. Амалицкий, В. В. и др. Надёжность машин и оборудования лесного комплекса: Учебник для студентов специальности 170400 / Амалицкий В.В., Бондарь В.Г., Волобаев А.М., Воякин А.С. – М.: МГУЛ, 2002. – 279 с.: ил.
5. Федорченко, И. М. Современные представления о механизме трения и износа и основные тенденции в развитии композиционных материалов триботехнического назначения / И. М. Федорченко // Порошковая металлургия. – 1979. – №4. – С. 53–65.
6. Троицкий, В. Н. Температура начала спекания ультрадисперсных порошков / В.Н. Троицкий [и др.] // Порошковая металлургия. – 1983. – № 1. – С. 13–15.
7. Перель, Л. Я. Подшипники качения : справочник / Л. Я. Перель, А. А. Филатов. – 2-е изд. – М. : Машиностроение, 1999. – 336 с.
8. М ВНИПП.020-04. Подшипники качения. Периодические стендовые испытания. Методика. – М. : ОАО «ВНИПП», 2005. – 90 с.
9. ГОСТ 18855-94. Подшипники качения. Динамическая расчётная грузоподъёмность и расчётный ресурс (долговечность). – М. : Изд-во стандартов, 1997. – 28 с.

Г.Е.Шардина, М.В.Карпов, Д.О.Семенов, Е.С.Нестеров

*Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И.Вавилова*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ

Многие исследователи отмечают, что проращивание клубней способствует большему накоплению сухого вещества, крахмала и витамина С в клубнях нового урожая, чем на посадках с непророщенными клубнями. Существуют различные способы проращивания. Именно от способа и условий зависит развитие растения после посадки и, соответственно, урожайность культуры.

В Германии проращивание проводят в специально сконструированных двухъярусных контейнерах на 500 кг и трехъярусных на 400 кг картофеля. Контейнеры оборудованы откидными стенками и промежуточными днищами, что позволяет разместить клубни в два-три яруса. Мелкие клубни насыпают слоем 12-14 см, крупные - около 17-18 см. Применение контейнерного способа проращивания удобно для механизации процесса выемки. [1]

В Голландии семенной материал до конца февраля хранят в хранилищах при температуре 3-5°C в деревянных ящиках слоем в 1-2 клубня. Затем температуру повышают до 15-20°C и поддерживают на таком уровне до появления ростков длиной 5 мм. В Чехии клубни проращивают в помещениях с искусственным освещением на деревянных решетках или стальных решетчатых поддонах при 14-15°C. В Технологическом институте картофеля (Франция) изучали реакцию сортов на проращивание. При хранении картофеля в условиях 2-4°C и проращивании в деревянных ящиках на свету, прибавка урожая сорта Бинтс составила 6-8%; сорта Капта-Вандель - 13% и сорта Дареза - 11-12%, в зависимости от года и места проращивания [2]

Картофель можно проращивать также на открытом воздухе на ровных площадках и в котлованах глубиной 20 см, шириной 1,5-2 м и произвольной длины. На открытые площадки клубни раскладывают за 2-3 недели до посадки, в котлованах проращивают в течение 15-28 дней.

Таким образом, световое проращивание клубней является эффективным агротехническим приемом повышения урожайности и качества картофеля.

Однако требования к посадке пророщенного картофеля жестче. Машинная посадка сопряжена со сложностью сохранения ростков при захвате высаживающим аппаратом.

В Варшавском сельскохозяйственном институте были проведены опыты для определения влияния продолжительности проращивания и массы клубней на устойчивость ростков картофеля к обламыванию. Исследования выполняли на пяти сортах с периодом проращивания 3 и 5 недель, размер клубней 30-40 г, 60-80 и 100-120 г. Были получены следующие результаты. При трехнедельном

проращивании проростков развивалось меньше, чем при пятинедельном. Число проростков на крупных клубнях было больше, чем на мелких. Длина ростков была больше при пятинедельном проращивании и у крупных клубней. Крупные клубни формировали более толстые ростки. На мелких клубнях ростки были прикреплены более крепко, чем на крупных, что свидетельствовало о большей склонности ростков крупных клубней к обламыванию. Меньше всего обламывались ростки на клубнях сорта Бранка, далее идут сорта Пола, Киса, Ципия и Жасмин. Исследования Головицына С.К. показали, что поломка ростков машиной тем меньше, чем больше среднее число ростков на каждом клубне. Так, у сорта Лорх (среднее количество ростков на клубне — 3,2) высаживающими аппаратами серийных машин типа СКГ-4, СН-4 ломается примерно 22-35% ростков, тогда как для Берлихингсна, имеющего в среднем 9 ростков на клубне, при тех же условиях поломки составляют всего 8-14%.

Отклонения значений абсолютной поломки ростков для каждой группы машин невелики и, очевидно, зависят только от частных особенностей процесса проращивания в каждом отдельном случае (температуры, влажности воздуха, степени освещенности и т.п.). Становится понятным, что применение посадочного материала с малым средним количеством ростков (менее трех) на каждом клубне при любом механизме не позволяет получать процент поломки ростков в пределах агротехнических требований, т.е. менее 6-8%. [3]

По данным исследований Meijer E., Frederiks J., при посадке пророщенного картофеля сажалкой с ленточным высаживающим аппаратом со скоростью 3,6 км/ч оставались неповрежденными 85,2% клубней крупностью 35...45 мм по сравнению с 54,8% при посадке машиной с ложечно-цепным высаживающим аппаратом

Проведя обзорный анализ литературных и патентных источников, мы пришли к выводу, что применение автоматических картофелесажалок возможно на высадке пророщенного картофеля, если снизить травмируемость и обламывание ростков до величин, близких к агротехническим требованиям. Этого можно достичь, применив описанную нами ранее картофелесажалку с высаживающим аппаратом, работающим в жидкой среде. [4]

Как показано на рисунке 1, пророщенные клубни попадают в жидкую среду и захватываются ложечками транспортера (рис.2) имеющими отверстия для слива жидкости по мере их подъема.

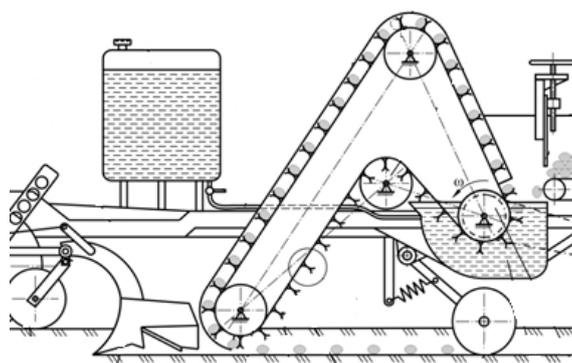


Рисунок 1. Работа высаживающего аппарата в жидкой среде

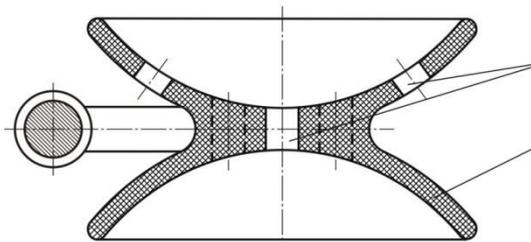


Рисунок 2. Устройство ложечки

Другие клубни, находящиеся в ковше-питателе, взаимодействуя с захваченным клубнем или с ложечкой захватившей его, будут отплывать в стороны или погружаться в протравливающую жидкость, не нанося росткам друг друга механических повреждений.



Рисунок 3. Экспериментальная картофелесажалка

А это в свою очередь позволит снизить травмирование ростков пророщенных клубней в процессе их посадки картофелепосадочной машиной, так как именно за счет захвата клубней с поверхности жидкости будут обеспечиваться условия более деликатного обращения с ними при их захвате из ковша-питателя.

#### Список литературы

1. Махлин, Л.Е. Анализ работы картофеле-высаживающих аппаратов с непрерывной подачей клубней. [Текст] / Науч. тр. ВИСХОМ. //Махлин Л.Е., Головицын С.К., Беляев Е.А. - М., 1978. - Вып. 69. - С. 219-227.
2. Князев, В.А. Проращивание семенных клубней и урожай картофеля. Пути увеличения урожая картофеля [Текст] / Науч. тр. НИИКХ. // Князев В.А., Молчанова Е.Я. - М, 1989. - С. 55-60.
3. Гаврилов, В. Н. Исследование физико-механических свойств ростков клубней и совершенствование картофелесажалки для пророщенного картофеля. [Текст] / Диссертация на соиск. уч. ст. канд.техн.наук. М, 2003, - 174 с.
4. Шардина, Г.Е. Обоснование кинематических параметров ложечно-ленточного высаживающего аппарата. [Текст] / Г.Е.Шардина, М.В.Каропов. «Научное обозрение» №4 Саратов, ООО «АПЕКС-94», 2011, - С.117-121.

**В.Э. Юлдашев, Д.В.Тимаков**

*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов*

## **ПУТИ МЕХАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ЗАГРУЗКИ И ВЫГРУЗКИ ДОСУШИВАЕМОГО МАТЕРИАЛА НА ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНУЮ УСТАНОВКУ ПРИ ЕЁ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

**Аннотация.** Выбор той или иной технологии зависит от размера и потребностей хозяйства, климата, погодных условий, наличия соответствующей техники. Качественно заготовленный корм позволяет удовлетворять потребностям животных в питательных веществах. Однако вопросы механизации процесса загрузки и выгрузки досушиваемого материала при его сушке ещё не полностью рассмотрены.

**Ключевые слова:** досушивание, досушиваемая массы, воздухораспределительная установка, питательные вещества, процесс

Как известно, сельское хозяйство, для повышения конкурентоспособности своей продукции, неизбежно сталкивается с необходимостью модернизации имеющегося оборудования [1-12]. И наиболее перспективными могут быть такие направления как:

- техническое оснащение;
- технологии;
- использование альтернативных источников энергии.

Сложившейся в настоящее время ситуацию в сельском хозяйстве с кормами, позволяет сделать вывод, что необходима разработка энергосберегающих технологий с использованием современной сушильной техники, которая позволит получать высококачественный искусственно высушенный корм и другие продукты растениеводства с низкими энергетическими затратами и кроме этого будут эффективными в условиях современной рыночной экономики [1-12]. Решить эту проблему можно на основе сушки заготавливаемого сырья на усовершенствованных воздухораспределительных системах при оптимальных температурных режимах [2,7,8].

Организовать правильное кормление животных можно только при условии знания о питательности кормов. Для сохранения здоровья животных, хорошего роста и развития молодняка, нормального воспроизводства, получения максимальной продуктивности и высокого качества продукции с низкой себестоимостью животные в течение всей жизни должны получать в корме определенное количество питательных веществ: белков (протеинов), жиров, углеводов, минеральных веществ и витаминов. Эта природная потребность в питательных веществах с физиологической точки зрения представляет сложный безусловный рефлекс, связанный с деятельностью коры головного мозга животного.

Заготовка кормов, в хозяйствах различной формы собственности, происходит при различных условиях, что сказывается не только на количестве, но и на их качестве. При этом всегда надо помнить, что высококачественное корм особенно необходим высокопродуктивным животным - дойным коровам, мясному скоту и т.д. Для того чтобы животные поддерживали свой высокий продуктивный потенциал, необходима отличная организация всего процесса заготовки кома. То есть, заготовка искусственно высушенной массы позволяет решать такие основные проблемы, возникающие в животноводстве как: обеспечение полноценного кормления сельскохозяйственных животных, за счёт содержания в корме максимального количества необходимых питательных веществ [1]. Кроме этого, позволяет повысить качество заготавливаемого корма при снижении энергетических затрат, что в нынешнее время весьма актуально. И на конец, повысить экономическую эффективность как непосредственно на производстве корма, так и на возможной его реализации другим хозяйствам.

Истоки науки о сушке относятся к весьма давнему времени. Г.В. Рихман в 1740-1750 годах сделал ряд важных сообщений, которые впоследствии были развиты Дальтоном, установившем в 1803 году закономерности испарения воды со свободной поверхности. В 1904 году П.С. Косович впервые дал качественные представления о кинетике переноса влаги внутри материала. Уже в 1918 году Л.К. Разман разработал I-d диаграмму влажного воздуха, создав классический графоаналитический метод теплового расчета сушилок [2].

Анализ же существующих технических средств показывает, что при производстве искусственно высушенных высококачественных кормов применяются огромное количество воздухораспределительных систем и сушилок. Однако, учитывая современное состояние вопроса, тенденции и перспективы дальнейшего развития технических средств по досушке, можно сделать вывод, что при заготовке искусственно высушенных кормов необходимо применять простые и дешевые не только в изготовлении, но в эксплуатации сушилок. Они должны отличаться простотой своей конструкции. Кроме этого, мобильностью, безотказностью в работе, отсутствием перегрева, уложенной на досушивание массы, а также быть пригодными для сушки любых по объёму партий не только корма растительного происхождения, но и других продуктов производства растениеводства [3].

При этом возникает вопрос, о трудоемкости процессов загрузки и выгрузки материала напольной воздухораспределительной системы [5]. Достоинством напольной воздухораспределительной системы относятся её универсальность, простота конструкции, дешевизна при изготовлении, монтаже, а также удобство в эксплуатации.

Поэтому изучение технологических процессов работы различных напольных воздухораспределительных систем, совершенствование их конструкции, а также средств погрузки и выгрузки высушиваемого материала в настоящее время актуально.

### Список литературы

1. Тюрин, И.Ю. Перспективы развития экспериментальных исследований процесса сушки. [текст] / И.Ю. Тюрин // Научное обозрение, № 5. – Саратов, ООО «АПЕКС-94», 2010, с.76...78.
2. Тюрин, И.Ю. Совершенствование технологического процесса досушивания сена на стационаре [текст] / Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук / Саратов, 2000, 24 с.
3. Тюрин, И.Ю. Значение процесса и способы сушки зерна [текст] // И.Ю. Тюрин, М.Ю. Тельнов // Научное обозрение, № 4. – Саратов, ООО «АПЕКС-94», 2011, с.112...116.
4. Тюрин, И.Ю. Анализ установок для тепловой обработки зерна [текст] // И.Ю. Тюрин, Н.В. Хитрова., Д.В. Тимаков // Современные концепции научных исследований. Материалы XIV Международной научно-практической конференции, Москва, 2015. С. 164-166.
5. Тюрин, И.Ю. Проблемы механизации процесса загрузки и выгрузки досушиваемого материала на воздухораспределительную установку при её эксплуатации [текст] // Тюрин И.Ю. // Образование, наука и производство, Орёл, Научная компания «Наука и образование» № 1 (14), 2016., с. 34-35.
6. Тюрин, И.Ю. Выбор условий сушки зерновых культур [текст] // Тюрин И.Ю. // Современные концепции научных исследований. Материалы XVI Международной научно-практической конференции, Москва, 2015. с. 22-24.
7. Тюрин, И.Ю. Снижение механических потерь при заготовке сена [текст] // Тюрин И.Ю. // Перспективы мировой науки. Материалы XI Международной научно-практической конференции, Великобритания, 2015. с. 66-69.
8. Тюрин, И.Ю. Возможные пути использования сушилок [текст] // И.Ю. Тюрин, В.Э. Юлдашев, В.А. Рустамов, Н.С. Безруков // Фундаментальные и прикладные исследования в условиях реформирования Материалы международной научно-практической конференции, Саратов, ООО "Центр социальных агроинноваций СГАУ", 2015. с. 69-71.
9. Тюрин, И.Ю. Способы увеличения кормовой ценности сена при его заготовке [текст] // И.Ю. Тюрин, Д.В. Тимаков, Р.Б. Ихласов // Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы. Материалы X Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Г.Е. Гришина, Пенза, ФГБОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия», 2014. с. 122-125.
10. Тюрин, И.Ю. Прочная кормовая база - высокая эффективность животноводства [текст] // И.Ю. Тюрин, Н.В. Хитрова, А.Н. Алешин, А.С. Серебряков, В.Э. Юлдашев // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России. Материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2014. с. 174-175.
11. Тюрин, И.Ю. Методика определения диапазона температуры сушильного агента в воздухораспределительном канале [текст] // И.Ю. Тюрин, В.Н. Соколов, М.Ю. Тельнов, В.Э. Юлдашев // Научное обозрение, № 2, 2014, с. 45-47.
12. Тюрин, И.Ю. Вопросы энергоэффективной технологии досушки [текст] // И.Ю. Тюрин, В.Э. Юлдашев // Научный вклад молодых исследователей в инновационное развитие АПК Вестник Студенческого научного общества, № 3, Санкт-Петербург-Пушкин, 2014, с. 90-91.

## АНТИФИЗИЧЕСКИЙ МИР КАК ОСНОВА ФИЗИЧЕСКОГО МИРА (ТРИЕДИНСТВО МИРОВ)

*Лишь тот достоин жизни и свободы,  
Кто каждый день за них на бой идёт...  
И.В. Гёте (1749-1832), «Буря и натиск»*

*Тяжело в учении — легко в бою!  
А.В. Суворов (1729-1800),  
«Наука побеждать»*

**Легошин Г.**

Россия, Саратов

**Аннотация:** В краткой форме рассмотрена фундаментальнейшая космологическая проблема поиска начала начал происхождения нашего видимого физического мира — Вселенной на основе метафизико-математической модели с использованием принципа золотой пропорции (золотого сечения) в глобальном приложении. Использован многовековой опыт сверхъестественного (Бог) и естественного (наука) Откровений в теологической терминологии, приведшего к онтологическому тупику: и космология, и теология фактически «сошлись» на идее *creatio ex nihilo* — создание Вселенной из ничего, или «ничто». Предложен вариант метафизического подхода для разрешения «тупиковой» проблемы ввиду явной безальтернативности иных подходов

**Ключевые слова:** физический мир, антифизический мир, космология, квантовая модель Вселенной, философия

Используя Ветхий и Новый Заветы в качестве отправной «точки» исследований происхождения нашего видимого мира, множество талантливых христианских и иудейских богословов в течение тысячелетий искали ответ на вопрос: из чего «есть-пошла», так сказать, наша необъятная для разума человека Вселенная.

Согласно сверхъестественному Откровению «В начале (времени) Бог (Святая Троица) *сотворил из ничего* (задуманное прежде) невидимое пространство и невещественную *праматерию* (в которой вещество существовало только в *возможности*)» [1, С. 298]. То есть Бог создал мир из «*абсолютного ничто*», или *creatio ex nihilo*, что соответствует в христианском варианте догмату — непререкаемой истине.

Откуда взялось это онтологическое ничто (*nihil*), а тем более «*абсолютное ничто*», известно только Богу... Тем более, существует контрарное выражение *ex nihilo nihil* — из ничего (ничто) нет и ничего по Закону сохранения энергии,

впервые логически сформулированного российским академиком М.В. Ломоносовым (1711-1765).

Величайший древнегреческий философ Платон (429-347 до н.э.) создал учение *creatio ex materia* о творении мира из *первичной материи*. Он создал чрезвычайно интересную для нас модель «мира идей» на основании учения древнегреческого философа Сократа (ок. 470-347 до н.э.) об абстрактных понятиях [смотри также поздние исследования древнегреческого философа-диалектика Гераклита Эфесского (кон. 6 в.-кон. 5 в. до н.э.) относительно изменчивости материального мира и учение Пифагора Самосского (6 в. до н.э.) «Числа правят миром»]. Гипотеза Платона о существовании мира идей предполагает эквивалентность *мира идей и реального бытия*, отличающегося от нашего материального (видимого) мира — *небытия* ( $\mu\acute{\eta} \acute{\omicron}\nu$  — мэ он). При этом платоновский мир идей *находится за пределами материального мира*, диалектически противоположен ему, т.е. трансцендентен ему. Главное в том, что этот мир идей является совокупностью абсолютных совершенных образцов *возможных вещей*: материальный мир, по Платону, это как бы «*тень*», отбрасываемая от мира идей/ эйдосов (рис. 1).

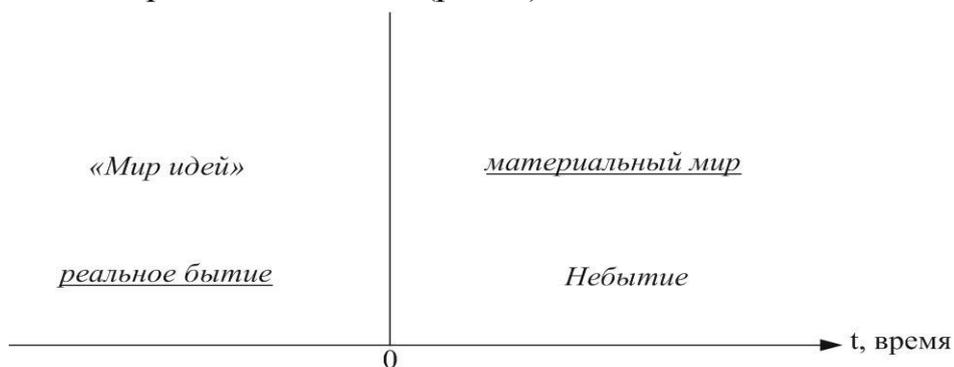


Рис. 1. Миропонимание по Платону: два сопряжённых мира

Таким образом, материальный мир является диалектическим отражением («тенью») мира идей — абсолютным проявлением истины: «высший» мир — мир идей (эйдосов) вечно порождает «низший» мир — мир материальный. В общем абстрактном представлении учение Платона чрезвычайно креативно и оригинально, является некоей первоначальной основой единения (единства) «противоположных» миров.

В научной (физической) космологии возникновение материального мира — Вселенной связывается с гипотезой её рождения из «квантового ничто». По логике теории Большого Взрыва материя появилась в самом начале в виде физического вакуума (гипотеза Э. Глинера, 1965). До этого момента не существовало никакой материи, как и пространства: «Как только возникла материя, часть этой первозданной материи немедленно превратилась в пространство, которое сразу же начало расширяться... Время возникло почти одновременно вместе с материей и пространством. Как объяснить мгновенное появление материи, а также пространства и времени?» [1, С.139]. На рис. 2 представлена принципиально-логическая схема рождения Вселенной.

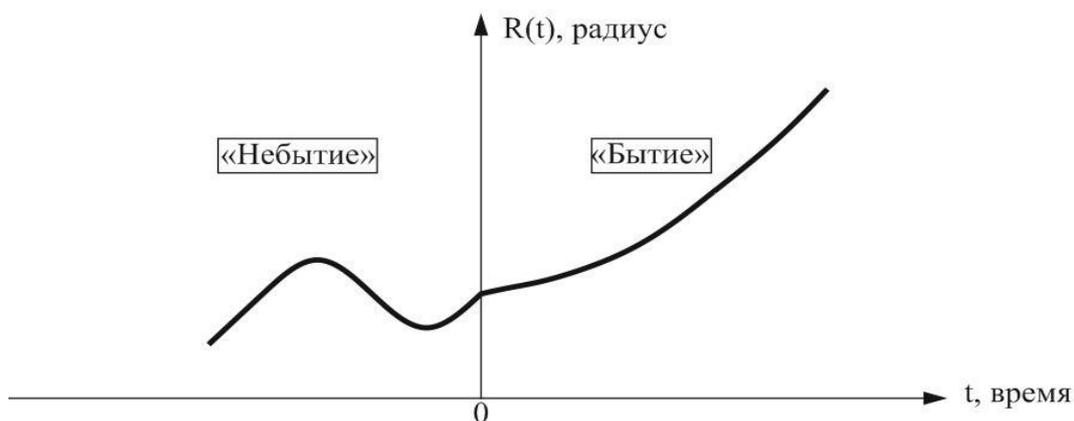


Рис. 2. Логическая схема рождения Вселенной, или квантовое рождение Вселенной по [1, рис. 12, С.139]

Из сопоставления рис. 2 и рис. 1 видно, что у Платона всё выглядит наоборот: мир идей, или реальное бытие (рис. 1) — это небытие (рис. 2), а небытие (рис. 1) — это бытие (рис. 2). При этом Небытие по рис. 2 переходит в Бытие через точку «0» — начало, т.е. через потенциальный барьер.

Далее, американский физик Э. Трион (1973) предположил, что существует *вероятность* случайного появления из вакуума, т.е. из *пустого пространства* частицы с массой Вселенной вследствие некоторой квантовой *флуктуации*. А. Старобинский в 1979 г. выдвинул усовершенствованную гипотезу: Вселенная не просто появилась в виде поля, но *вечно* существовала в виде *некоторого поля*. А. Виленкин развил идею Старобинского (1982) и предположил, что «до» начала существования Вселенной «было» некое «*квантовое ничто*» (в виде уравнения, описывающего *нереальное* квантовое поле), из которого возник реальный физический вакуум. Подобные идеи высказывались известными космологами С. Хокингом, Я. Моссом, Д. Аткинсом, Х. Пэтэлем и др. Вследствие спонтанной флуктуации «вечного» нереального квантового поля псевдореальная частица — будущая Вселенная испытывала процесс *квантового туннелирования* через потенциальный энергетический барьер «0», отделяющий в образной форме нереальный мир «квантового ничто» — Небытия от физической реальности — Бытия (рис. 2). «При выходе с другой стороны барьера, отделяющего «бытие» от «небытия», псевдореальная *частица* стала реальной Вселенной в виде реального квантового поля (физического вакуума)» [1, С.140-142]. Этот физический вакуум занимал планковский объём размером порядка  $10^{-99}$  см<sup>3</sup> и содержал только виртуальные, т.е. невещественные частицы. Следовательно, до спонтанной флуктуации физической реальности не существовало вообще, а Вселенная представлялась в виде *математического уравнения*, или, по Виленкину, «*буквального ничто*». Вот как Виленкин это объясняет: «Начальное состояние до [квантового] туннелирования представляет собой Вселенную исчезающего [нулевого]» радиуса, т.е. вообще отсутствие Вселенной. В этом своеобразном состоянии не существует *ни материи, ни пространства*. Кроме того, нет времени... Туннелирование описывается законами квантовой механики, а значит «*ничто*» должно подчиняться этим законам [2,3]. Виленкин считает квантовое

рождение Вселенной спонтанным (беспричинным) процессом. В этой связи А.А. Клецов утверждает, «...что учёные на самом деле *не знают* материальные причины для возникновения Вселенной» [1, С.143]. Однако, это не совсем так, вернее, совсем не так, так как существует наука *синергетика* (её основали и развили И. Пригожин, Г. Хакен, А. Тьюринг, С.П. Курдюмов и др.), которая позволяет с использованием её методов получить ответ на вопрос «чего не может быть». Теория бифуркаций и концепция параметров порядка применительно к самоорганизующимся системам позволяет учитывать влияние не только прошлого на настоящее, но и *влияние будущего на настоящее* [4, С.504-505]. С другой стороны, *метафизика* как философское учение о сверхопытных началах и законах бытия вообще, или какого-либо определённого типа бытия, может понять и увидеть самые сокровенные тайны бытия/небытия. Истинная метафизика, согласно убеждению немецкого философа Г.В.Ф. Гегеля (1770-1831), есть «мышление, которое *постигает единство определений в их противоположности*» [4, С.321].

Действительно, наука (физика, космология) в настоящее время её развития не может пока объяснить мирогенез *on line*, так сказать, но это не значит, что на этом «дело встало» (тупик). Мир — Вселенная существует, а значит, она откуда-то, из чего-то произошла без ссылок на «абсолютное ничто» (теология) или «квантовое ничто» (космология). Не нужно обманываться, прежде всего, в том, что мир до конца непостижим в принципе, ибо по Гегелю «Человек как мыслящее существо есть врождённый метафизик» (см. «Малая логика», § 98) и поэтому он может выйти за пределы тупикового запрета: именно «многие фундаментальные физические законы носят характер *правила запрета*» [4, С.505].

Ниже предполагается новая концепция мировидения, базирующаяся на использовании универсального золотого сечения, или золотой пропорции [5,6], а в качестве путеказателя или дао, по-китайски, используем слова великих людей прошлого: так святой мученик Иустин Философ (100-166) учил: «Кто может возвещать истину и не возвещает её, тот будет осуждён Богом». Великий физик-теоретик Альберт Эйнштейн (1879-1955) считал, что «Никакую проблему невозможно решить на том же уровне, на каком она возникла». Значит, нужны другие подходы для поисков *нового гносеологического прорыва* в описании постклассической картины мира, чтобы не впасть в *догматическую сингулярность* (лат. *singularis* — отдельный, особый).

Абстрактно, физический мир (ФМ) можно отобразить, например, на числовой оси масс различных объектов Вселенной в последовательности увеличения их масс: масса электрона  $m_e$ , масса протона  $m_p$ , масса Сатурна  $M_c$ , масса Солнца  $M_\odot$  и др. (рис.3).

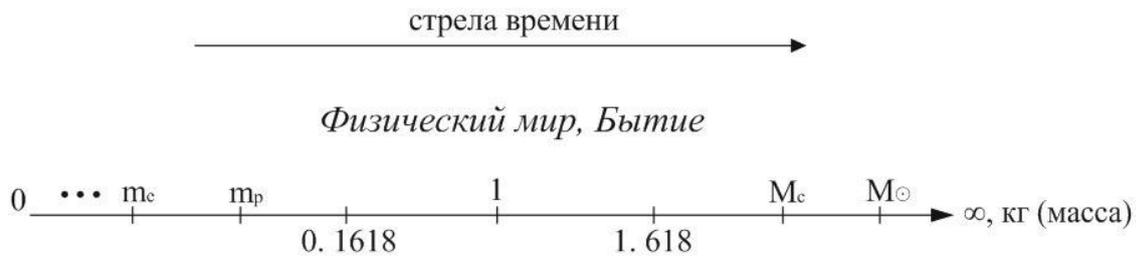


Рис. 3. Размещение маргинальных массовых противоположностей на числовой оси масс [6]

Было установлено на основании Универсального закона инверсии<sup>1</sup> (УЗИ), что согласно принципу золотого сечения справедливо следующее соотношение (квазиравенства) [5]:

$$\frac{M_c}{1} = \frac{1}{m_p}, \quad \frac{M_{\odot}}{1} = \frac{1}{m_e}, \quad \frac{M_{\Gamma}}{1} = \frac{1}{m_{\Gamma}}, \quad (1)$$

где  $M_{\Gamma}$  — масса галактики «Млечный Путь», или наша Галактика;

$m_{\Gamma}$  — Галактический квант излучения;

1 — среднепропорциональное, или центр маргинальной симметрии масс (Единое)

Согласно классической золотой пропорции (золотого сечения) в локальном масштабе можно записать:

$$\frac{1.618}{1} = \frac{1}{0.618},$$

где  $\Phi = 1.618\dots$  — большое «золотое число»,  $\phi = 0.618\dots$  — малое «золотое число», при этом  $1 \cdot 1 = 1^2 = 1 = 1.618 \cdot 0.618$ , или  $1 = 0.618 \cdot 1.618$ .

В глобальном масштабе при  $\Phi \rightarrow \infty$  и  $\phi \rightarrow 0$  имеет место следующая общая «метафизико-математическая» зависимость, принимая во внимание в физическом плане то, что  $\infty$  — это математический символ самой большой массы какого-либо мирового объекта вплоть до общей массы Вселенной или даже Мультивселенной (Поливселенной) и в то же время в философском ракурсе — Абсолютное Всё (АВ); 0 — символ минимально возможной массы (массы-энергии) какого-либо мирового микрообъекта или её отсутствие (ничто):

$$\frac{\infty}{1} = \frac{1}{0} \text{ или } 1 \cdot 1 = 1^2 = 1 = 0 \cdot \infty, \text{ т.е. } 1=0 \cdot \infty. \quad (2)$$

Соотношение (2) в виде тождества «гомологических» отношений математически предельно сжато описывает весь физический мир как «онтологическую» систему (функцию) фундаментальных чисел 0 (ничто), 1 (Единое) и  $\infty$  (Абсолютно Всё), или в другой форме: Единое (1) = Ничто (0) × Абсолютно Всё ( $\infty$ ). Чисто формально онтологическое ничто (0) можно также интерпретировать как начало физического мира, разворачивающегося затем в мировое Бытие как последовательность «рождений» соответствующих материальных объектов (рис. 3) по *стреле времени* (по И. Пригожину). В этом случае 1 — «реперная точка», разделяющая (соединяющая соответствующие объекты), например, в «связке»  $m_e - M_{\odot}$ ,  $m_p - M_c$ ,  $m_{\Gamma} - M_{\Gamma}$  и т.д. На рис. 2 «Бытию»

<sup>1</sup>inversio(лат.) — перестановка, переворачивание

соответствует физический мир рис. 3, а «0» — начало и рождение Вселенной. Но на рис. 3 отсутствует диалектически противоположный мир — антифизический мир (аФМ), контрарный<sup>2</sup> миру «Небытия» на рис. 2. «Достроим» этот фундаментальнейший мир для решения вопроса о том, откуда произошёл наш физический мир, или Вселенная как диалектическая противоположность антифизическому (метафизическому) миру аФМ, в котором материя, энергия, масса, пространство и время существуют только в возможности. При этом впервые вводятся в науку такие новые понятия («параметры») как  $-0$  (минус-нуль, или *минус-ничто*) и  $-\infty$  (*Абсолютно Ничто*, или *Абсолютное Небытие*). Кроме того, как бы в подтверждение вышеприведённых слов А. Эйнштейна, вводится новое понятие «нулевой мир», заключённый на общемировой оси масс (энергий) между  $-0$  и  $+0$ , т.е. между «минус-ничто» и «плюс-ничто». Состояние этого нулевого мира (НМ, инобытие) описывается *sectio universalis* [5] как математические объекты (кентавроиды) в виде двучленов типа, например,  $a+bi$ ,  $-a-bi$  и т.д., где  $i=\sqrt{-1}$  — мнимое число,  $+a$ ,  $+b$  — «массы» ФМ;  $-a$ ,  $-b$  — «массы» аФМ. НМ фактически соединяет Бытие с Небытием и в этой связи знаменитый немецкий философ, физик и математик Г. В. Лейбниц (1646-1716) в 1702 г. высказал весьма удивительную и глубокую мысль: «Мнимые числа — это прекрасное и чудесное убежище божественного духа, почти что *сочетание Бытия с Небытием*» [7, С.162].

Итак, представим *метафизико-математическую модель* трёх сопряжённых миров (рис. 4)

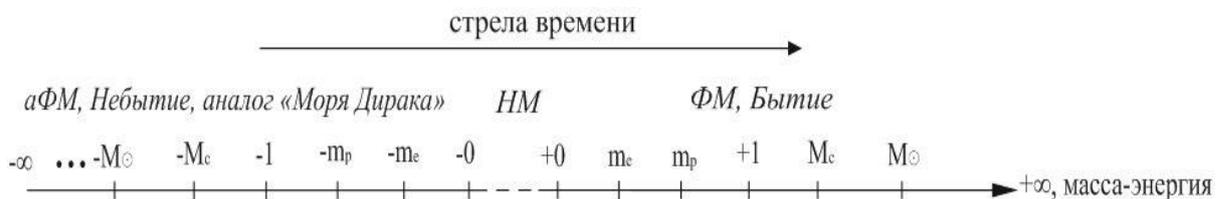


Рис. 4. Логическая модель триединого (триадного) мира аФМ—НМ—ФМ на обобщённой числовой оси масс ( $-m_e$  — антиэлектрон, т.е. позитрон;  $-m_p$  — антипротон;  $M_c$  — «антисатурн»;  $-M_{\odot}$  — «антисолнце»)

Как указывалось выше в контексте данной статьи, наш физический мир ФМ, или Вселенная в целом, произошёл около 13.8 млрд. лет назад с отсчётом от  $+0$ , или от плюс-ничто по двум версиям: 1) теологической согласно модели (догмату) лат. *creatio ex nihilo* — творение Богом мира из «ничто», т.е. из Абсолютного Небытия, Абсолютного Ничто. Заметим, что гностик Василид из Александрии Египетской был *первым* теологом, употребившим (ок. 130 г.) формулировку «творение из ничего» в её настоящем богословском смысле [1, С.254-273]; 2) рождение Вселенной из «квантового ничто», из невещественной материи. Однако, диалектически «достроенный» антифизический мир аФМ, отделённый от физического мира ФМ нулевым миром НМ, даёт чёткое и наглядное представление о том, откуда берётся в исходе материя для ФМ.

<sup>2</sup> контрарный (лат. *contrarius*) — противоположный, противный

Привлекая для пояснения (прояснения) общей картины «системы Небытие-Бытие» идею английского физика Поля Дирака (1902-1984) — невидимое «море Дирака» как умозрительную модель физического вакуума для электрон-позитронной пары, можно «уверенно» предположить заполненность «пустого» аФМ начальной (первичной) невещественной *праматерией*, или *прафизическим вакуумом* («физическим правакуумом»), в котором присутствуют «отрицательные» массы «объектов» (элемент отрицательной энергии по Дираку: например, энергия  $E = -m \times c^2$ , где «-m» как бы отрицательная масса (условно)) на рис. 5.



Рис. 5. «Море Дирака» как прототип физического вакуума [1, С. 119, рис. 11] и аФМ; «море Дирака» «безбрежно», оно заполняет собой всё «пустое» «пространство», и это можно рассматривать как «море» состояний только с отрицательной энергией или «отрицательной» массой (сравни  $E = +m \cdot c^2$  и  $E = -m \cdot c^2$ , где  $c$  — скорость света в вакууме)

Таким образом, «пустое пространство» аФМ можно условно представить как «сумму» различных по энергетической «структуре» прафизических вакуумов [9], среди которых наинизшим энергетическим состоянием обладает так называемое Абсолютное Ничто, т.е.  $-\infty$  на рис. 4. Воистину, согласно гипотезе английского математика У. Клиффорда «частицы материи — это просто „сгустки пустоты“». При этом понятие «прафизический вакуум» достаточно эквивалентно логическому смыслу китайской «великой пустоты». Китайский философ Чжан Цзай (1020-1072) придавал последней высший онтологический статус как «отсутствие [даже] отсутствия/небытия» [4, С.570].

Представленная на рис. 4 модель позволяет увидеть, понять механизм перехода аФМ в ФМ, при этом тёмная материя (тёмная масса) и тёмная энергия являются атрибутами такого перехода, в связи с чем понятие «ничто» приобретает глубокий онтологический смысл (статус) «непустой пустоты». Это, в том числе, относится и к понятию (категории) Абсолютного Ничто как наинизшему энергетическому состоянию нематериальной субстанции. Тогда выражение *ex nihilo nihil* приобретает ясный логический/физический смысл: из

ничего не может быть ничего (создано, «сотворено»). Так что теологическое понятие «ничто» имеет свой онтологический (ненулевой) смысл и поэтому Бог, по логике сверхъестественного Откровения, создал мир из не пустого «ничто», а из праматерии аФМ, контрарного, как выше было показано, нашему ФМ. То же относится и к космологическому понятию «квантовое ничто». Заметим, что аФМ можно вполне логически ассоциировать с «миром идей» Платона (рис. 1), представляющего его как «реальное бытие», которое извечно порождает материальный мир, или, по Платону, «небытие», являясь некоей «тенью». Удивительно, но Платон ставил «мир идей» выше материального мира, т.е. в нашей концепции аФМ порождает ФМ — его «тень». Стало быть, по концепции (догмату), Бог должен был творить мир из этого мира идей/эйдосов, или Логосов. Правда, о субстанциональной структуре «моря идей» Платон ничего не сообщил более конкретно... Как говорится, *Amicus Plato, sed magis amica est Veritas*<sup>3</sup> (Аристотель).

То есть, в целом аФМ является вечным источником, или «поставщиком», в конечном итоге, материи (праматерии) для ФМ с преодолением потенциального квантового барьера в виде нулевого мира НМ. Единство трёх миров можно математически записать в виде гомологического ряда сингулярных отношений, носящих суперширокий онтологический статус, «спектр»:

$$\frac{+\infty}{+1} = \frac{+1}{+0} = \frac{+0}{-0} = \frac{-0}{-1} = \frac{-1}{-\infty}. \quad (3)$$

По аналогии с триадической Святой Троицей<sup>4</sup> (Бог Отец — Бог Сын — Бог Дух Святой) [10] триединство миров выразим по Гегелю мировой триадой: аФМ (тезис) — НМ (антитезис) = ФМ (синтез).

*Заключение:* предложена новая концепция (парадигма) решения самого фундаментального вопроса (проблемы) начала происхождения нашего физического мира — Вселенной на основе метафизического подхода с использованием принципа золотого сечения (золотой пропорции) в глобальном масштабе. Показано, что возникший «онтологический тупик» в гносеологическом аспекте разрешается «достраиванием» к физическому миру антифизического мира, соединяя эти миры нулевым миром НМ (инобытие). Триединство миров ФМ — НМ — ФМ логически как бы «умиротворяет» теологическую модель происхождения Вселенной как её Творение Богом и космологическую (научную) модель рождения Вселенной из прафизического квантового вакуума (вакуумов). Раскрыто содержание понятия «ничто»/«ничего», носящего этимологически онтологический статус, смысл, реальность.

*Дополнение:* наш физический мир — Вселенная, согласно расчётам автора статьи, в области квазисингулярного состояния имеет точное численное значение размерности  $D_u = 7.617$  (индекс «u» — Universe), прямо отражающее

<sup>3</sup>«Платон мне друг, но истина дороже» (лат.)

<sup>4</sup> греч. Τριάδα Αγία; лат. Trinitas

золотую пропорцию:  $7.617 \approx 6+1.618$  и  $7.617 \approx 7+0.618$ , где  $\Phi = 1.618$  и  $\phi = 0.618$  ( $\Phi$  и  $\phi$  см. в тексте статьи).

Образно говоря, возникший проблемный «Гордиев узел» (в нашем варианте «Горгиев узел») пришлось «разрубать», по примеру Александра Македонского (356-323 до н.э.), с помощью метафизического «меча»... Иначе можно было оказаться в роли древнегреческого софиста Горгия (ок. 480-ок. 380 до н.э.), который в сочинении «О природе, или О несуществующем» выдвинул три 1) ничего не существует, 2) если бы нечто существовало, то было бы аемо, 3) если бы нечто было познаваемо, то познанное было бы имо. Тем не менее, и познать мир, и выразить его удастся всё-таки через 2.5 тыс. лет главным образом с помощью универсального золотого сечения/золотой пропорции, или, по-иному, Божественной пропорции *Sectio divina*.

### Библиография

1. Клецов А.А. Физика Бытия: происхождение Вселенной в 10 стихах. Естественно-научное толкование первых четырёх дней Миротворения. -Саратов: изд-во Саратовской митрополии, 2015.- 495 с.
2. Vilenkin A. Creation of Universes from Nothing // Physics letters. 1982. Vol. 117 B. № 1, 2. P. 25-28. [Виленкин А., Создание вселенных из Ничего].
3. Vilenkin A. Many Worlds in One: The Search for Other Universes. New York: Hill and Wang, 2006. P. 180-181. [Виленкин А., Много миров в одном: в поисках других Вселенных].
4. Словарь философских терминов // Научная редакция профессора В.Г. Кузнецова. - М.: ИНФРА-М, 2005 -XVI,- 731 с.
5. Легошин Г.М. Материя. Космология. Философия. Золотое сечение (*sectio universalis*). - Саратов: Авиационный колледж, 2000- 156 с.
6. Легошин Г.М. Философия ничто и нулевого мира: *Nec plus ultra*. - Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ»,- 2006. - 136 с.
7. Горбачёв Н.А. Выдающиеся физики и математики о философии. - Саратов: Саратовский педагогический институт, 1975.- 182 с.
8. Легошин Г.М. Метафизика математического и физического миров. - Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2008.- 165 с.
9. Легошин Г.М. Временной, или хронологический ряд элементарных частиц в единой системе «жизнь-космос» // Вестник развития науки и образования ([www.sced.ru](http://www.sced.ru)). № 4, 2012.-С. 119-127.
10. Григорий Палама, свт. Триады в защиту священно-безмолствующих. М., 1996.

Благодарности: за 20-летний срок работы по космологической тематике я получал существенные советы и реальную помощь от моих учителей и коллег, которым приношу искреннюю благодарность, а именно: Ю.Н. Маслову, к.т.н.; В.Н. Гасилину, д.ф.н.; П.Д. Саркисову, акад. РАН (Москва); В.В. Михайлову, д.т.н., Засл. деятелю науки и техники; Н.М. Солодухо, д.ф.н. (Казань); А.Д. Чернину, д.ф.-м.н. (Москва); Д.И. Трубецкову, д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН; В.М. Бойкову, д.т.н.; Ф.С. Шимчуку, Председателю Совета директоров ОАО «НЕФТЕМАШ-САПКОН»; С.В. Ларионову, д.б.н., проректору СГАУ им. Н.И. Вавилова; И.Л. Воротникову, д.э.н., проректору СГАУ; Димитрию Полохову, зав. кафедрой богословия СПДС; В.Я. Матвиенко, к.т.н.; И.В. Тимошенко, к.т.н.; Н.В. Лыкову, гл. редактору «Взгляд-ИНФО»; О.В. Шимельфенигу, к.ф.-м.н.; Л.А. Фроловой, инж; К.Н. Скрягину, инж; С.С. Ксенафонтову, инж; А. Ф. Равичу, к.ф.-м.н.; И.И. Любимову, к.т.н.; А.А. Клецову, к.ф.-м.н.; иерею А.Ю. Омельченко (священник Саратовской Митрополии); Н.М. Маркелову, вып. редактору радиостанции «Эхо Москвы» (Саратов) и многим другим.

Статья пафосно посвящена молодежи XXI и других веков, всему человечеству вне каких-либо конфессиональных (религиозных) предпочтений: мир един, едино и всё человечество.

*Об авторе*: Легошин Георгий Михайлович, кандидат технических наук (автор девяти монографий); выпускник СПИ, ныне СГТУ им. Ю.А. Гагарина.

*Контакты*: e-mail 1) [fanspeed22@gmail.com](mailto:fanspeed22@gmail.com); 2) [gogol70@mail.ru](mailto:gogol70@mail.ru);

3) [pustovoi-luke@yandex.ru](mailto:pustovoi-luke@yandex.ru)

\_\_\_тел. 8 987 832 57 60

**Н.В. Спевак, В.Я. Спевак, Е.В. Моисеев, Р.М. Медведев**

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЕРМИКУЛЬТИВИРОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

За последние шесть десятилетий интенсификация земледелия осуществлялась за счет внедрения индустриальных методов, широкого использования минеральных удобрений и пестицидов, а также тяжелой техники, что привело к резкому снижению плодородия почвы, связанного с потерей гумуса и ее деструкцией. Содержание в почве гумуса – один из важнейших показателей ее плодородия. Гумус – органическое вещество почвы, продукт переработки растительных и других остатков пищеварительном тракте многочисленных животных почвенного сообщества, в котором доминируют черви. Гумус активизирует биохимические и физиологические процессы, повышает обмен веществ и общий энергетический уровень процессов в растительном организме, способствует усиленному поступлению в него элементов питания, что сопровождается повышением урожая и его качества. Более 100 лет назад корифей отечественного почвоведения В.В. Докучаев отмечал, что в Центральных черноземных областях России черноземы имели от 10% – 14% гумуса, то сейчас осталось только 4% – 5%. [1] Резкое снижение гумуса ухудшило водно-физические свойства почв, а также снизило до предела обеспеченность культурных растений влагой, воздухом и минеральными элементами. Учитывая, что уменьшение гумуса в почве на 1% приводит к снижению урожая примерно на 5 ц/га, то ежегодно недобор урожая весьма значителен. [1] Возможность использовать навоз и птичий помет в качестве органического удобрения – идея не новая, но данная технология стала малоэффективной, низкорентабельной и энергоемкой, особенно если ее применять на почвах, подверженных внесению большого количества минеральных удобрений и пестицидов. Для повышения эффективности удобрительных свойств навоза и птичьего помета предлагается на их основе готовить субстрат и затем его перерабатывать с помощью технологических дождевых червей (компостные черви *Eisenia foetida*) в вермикомпост. [1] Это современная биотехнология переработки отходов животноводства и растениеводства в высокоэффективное органическое удобрение позволит земледельцам быстро возродить плодородие почвы до максимально возможного уровня урожайности и получить экологически чистую продукцию. Вермикомпост не только гумусное, но и микробиологическое удобрение. Внесение его в почву нормализует развитие характерное здоровой почве, микробных ассоциаций. Вермикомпост превосходит навоз и торфонавозные компосты по содержанию гумуса в 4 – 8 раз. Коэффициент его гумификации 15%

– 25% в то время как для навоза он составляет до 10%. [1] Ценность вермикомпоста в большом количестве микроорганизмов. Высокое содержание ферментов способствует процессам регенерации природно бедных почв или почв, загрязненных химическими веществами. При внесении вермикомпоста на обыкновенные черноземы отмечалось значительное улучшение их физических свойств. Плотность почвы уменьшалась за счет уменьшения ее органической части с 2,7 до 2,07 г/см<sup>3</sup>, одновременно возросла пористость почвы в пахотном горизонте с 53 до 55%, кроме того повысилось содержание фракций, составляющих основу агрономической ценной комковато-зернистой структуры, что приводит к снижению сопротивления при основной обработке почвы. [1] Урожайи всех культур, удобренных вермикомпостом, созревают на 10 – 15 дней раньше, а растения приобретают невосприимчивость к различным заболеваниям и холодоустойчивость. При норме внесения вермикомпоста 3т/га урожайность зерновых культур увеличивается на 20% – 25% , овощных на 40% – 60%, подсолнечника до 100%, перцев до 105%. При норме внесения 6т/га повышается засухоустойчивость возделываемых культур. [1] Использование вермикомпоста в сочетании с минеральными удобрениями повышает их эффективность более чем на 20%. Кроме того, в процессе промышленной технологии вермикультивирования дождевые черви могут быть источником полноценного животного белка. При переработки 1т субстрата (в пересчете на сухой вес) можно получить от 70 – 100 кг биомассы дождевых червей. Содержание белка в мясе червей составляет 51-62%. Кормовую муку, приготовленную из избыточной биомассы червей, можно использовать в кормовых рационах животных, птиц и прудовой рыбы. [1]

Вермикультивирование осуществляют на открытых площадках, теплицах и закрытых помещениях. Распространение получили следующие способы вермикультивирования: в ящиках, контейнерах, на стеллажах и в грядах. Наиболее распространенным в производстве является грядный способ вермикультивирования с вертикальным и боковым распределением подкормки (рис. 1). [1,2]

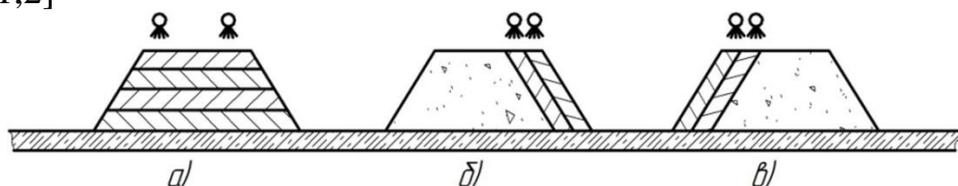


Рис. 1. Грядные способы вермикультивирования:

*a* – с вертикальным распределением подкормки; *б, в* – с боковым распределением подкормки.

Данные способы вермикультивирования имеют существенные недостатки. Способ с вертикальным распределением подкормки (рис. 1*a*) при постоянном орошении верхних слоев гряды приводит к переувлажнению готового вермикомпоста, находящегося в нижних слоях гряды и требует дополнительных расходов электроэнергии при его переработке на подсушивание до влажности 50-55%. Кроме того, из-за интенсивного подсушивания, снижается качество вермикомпоста. Вермикомпост, при грядном способе с боковым распределением

подкормки, меньше подвержен переувлажнению, но вермикультура медленнее размножается, что приводит к увеличению сроков переработки субстрата.

Нами предложен более перспективный грядный способ вермикультивирования с частично верхним и боковым распределением подкормки (кочующая гряда), который лишен перечисленных выше недостатков (рис. 2). [2]

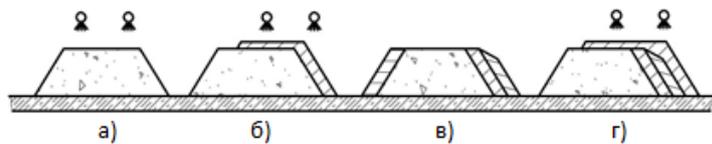


Рис. 2. Грядный способ производства вермикомпоста с частично верхним и боковым распределением подкормки.

*a* – основная гряда, *б, в* – распределение подкормки, *в* – перемещение верхнего слоя подкормки и отделение готового вермикомпоста.

Он включает в себя формирование основной гряды из субстрата (рис. 2*a*) и заселение ее вермикультурой, с последующим ее увлажнением до 75-80%. По мере переработки субстрата вермикультурой частично по поверхности и сбоку гряды (рис. 2*б*), распределяется подкормка из субстрата. Затем по мере переработки ее вермикультурой верхний слой гряды перемещается в боковую часть гряды для концентрации численности вермикультуры, а противоположная боковая часть гряды отделяется (рис. 2*в*). Затем снова частично по поверхности гряды и сбоку распределяют свежую подкормку (рис. 2*г*). При увеличении численности червей свыше 5000 шт/м<sup>2</sup> гряды производится их отделение с последующей их переработкой. Предложенный грядный способ вермикультивирования позволит выполнять все технологические операции с помощью технических средств.

### Список литературы

1. Игонин А.М. Дождевые черви: как повысить плодородие почв в десятки раз, используя дождевого червя – «старателя». / А.М. Игонин. – Ковров: «Маштекс», 2002. – 192 с.
2. Способ производства вермикомпоста и устройство для его осуществления: Пат. на изобретение Рос. Федерация / Спевак Н.В., Спевак В.Я., Медведев Р.М., Лифатов В.В., Никульникова А.А., Шарапова И.Г., Моисеев Е.В. - №2546893; опубл. 10.04.2015. Бюл. №10.

**О.А. Фоминых, В.Я. Спевак**

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМПСТИРОВАНИЯ НАВОЗА И ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА**

В процессе производства всех видов продукции животноводства и птицеводства на фермах, комплексах и птицефабриках накапливаются большие объемы различных видов вторичного сырья: навоза, птичьего помета и сточных вод. На физико-механические свойства навоза и птичьего помета большое влияние оказывают способы содержания животных, способы их уборки, удаление, хранение и переработки. Во время их хранения в навозо- и помехохранилищах потери сырого вещества составляют 25-30% , сухого вещества – 26 – 32%, общего азота – до 42%. [1]

Установлено, что около 80% аммиака, загрязняющего атмосферный воздух, и 10% метана, разрушающего озоновый слой, поступает из навоза в процессе хранения. [1]

Навоз и птичий помет кроме элементов питания, необходимых для роста растений содержит большое количество патогенных бактерий, личинок и яиц гельминтов, которые являются источниками различных заболеваний. Поэтому своевременная и полная утилизация навоза и птичьего помета позволит значительно улучшить экологическую обстановку на животноводческих предприятиях, а растениеводство получит качественные органические удобрения. [1]

Компостирования навоза и птичьего помета – один из более перспективных и экономичных методов. Одним из главных факторов, влияющим на интенсивность процессов компостирования, является соотношение углерода к азоту (C:N). Углерод считается источником энергии, а азот – материалом для построения клеток микроорганизмов. Для эффективного протекания микробиологического процесса в компосте соотношение углерода и азота (C:N) должно быть в пределах 20-30:1. В бесподстилочном навозе и птичьем помете соотношение углерода и азота составляет от 5:1 до 10:1, в подстилочном – до 19:1, в конском навозе 20:1. Смешивание их с углеродсодержащими компонентами: Торфом, измельченной соломой, опилками, древесной корой и отходами переработки зерновых, крупяных и масличных культур позволит оптимизировать микробиологический процесс компостирования. Компостирование протекает в 2 стадии. На первом этапе интенсивно развивается мезофильные микроорганизмы, повышение температуры компостной массы до температуры 80 градусов приводит их к гибели, но при этом начинают размножаться термофильные микроорганизмы. На втором этапе компостирования окислительные процессы достигают наибольшей эффективности. При достижении по всему объему компостируемой массы

температуры 55 °С наступает полная дегельментизация, а также семена сорных растений полностью теряют всхожесть. [2]

В сельскохозяйственном производстве используется в основном следующие способы компостирования: площадочный, очаговый и послойный. Первые два способа, из-за ограниченности применяемых технических средств, не позволяют получать качественных компостов. Наиболее эффективным является послойный способ, который применяется при подготовке всех видов компостов в любое время года. [1]

Наибольшую сложность при послойном компостировании полужидкого навоза и птичьего помета представляет формирование корытообразной гряды из влагопоглощающих компонентов (рис. 1).

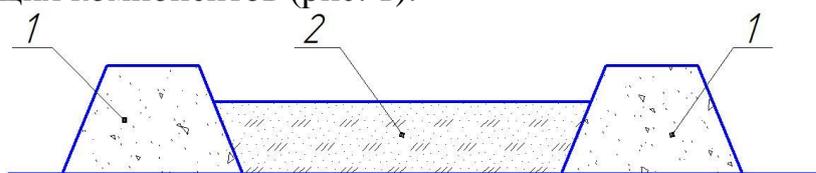


Рис. 1. Корытообразная гряда:  
1 – валик, 2 – подушка.

Для формирования такой гряды используют кормораздатчик КТУ – 10А и навозоразбрасыватель. Вначале с помощью кормораздатчика КТУ – 10А формируются два валика 1 высотой 0,4-0,45 м на расстоянии 2,7 м один от другого, а затем навозоразбрасывателем расстилается между ними подушка 2 из влагопоглощающих компонентов толщиной 0,2-0,3 м. [1,2]

Для получения органоминеральных компостов на подушку вносят минеральные удобрения, затем с помощью РЖТ–8 в корытообразную грядку загружают полужидкий навоз или птичий помет. После определенного срока выдержки (двое-трое суток) грядка перемешивается и перегружается в бурт высотой до 2,5-3 м. [1,2] Для повышения эффективности компостирования рекомендуется использовать ЭМ-препараты. Эффективные микроорганизмы (ЭМ) обеззараживают такие яды, как диоксид углерода, аммоний, метан, сероводород, питаясь этими веществами. Молочные бактерии (МБ), входящие в состав концентрата производят физиологически активные вещества и молочную кислоту – сильный стерилизатор, она подавляет вредные микроорганизмы и ускоряет разложение органического вещества. Ферментирующие грибы, входящие в ЭМ-препарат подавляют запахи и болезнетворные бактерии. Компостируемая масса, обработанная раствором ЭМ-препарата, созревает на 10-20 дней раньше. [1] Поэтому необходимо совершенствовать технологические условия компостирования навоза и птичьего помета и обеспечить разработку устройства для формирования корытообразных гряд из влагопоглощающих компонентов.

### Список литературы

1. В.Я. Спевак. Механизация удаления и переработки навоза и птичьего помета: Учеб. пособие / ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2007. – 136 с.
2. Органические удобрения: Справочник / П.Д. Попов, В.И. Хохлов, А.А. Егоров и др. – М.: Агропромиздат, 1998. – 207 с., ил.

УДК 631.33.024

**Е.С. Нестеров, Г.Е. Шардина, В.М. Бойков, О.В. Саяпин**

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова,  
г. Саратов

## **СПОСОБЫ ФОРМИРОВАНИЯ СЕМЕННОГО ЛОЖА И ЗАДЕЛКИ СЕМЯН ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР**

Сельское хозяйство РФ создает свыше четверти ее национального дохода. Из его продукции производится более 70 % товаров народного потребления, почти весь объем продуктов питания отечественного производства.

Получение высоких урожаев зерновых культур в нашей стране может быть достигнуто путем применения современных ресурсосберегающих технологий возделывания. Наиболее полно эти возможности могут быть реализованы лишь при внедрении научно обоснованных механизированных технологий.

Цикл формирования зерновой культуры условно подразделяется на 4 периода. Первый – «сев - всходы» – завершается разворачиванием первого листа. Второй начинается с появления трех листьев на главном побеге и заканчивается полным кущением. Третий период наступает с началом выхода в трубку и завершается фазой колошения. Четвертый период начинается с цветения и заканчивается полным созреванием зерна. Каждый период связан с потерями стеблестоя.

Процесс прорастания семени начинается с поглощения воды. Это пусковой момент прорастания. Второй этап – проклевывание семени, т.е. появления корешка. На данном этапе главный корень зародыша внедряется в почву и начинает активно поглощать из нее воду и необходимые элементы питания. На третьем этапе росток достигает поверхности почвы – появляются всходы. Таким образом, наличие в почве доступных воды и кислорода воздуха является важнейшим условием дружного появления всходов. С другой стороны, эти факторы антагонистичны и зависят от плотности почвы: рыхлая почва содержит больше воздуха и меньше удерживает влагу, плотная – наоборот.

Агрономические опыты показывают, что наилучшее сочетание указанных факторов достигается лишь при расположении зерновки в почве на границе двух слоев – нижнего (влажного) плотного и верхнего рыхлого (рис. 1, а). В нижний слой почвы проникают корни растения, в нем хорошо развиты капилляры, и растения обеспечиваются влагой, не зависимо от складывающихся после посева погодных условий. Верхний мульчирующий слой защищает плотное ложе от испарения влаги и иссушения, через него происходит воздухообмен и поступление тепла. Сошники сеялок не достаточно глубоко заглубляются в почву, прорезают лишь верхний мульчирующий слой и укладывают семена на уплотненный слой в одном горизонте [1,2].

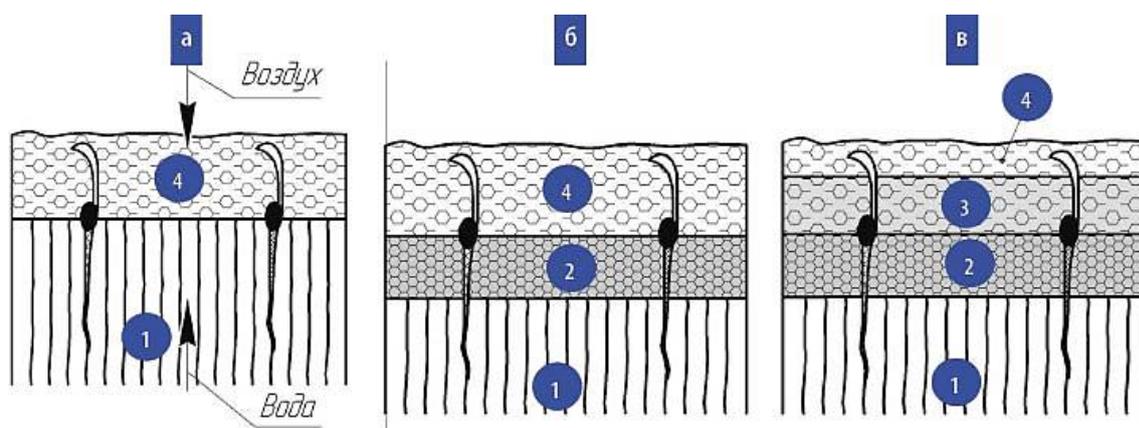


Рисунок 1. Способы подготовки сплошного семенного ложа: а – предпосевной обработкой почвы на глубину заделки семян; б – предпосевным прикатыванием взрыхлённого слоя почвы; в – предпосевным и послепосевным прикатыванием взрыхлённого слоя почвы; 1 – слой почвы ниже дна обработки; 2 – уплотнённая часть взрыхлённого слоя почвы до посева; 3 – уплотнённая часть слоя почвы с семенами после посева; 4 – рыхлый верхний слой почвы.

Исследованиями установлено [1,2], что граница плотного влажного и рыхлого слоев должна находиться на глубине залегания узла кущения, у злаковых – 1-4 см. Обработка слежавшихся легких и средних почв была бы идеальной, если бы осуществлялась на глубину заделки семян. Однако на практике она выполняется на значительно большую глубину. В таком случае слой почвы, расположенный ниже глубины заделки семян, должен быть немного уплотнён катками (рис. 1, б). В слегка уплотнённом слое в кратчайшие сроки восстанавливается капиллярная система, в результате чего обеспечивается подвод влаги к высеянным семенам.

В настоящее время на практике применяются различные способы подготовки сплошного семенного ложа. Наиболее известными из них являются: уплотнение почвы при предпосевной обработке; уплотнение почвы после посева; уплотнение почвы при предпосевной обработке и после посева. Каждый из них имеет место только в определенных условиях и при соблюдении основных требований к формированию посевного ложа. Если умеренное уплотнение почвы желательно для обеспечения контакта между почвой и семенами, то при достижении определенного предела оно становится нежелательным.

В целом анализ многочисленных агрономических исследований по обоснованию оптимальных параметров посевного слоя, а также практики его подготовки при предпосевной обработке почвы показывает, что эта задача весьма непростая. Положительное решение ее во многом, а иногда и решающим образом, зависит от таких факторов, как: тип почвы и наличие в ней влаги, срок сева и метеорологические условия после посева, применяемая техника. В связи с этим в последнее десятилетие стали применяться на практике более эффективные и надежные способы подготовки семенного ложа. Принципиальное отличие их заключается в том, что подуплотненное ложе формируется не сплошное, а порядковое только под семенами с оставлением рыхлых междурядий. Такой способ имеет ряд преимуществ перед традиционным

в части более надежного и стабильного поддержания водно-воздушного режима для развивающихся растений. Прикатанные бороздки обеспечивают подвод влаги к семенам из низлежащих слоев почвы, а рыхлые междурядья улучшают воздухообмен почвы, т. е. выброс из нее углекислого газа и поступление кислорода к корневой системе. Улучшается также проникновение атмосферной влаги в почву. Таким образом, достигается «компромисс» между влагой и воздухом.

Исходя из биологических особенностей зерновых культур, их требований и особой чувствительности к условиям произрастания на ранних этапах развития обоснованы параметры посевного слоя, в котором оптимально могут сочетаться важнейшие факторы внешней среды. На основании этих параметров установлены основные требования к технологическому процессу и рабочим органам формирования семенного ложа [1,2]:

- посевная бороздка должна создаваться с плотным дном, поскольку оно предполагает подведение влаги по капиллярам к высеянным семенам;
- должен обеспечиваться контакт семян с влажным дном семенной бороздки, определяющий скорость их набухания и прорастания;
- влажная уплотненная почва с семенами должна быть закрыта слоем рыхлой почвы, снижающей испарение влаги;
- конструкция сеялки должна обеспечивать равномерное размещение семян по площади поля, заделку их на одинаковую глубину, строго требуемую норму высева, проведение сева в наилучшие агротехнические сроки применительно к почвенно-климатическим условиям района.

В результате многочисленных испытаний, наблюдений и исследований установлено, что все существующие сошники сеялок не способны образовывать бороздки с необходимой плотностью дна. На основании этого сделан вывод, что для бороздкообразования лучше всего подходят катки с клиновидным ободом.

На основании проведенного анализа, можно сформулировать основные требования к технологическому процессу, составу и типу рабочих органов для эффективного формирования семенного ложа и заделки семян. В соответствии с ними дно посевной бороздки должно быть плотным, поскольку оно предполагает подведение влаги по капиллярам к высеянным семенам; должен осуществляться контакт семян с влажным дном бороздки, определяющий скорость их набухания и прорастания; влажная уплотненная почва с семенами должна закрываться слоем рыхлой почвы, снижающей испарение влаги; конструкция сеялок и посевных агрегатов должна обеспечивать равномерное размещение семян по площади поля, равномерную заделку их на оптимальную глубину, высев требуемой нормы семян и проведение сева в наилучшие агротехнические сроки применительно к почвенно-климатическим условиям района возделывания культур.

### **Список литературы**

1. Брандт, Ю.К. Тенденции развития посевных и посадочных машин [Текст]: обзорная информация / Ю. К. Брандт, В. А. Соколов // ВНИИТЭИСХ. - М., 1982. - 82 с.
2. Научная библиотека диссертаций и авторефератов disserCat [Электронный ресурс] URL: <http://www.dissercat.com/content>

## Оглавление

Е.Е.Демин О ПРОФЕССОРЕ А.Г. РЫБАЛКО .....	3
Н.В. Батищева ИННОВАЦИОННЫЕ СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ ПИВНОЙ ДРОБИНЫ.....	6
И.В. Голубцова К ВОПРОСУ О РЕЗЕРВНЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ .....	11
Т.В. Карпухина, В.Н. Ковальногов, М.Г. Корныльев ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОГО СОСТОЯНИЯ КАПИЛЛЯРНО- ПОРИСТОГО ТЕЛА В ПРОЦЕССЕ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКА .....	15
Т.В. Карпухина, В.Н. Ковальногов, М.Г. Корныльев ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ КАПИЛЛЯРНО- ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ С РЕГЕНЕРАЦИЕЙ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА.....	17
Т.В. Карпухина, В.Н. Ковальногов, М.Г. Корныльев ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОГО СОСТОЯНИЯ КАПИЛЛЯРНО- ПОРИСТОГО ТЕЛА В ПРОЦЕССЕ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ .....	20
И.Е. Карасев, В.Н. Кувайцев, Н.П. Ларюшин, А.В. Шуков ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ СЕМЯН ПО СЕМЯНВПРАВИТЕЛЮ КОМБИНИРОВАННОГО СОШНИКА .....	23
И.Е. Карасев, Н.П. Ларюшин, С.П. Лысый РАЗРАБОТКА НОВЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЯЛКИ ДЛЯ ПОСЕВА МЕЛКОСЕМЕННЫХ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР.....	26
Ю.В.Комаров, С.А.Романчиков, С.В.Тимофеев СПОСОБЫ ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР .....	29
С.П. Лысый, В.Н. Кувайцев, Н.П. Ларюшин ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ШАЙБЫ С МЕЛКОЗУБЧАТЫМ ПРОФИЛЕМ ДЛЯ ВЫСЕВА МЕЛКОСЕМЕННЫХ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР.....	32
А.В. Мамонов ВЫБОР ВАРИАТОРА ПРИВОДА ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА СЕЯЛКИ ДЛЯ ПОСЕВА МЕЛКОСЕМЕННЫХ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР .....	35

М.А.Мосяков ТИПЫ МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩИХ СИСТЕМ.....	38
Е.С. Нестеров, В.М. Бойков, К. Окас АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ОРУДИЯ КОМБИ-6.....	41
Д.О. Семенов, Г.Е. Шардина ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КАРТОФЕЛЯ, ИХ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО УРОЖАЯ .....	49
А.В. Сибирёв, А.Г. Аксенов АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РАБОТЫ МАШИН ДЛЯ ПОДБОРА ЛУКА.....	52
А.С.Старцев, Е.Е.Демин, А.С.Данилова ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСЫПАЕМОСТИ КОРЗИНОК ПОДСОЛНЕЧНИКА ОТ СКОРОСТИ УДАРА КОРЗИНКИ И СТЕБЛЯ О ШНЕК- МОТОВИЛО.....	58
А.С.Старцев, А.А. Куньшин МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБМОЛОТА ПОДСОЛНЕЧНИКА.....	67
А.С.Старцев, Е.Н.Чернова МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ВЫРАЖЕНИЕ ДЛЯ ПРОВИСАНИЯ ПОДВИЖНОЙ ЛЕНТЫ КЛЕТКИ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ТЕЛЯТ .....	70
В.В. Сафонов, А.С. Азаров, А.Л. Кукушкин К РАСЧЁТУ РЕСУРСА ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ НАНОКОМПОНЕНТНЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	86
Г.Е.Шардина, М.В.Карпов, Д.О.Семенов, Е.С.Нестеров ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ.....	88
В.Э. Юлдашев, Д.В.Тимаков ПУТИ МЕХАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ЗАГРУЗКИ И ВЫГРУЗКИ ДОСУШИВАЕМОГО МАТЕРИАЛА НА ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНУЮ УСТАНОВКУ ПРИ ЕЁ ЭКСПЛУАТАЦИИ .....	91
Г.Легошин АНТИФИЗИЧЕСКИЙ МИР КАК ОСНОВА ФИЗИЧЕСКОГО МИРА (ТРИЕДИНСТВО МИРОВ) .....	94

Н.В. Спевак, В.Я. Спевак, Е.В. Моисеев, Р.М. Медведев ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЕРМИКУЛЬТИВИРОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ .....	103
О.А. Фоминых, В.Я. Спевак СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМПСТИРОВАНИЯ НАВОЗА И ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА.....	106
Е.С. Нестеров, Г.Е. Шардина, В.М. Бойков, О.В. Сяпин СПОСОБЫ ФОРМИРОВАНИЯ СЕМЕННОГО ЛОЖА И ЗАДЕЛКИ СЕМЯН ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР .....	108

*Редакционная коллегия:*

*Дёмин Е. Е., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Процессы и сельскохозяйственные машины в АПК»,*

*Шардина Г.Е., к.т.н., доцент, зам. заведующего кафедрой «Процессы и сельскохозяйственные машины в АПК»,*

*Протасов А. А., д.т.н., профессор, кафедры «Процессы и сельскохозяйственные машины в АПК»,*

*Старцев А.С., к.т.н., доцент, кафедры «Процессы и сельскохозяйственные машины в АПК»*

**Материалы международной научно-практической  
конференции, посвященная 80-летию  
со дня рождения профессора Рыбалко А.Г.**

Компьютерная верстка М.В. Муравьевой

---

Сдано в набор 27.09.16. Подписано в печать 30.09.16.  
Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.  
Печ. л. 5,4. Уч.-изд. л. 6,3. Тираж 100.

---

ООО «ЦЕНТР СОЦИАЛЬНЫХ АГРОИННОВАЦИЙ СГАУ»  
Отпечатано с электронных носителей издательства