

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**КОНСТРУИРОВАНИЕ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И  
НАДЕЖНОСТЬ МАШИН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО  
НАЗНАЧЕНИЯ**

*СБОРНИК НАУЧНЫХ РАБОТ*

**Брянск 2022**

УДК 631.3.001.66 (082)

ББК 40.72

К 65

Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сборник научных работ. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2022. – 317 с.

**ISBN 978-5-88517-169-4**

Сборник содержит результаты научно-прикладных исследований ученых Брянского ГАУ, ВУЗов и НИИ РФ, а также республик Беларусь и Украина. Опубликованные статьи представляют материалы 34 национальной (с международным участием) научно-технической конференции инженерно-технологического института Брянского ГАУ. В представленных работах рассматриваются вопросы: создания и рационального использования с.-х. техники; разработки технологий восстановления деталей, повышающих её долговечность; использования компьютерных технологий и теоретических изысканий при проектировании технических систем сельскохозяйственной и сопутствующих отраслей.

Главный редактор - Михальченков А.М.-д.т.н., профессор, Брянский ГАУ;

Научный редактор – Феськов С.А., к.т.н., Брянский ГАУ

Редакционная коллегия:

Ерохин М.Н.- д.т.н., профессор, академик РАН;

Лялякин В.П. - д.т.н., профессор, ФНАЦ ВИМ;

Петровец В.Р. - д.т.н., профессор, Белоруская ГСХА

Купреенко А.И.- д.т.н., Брянский ГАУ;

Ториков В.Е.-д.с.-х.н., профессор, Брянский ГАУ;

Христофоров Е.Н. - д.т.н., профессор, Брянский ГАУ;

Козарез И.В. - к.т.н., Брянский ГАУ;

Никитин В.В. - к.т.н., Брянский ГАУ;

Юлдашев Д. С. – к.т.н., Самаркандский ИВМ.

*Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерно-технологического института Брянского ГАУ, протокол 9 от 30 июня 2022 года.*

**ISBN 978-5-88517-169-4**

© Коллектив авторов, 2022

© Брянский ГАУ, 2022

**THE MINISTRY OF AGRICULTURE  
THE RUSSIAN FEDERATION**

**FEDERAL STATE EDUCATIONAL INSTITUTION  
OF HIGHER EDUCATION BUDGET  
"BRYANSK STATE  
AGRARIAN UNIVERSITY"**

**DESIGNING,  
USE AND RELIABILITY  
AGRICULTURAL MACHINES  
DESTINATION**

**COLLECTION OF SCIENTIFIC WORKS**

**Bryansk 2022**

UDK 631.3.001.66 (082)  
BBK 40.72  
K 65

DESIGN, USE AND AGRICULTURAL MACHINERY SAFETY. COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS. - BRYANSK: BRYANSK STATE UNIVERSITY OF AGRICULTURE PUBLISHER, 2022. - 317 P.

**ISBN 978-5-88517-169-4**

Die Sammlung enthält die Ergebnisse der wissenschaftlichen und angewandten Forschung von Wissenschaftlern der Staatlichen Agraruniversität Brjansk, die Ergebnisse. Veröffentlichte Artikel, Materialien der 33. Wissenschaftlich-Technischen Konferenz des Ingenieur- und Technologieinstituts der Staatlichen Agraruniversität Brjansk. In den vorgestellten Arbeiten werden folgende Themen betrachtet: die Schaffung und rationelle Nutzung landwirtschaftlicher Produkte. Techniker; Entwicklung von Technologien zur Restaurierung von Teilen, die ihre Haltbarkeit erhöhen; der Einsatz von Computertechnologie und theoretischer Forschung beim Entwurf technischer Systeme für die Landwirtschaft und verwandte Bereiche.

Editorial Council:

Chief editor - Mikhalchenkov A.M., Doctor of Technical Sciences, professor, Bryansk State Agrarian University;

Scientific editor - Feskov SA, Ph.D., Bryansk State Agrarian University

members:

Erokhin M.N. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences;

Lyalysin V.P. - Doctor of Technical Sciences, Professor, FNATS VIM;

Petrovets V.R. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Belarusian State Agricultural Academy;

Kupreenko A.I. - Doctor of Technical Sciences, Bryansk State Agrarian University;

Torikov V.E. - Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Bryansk State Agrarian University;

Khristoforov E.N. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Bryansk State Agrarian University;

Kozarez I.V. - Ph.D., Bryansk State Agrarian University;

Nikitin V.V. - Ph.D., Bryansk State Agrarian University;

Yuldashev D.S. - Ph.D., Samarkand IoVM.

Recommended for publication by the Methodological Commission of the Engineering and Technological Institute of the Bryansk State Agrarian University, Protocol 9 of June 30, 2022.

**ISBN 978-5-88517-169-4**

© Team of authors, 2022

© Bryansk State Agricultural University, 2022

**ВЛИЯНИЕ ПРИКАТЫВАЮЩИХ КАТКОВ СОШНИКОВ  
НА ПЛОТНОСТЬ ПОЧВЫ СЕМЕННОГО ЛОЖА**

*д. т. н., профессор Петровец В.Р., к.т.н., Гайдуков В.А., petrovec\_vr@mail.ru  
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Беларусь*

**INFLUENCE OF PACKER ROLLERS  
ON THE DENSITY OF THE SOIL OF THE SEED LOD**

*doctor of technical Sciences, Petrovets V. R., candidate of technical Sciences,  
Gaidukov V. A., petrovec\_vr@mail.ru  
Belarusian state agricultural Academy, Belarus*

**Аннотация.** Рассмотрены факторы, влияющие на качество посева зерновых культур. Приведены результаты теоретических расчетов выражающих плотность почвы семенного ложа (дна колеи) в зависимости от конструктивных параметров катка. Построена графическая зависимость плотности почвы семенного ложа и конструктивных параметров катка при различной нагрузке на каток.

**Annotation.** *The factors influencing the quality of sowing grain crops are considered. The results of theoretical calculations expressing the density of the soil of the seed bed (bottom of the track) depending on the design parameters of the rink are given. A graphic dependence of the density of the soil of the seed bed and the design parameters of the rink has been built for different loads on the rink.*

**Ключевые слова:** посев, урожайность, сошник, каток, конструктивные параметры, плотность почвы, скорость движения.

**Keywords:** *sowing, productivity, coulter, roller, design parameters, soil density, movement speed.*

**Введение. Постановка задачи.**

Урожай в значительной степени зависит от качества посева. Для оптимального развития растений почву необходимо хорошо удобрить и разрыхлить. Семена необходимо равномерно распределить по площади поля и заделать на заданную глубину. Равномерное распределение семян по полю обеспечивает им необходимую площадь питания. Уменьшение глубины заделки семян может привести к вымерзанию всходов озимых и изреженности всходов яровых. При глубокой заделке всходят ослабленные растения, а часть ростков гибнет, так как не может пробиться к свету. Между семенами и почвой не должно быть воздушной прослойки, затрудняющей поступление влаги к семенам, а позднее питательных веществ к корням растений [1, 2].

Существенно влияет на жизнедеятельность растений плотность почвы.

Исследовательскими учреждениями различных стран накоплен большой экспериментальный материал о целесообразности создания перед посевом на глубине 0,04...0,05м плотной прослойки, позволяющей равномерно заделать семена по глубине, повысить полевую всхожесть, улучшить, тепловой и пищевой режим растений [4, 5, 6]. Такая прослойка создается путем предпосевного или послепосевного прикатывания почвы и обеспечивает повышение урожайности зерновых культур на 2...5 ц/га.

Однако, сплошное прикатывание не на всех почвах и не всегда может дать положительные результаты. Как известно, прикатывание увеличивает содержание влаги в единице объема почвы, следовательно, уменьшает количество в ней воздуха. Поэтому в районах с достаточным увлажнением, где лимитирующими факторами плодородия почвы является воздух, тепло и питательные вещества, а не влага (особенно дерново-подзолистые почвы), сплошное прикатывание не всегда принесет положительные результаты. В связи с этим, в районах с достаточным увлажнением широко применяется рядковое прикатывание почвы. При таком прикатывании почва уплотняется только в рядках высеянных семян, а в междурядьях остается рыхлой. В уплотненных полосах семена лучше обеспечены влагой, к ним сквозь неприкатанное междурядье свободно поступает воздух и тепло, почва быстро прогревается, и всходы получаются более ранними и полными, чем на неприкатанной почве.

В соответствии с требованиями агротехники посева зерновых культур семена должны высеиваться на плотное ложе 1,20...1,30 г/см<sup>3</sup>, вдавливаясь в дно бороздки и закрываться рыхлым слоем.

Для повышения качества посева зерновых с распределением и прикатыванием семян по ленте на кафедре “Механизации и практического обучения” изготовлен и исследован сошник для ленточного посева с одновременным прикатыванием семян в ленте. В процессе конструирования сошника произведены расчеты конструктивных параметров прикатывающего катка в зависимости от начальной и конечной плотности почвы в ленте высеянных семян, а применение термоупрочнения для обеспечения повышенной твердости и стойкости к

воздействию абразивной среды является необходимой технологической операцией при его изготовлении [7, 8, 9, 10].

Теоретический анализ работы катков о влиянии их на плотность почвы является чрезвычайно сложным, поскольку различными авторами предлагаются самые различные характеры зависимости между напряжением и деформацией почвы. Наиболее распространенная зависимость давления на почву и ее осадкой – линейная. Линейная зависимость упрощает математические расчеты, что позволяет довести их аналитического решения. Недостатком является то, что она справедлива лишь при малых деформациях.

В связи с тем, что прикатывающий каток сошника сравнительно легкий, не производит сильного давления на почву, что не приводит к образованию глубокой бороздки, при расчетах параметров катка пользовались линейной зависимостью между давлением и деформацией [2, 3].

В результате расчетов получена формула, выражающая плотность почвы семенного ложа (дна колеи) в зависимости от конструктивных параметров катка.

$$\rho_k = \frac{\rho_0}{1 - \frac{1}{D_{\hat{e}}} \sqrt[3]{\frac{3G \cdot D_{\hat{e}}}{2k B_{\hat{e}}}} \cdot \left( 1 + \frac{1}{D_{\hat{e}}} \sqrt[3]{\frac{3G \cdot D_{\hat{e}}}{2k B_{\hat{e}}}} \right)},$$

где  $\rho_k$  – плотность почвы после прохода катка, г/см<sup>3</sup>;

$\rho_0$  – плотность почвы до прохода катка, г/см<sup>3</sup>;

$D_k$  – диаметр катка, м;

$B_k$  – ширина обода катка, м;

$G$  – нагрузка на каток, Н;

$k$  – коэффициент объемного смятия почвы, Н/м<sup>3</sup>.

На основании теоретических расчетов построена графическая зависимость плотности почвы семенного ложа (дна колеи) и конструктивных параметров катка при различной нагрузке на каток (рисунок 1).

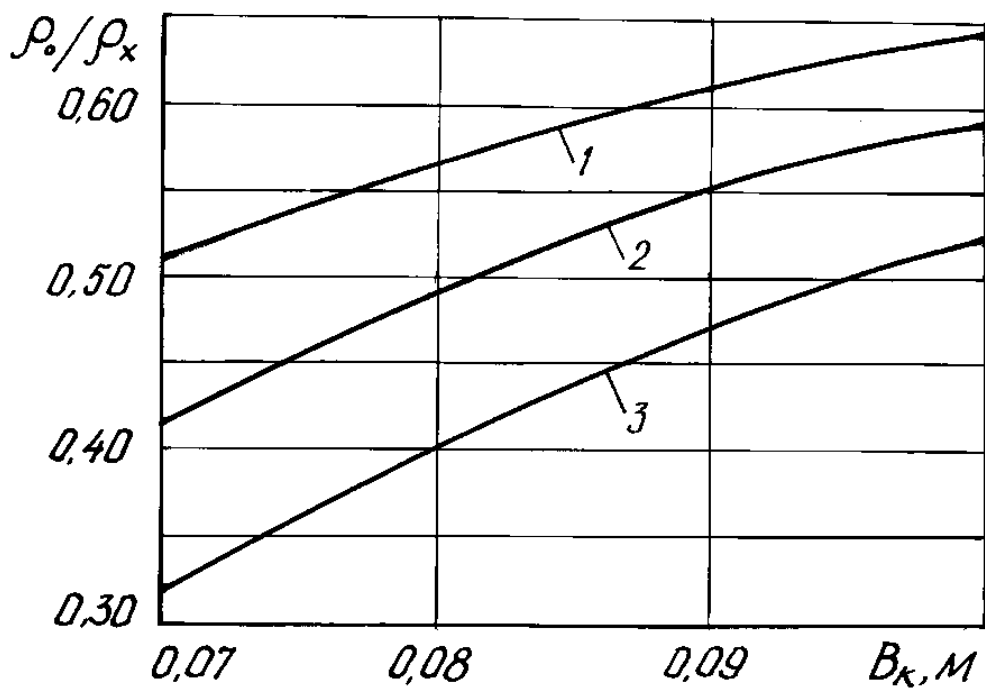


Рисунок 1 - Зависимость отношения  $\rho_o/\rho_k$  от ширины обода катка  $B_k$ , при  $D_k = 0,20$  м: 1 – при  $G = 50$  Н; 2 –  $G = 75$  Н; 3 – при  $G = 100$  Н.

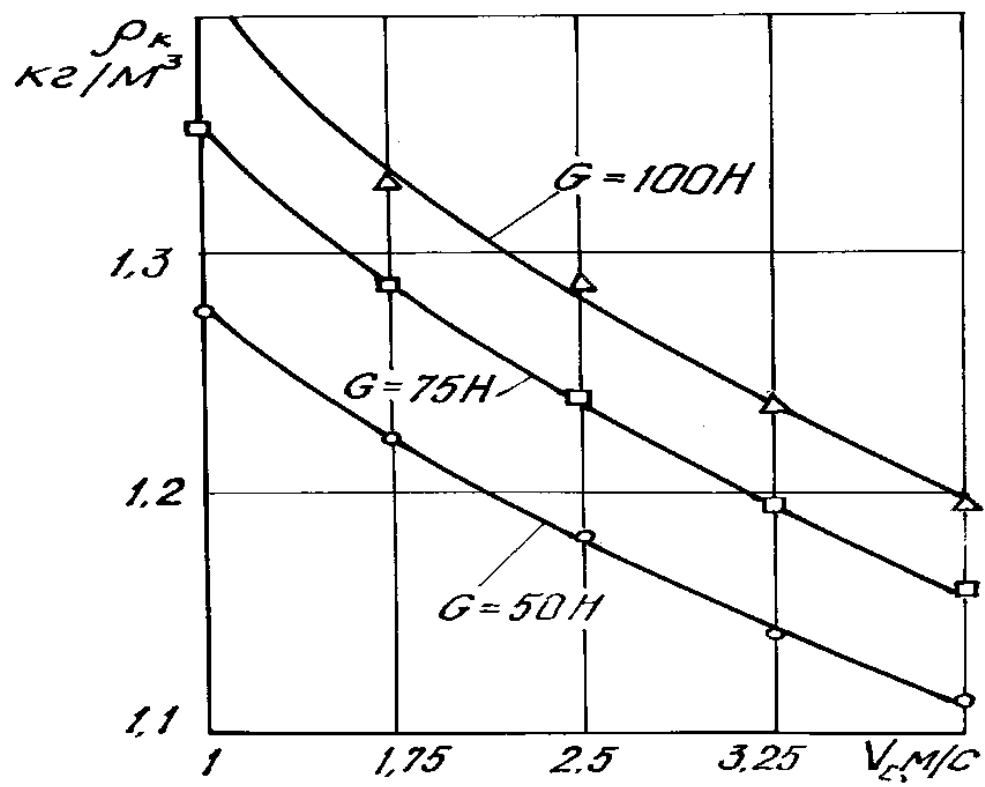


Рисунок 2 - Зависимость плотности почвы семенного ложа  $\rho_k$  (кг/м<sup>3</sup> · 10<sup>3</sup>) от скорости движения сошника  $V_c$  ( $D_k = 0,20$  м;  $B_k = 0,08$  м).



Однако в формуле отсутствует такой важный параметр как скорость движения сошника, поэтому в результате лабораторно-полевых исследований была определена зависимость плотности почвы семенного ложа (дна колеи) от скорости движения сошника (рисунок 2).

В заключение можно сделать вывод, что проведенные расчеты позволяют определять конструктивные параметры прикатывающих катков посевных машин в зависимости от начальной плотности почвы и необходимой плотности почвы семенного ложа с учетом скорости движения сошника.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Обзор и сравнительная оценка конструкций почвообрабатывающих агрегатов / С.И. Будко, В.М. Кузюр, Л.С. Киселева и др. // Инновации и технологический прорыв в АПК: сборник научных трудов международной научно-практической. 2020. С. 223-229.
2. Гайдуков В.А. Повышение качества посева зерновых культур сошниковой группой с распределением и прикатыванием семян по ленте: автореф. дис. Горки, 1998.
3. Анализ способов основной обработки почвы с модернизацией рабочих органов плуга / С.И. Будко, В.М. Кузюр, И.В. Кузьменко, А.Н. Чайчиц // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2 (78). С. 32-36.
4. Плужный лемех (лемех конструкции Брянской ГСХА): пат. 95285 U1, Рос. Федерация / Михальченков А.М., Будко С.И., Кожухова Н.Ю., Анисин А.Н.; заявка № 2010105296/22 от 15.02.2010; опубл. 27.06.2010.
5. Стрельчатая лапа культиватора: пат. 2462852 С1 Рос. Федерация / Михальченков А.М., Ковалев А.П., Будко С.И., Комогорцев В.Ф.; заявка № 2011106409/13 от 21.02.2011; опубл. 10.10.2012.
6. Михальченков А.М., Будко С.И., Киселева Л.С. Стрельчатая лапа культиватора повышенной износостойкости с эффектом самозатачивания // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2011. № 1 (10). С. 101-103.
7. Повышение ресурса деталей из средне- и высокоуглеродистых сталей упрочнением их сварочным армированием / А.М. Михальченков, Д.А. Капошко, С.И. Будко, М.М. Пехтерев // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2005. № 1 (4). С. 151-155.
8. Будко С.И., Зуева Д.С. Увеличение ресурса плужных лемехов восстановлением их заплавкой лучевидного износа // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2007. № 1 (6). С. 49-51.
9. Михальченков А.М., Будко С.И., Кожухова Н.Ю. Восстановление и упрочнение лемехов // Сельский механизатор. 2007. № 7. С. 40-41.
10. Упрочнение плужных лемехов методом знакопеременного деформирования абразивного слоя почвы / Н.М. Ожегов, С.И. Будко, Д.А. Капошко и др. // Известия Международной академии аграрного образования. 2019. № 44. С. 22-27.

**ЭКСПЛУАТАЦИОННОЕ СОДЕРЖАНИЕ И СУЩНОСТЬ СИСТЕМ  
АВТОМАТИЗАЦИИ СОВРЕМЕННОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ  
ТЕХНИКИ**

*к.т.н., Козлов С.И.*

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Беларусь  
инженер, Бортник С. А.*

*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
Беларусь*

*к. т. н, доцент Кузюр В.М., e-mail: [kvming@mail.com](mailto:kvming@mail.com);*

*Брянский государственный аграрный университет, Брянск,  
Российская Федерация*

**OPERATIONAL CONTENT AND ESSENCE OF AUTOMATION SYSTEMS OF  
MODERN AGRICULTURAL MACHINERY**

*Candidate of Engineering Sciences, S.I. Kozlov,  
Belarusian state agricultural Academy, Belarus  
engineer, S. A. Bortnik*

*Belarusian state agrarian technical University, Belarus*

*Candidate of Engineering Sciences, Vasilii M. Kuzyur,  
Bryansk State Agrarian University, Bryansk, Russian Federation*

**Аннотация.** Понимать устройство и рабочий процесс систем автоматизации, а также умение определять и находить в их структуре возникающие отказы и неисправности характеризует достаточно высокую профессиональную подготовку инженерных кадров различного профиля. Определенная количественная совокупность структурных элементов и функциональная последовательность их расположения в автоматических регуляторах различного назначения обеспечивает в системах автоматизации конкретного каждого вида выполнение конкретной функциональной задачи. Такая работа направлена на вполне осмысленное понимание эксплуатационного содержания и сущности систем автоматизации.

**Annotation.** Understanding the design and workflow of automation systems, as well as the ability to identify and find emerging failures and malfunctions in their structure characterizes a sufficiently high professional training of engineering personnel of various profiles. A certain quantitative set of structural elements and the functional sequence of their arrangement in automatic regulators for various purposes ensures the performance of a specific functional task in automation systems of each type. Such work is aimed at a completely meaningful understanding of the operational content and essence of automation systems.

**Ключевые слова:** автоматизация, объект автоматизации, автоматическое регулирование, автоматическое управление, автоматический контроль.

**Keywords:** automation, automation object, automatic regulation, automatic control, automatic control.

**Введение. Постановка задачи**

Эксплуатация автоматизированной сельскохозяйственной техники (систем автоматизации) позволяет значительно увеличивать ее производительность, по-

вышать качество производимой продукции и выполняемых различных видов работы, а также улучшать условия труда человека [7].

Знание устройства и рабочего процесса систем автоматизации, а также умение определять и находить в их структуре возникающие отказы и неисправности характеризует достаточно высокую профессиональную подготовку инженерных кадров различного профиля. Высокий профессиональный уровень знаний современному инженеру необходим для повышения эффективности эксплуатации автоматизированной сельскохозяйственной техники и функционирования АПК в целом [1, 2, 4, 5, 7].

В области современного сельскохозяйственного производства широко применяются различные по сложности и конструктивному исполнению, а также по функциональному назначению системы автоматизации, которые разделяются на две разновидности. Системы автоматизации одной разновидности называются автоматическими системами управления. Системы автоматизации второй разновидности называются автоматизированными системами управления [4, 6, 7, 9].

### **Результаты эксперимента. Анализ эксперимента**

*Автоматические системы управления* – это системы автоматизации, в которых управление объектами осуществляется только техническими средствами автоматизации.

Управление объектами в таких системах автоматизации осуществляется без участия человека (оператора). Функции оператора сводятся к выполнению настройки систем автоматизации на заданный алгоритм функционирования объектов, осуществлению технического обслуживания объектов и средств автоматизации, которые входят в состав систем управления, устранению возникающих отказов и неисправностей в системах автоматизации.

Автоматическая система управления, выполненная на основе использования традиционной и современной цифровой элементарной базы, состоит из двух частей. Одной отдельной частью является объект автоматизации (управления, регулирования), второй отдельной частью – система управления [1, 2, 9, 10, 11].

Объектами управления (регулирования) являются мобильная и стационарная сельскохозяйственная техника, а также различного назначения инженерно-строительные сооружения. Функциональной задачей объектов управления является качественное выполнение различных технологических процессов.

Система управления включает в свой состав различные по функциональному назначению технические средства, которые в своей определенной совокупности обеспечивают автоматическое управление объектом. Система управления осуществляет нужное количество взаимосвязанных между собой функций с целью обеспечения качественного выполнения объектом технологического процесса. Такими функциями являются измерение численных значений физического параметра, используемого для управления объектом автоматизации; обработка информации, полученной на основе измерения значений физического параметра; формирование управляющих сигналов и управляющих команд; преобразование управляющих команд в управляющие (регулирующие) воздействия.

Сформированные системой управления регулирующие воздействия оказывают непосредственное влияние на состояние объекта автоматизации и обеспечивают его заданное состояние равновесия. Осуществление техническими средствами указанных функций обеспечивает выполнение системой управления функциональной задачи, которой является автоматическое управление (регулирование) объектом.

Другие конкретные совокупности технических средств автоматизации обеспечивают выполнение иных функциональных задач. Такими иными функциональными задачами являются автоматический контроль и автоматическая сигнализация [8, 9, 10, 11, 12].

В сфере сельскохозяйственного производства эксплуатируются системы автоматического регулирования (САР), системы автоматического управления (САУ) и системы автоматического контроля (САК).

В таких видах систем автоматизации реализуются и, как правило, действуют две разновидности функциональных задач. В САР и САУ реализуются функциональные задачи автоматического управления (регулирования) и автоматической сигнализации.

*Система автоматического регулирования (САР)* представляет собой систему автоматизации, в которой автоматическое управление объектом осуществляется по одному физическому параметру.

Физический параметр используется в САР в качестве параметра управления (управляемого параметра). В одних САР численные значения параметра управления характеризуют состояние объекта регулирования. В таких САР параметр управления является параметром состояния объекта. В других САР численные значения параметра управления не характеризуют состояние объекта регулирования. В таких САР параметр управления не является параметром состояния объекта.

*Система автоматического управления (САУ)* представляет собой систему автоматизации, в которой автоматическое управление объектом осуществляется по нескольким физическим параметрам.

Физические параметры используются в САУ в качестве параметров управления (управляемых параметров). Количество параметров управления в одной САУ может быть два и больше двух. Наиболее распространены в сфере сельскохозяйственного производства САУ с двумя параметрами управления.

В одних САУ численные значения двух параметров управления характеризуют состояние объекта управления. В таких САУ оба параметра управления являются параметрами состояния объекта. В других САУ численные значения двух параметров управления не характеризуют состояние объекта управления. В таких САУ оба параметра управления не являются параметрами состояния объекта [3,9].

В некоторых САУ используются три физических параметра в качестве параметров управления. В одних САУ численные значения трех параметров управления характеризуют состояние объекта управления. В таких САУ три параметра управления являются параметрами состояния объекта. В других САУ численные значения одного параметра управления не характеризуют состояние объекта. В таких САУ один параметр управления не является параметром состояния объекта, а только два параметра управления являются параметрами состояния объекта.

Во всех САУ численные значения каждого параметра управления используются для формирования техническими средствами автоматизации управляющих сигналов, управляющих команд и управляющих воздействий. Сформированные управляющие сигналы, управляющие команды и управляющие воздействия используются в САУ для автоматического управления объектами по каждому физическому параметру. Это означает, что заданное состояние равновесия объекта управления поддерживается автоматически по каждому физическому параметру.

*Система автоматического контроля (САК)* представляет собой систему автоматизации, в которой обеспечивается автоматический контроль за состоянием объекта.

Состояние объекта характеризуется численными значениями его физических параметров. Физические параметры состояния объекта используются в САК в качестве параметров автоматического контроля. Количество параметров контроля в САК может быть различным и в некоторых САК достигает нескольких десятков, что зависит от сложности объекта контроля [4,5, 6, 9 ].

Автоматический контроль выражается в том, что обеспечивается измерение физических параметров состояния объекта и определяются отклонения численных значений параметров от их заданных оптимальных значений. О возникновении недопустимых отклонений численных значений физических параметров оповещает автоматическая сигнализация.

Численные значения каждого параметра контроля используются для формирования контролирующих сигналов и контролирующих команд. Сформированные контролирующие сигналы и контролирующие команды используются в САК для включения в работу автоматической сигнализации. Это означает, что отклонения состояния объекта контроля от заданного равновесного на недопустимые значения определяются по каждому физическому параметру контроля и оповещаются автоматической сигнализацией.

Автоматическая сигнализация представляет собой автономную систему, которая обеспечивает оповещение обслуживающего персонала о состоянии объектов в САР, САУ и САК.

Автоматическая сигнализация включает в свой состав технические средства, которые могут обеспечивать световую, звуковую или комбинированную сигнализацию. Автоматическая сигнализация является автономно обособленной системой и находится в составе различных видов систем автоматизации. Автоматическая сигнализация работает согласованно с системами управления в САР и САУ, а также с системами контроля в САК.

*Автоматизированные системы управления (АСУ)* – это системы автоматизации, в которых управление объектами осуществляется техническими средствами и диспетчером-оператором.

Автоматизированная система управления состоит из основы и функциональной части.

В основу входят экономико-математическая база, информационная база, техническая база, математическое обеспечение. В составе основы применяются САР и САУ, которые выполняют автоматическое управление основными технологическими процессами сложного объекта. Наряду с САР и САУ применяются также в составе АСУ системы автоматического контроля и автоматической сигнализации. В сложных объектах технологические процессы, например дозирование, приготовление кормов, их раздача, удаление навоза, взвешивание животных и т. п., выполняются в автоматическом режиме без участия диспетчера-оператора в управлении [1,2,4, 5, 6, 9].

Функциональной частью является набор взаимосвязанных программ. С помощью специально разработанных программ обеспечиваются функции программного управления отдельными технологическими процессами, финансово-бухгалтерской деятельности и другими видами хозяйственной деятельности сложных объектов.

Различают АСУ технологическими процессами – АСУ ТП, предприятием АСУ П, отраслью – О АСУ, а также функциональные автоматизированные системы управления, например АСУ проектированием, АСУ плановых расчетов, АСУ материально-техническим снабжением и др.

Автоматизируемые сельскохозяйственные объекты, входящие в состав различных видов систем автоматизации, бывают простые и сложные. Простые объекты автоматизации представляют собой составные структурные элементы САР, САУ и САК. Сложные объекты автоматизации (коровники, свинарники, птичники и другие производственные помещения), теплицы и хранилища для различных видов продукции (овощей, фруктов и т. д.).

Объекты автоматизации характеризуются заданным состоянием равновесия, которое зависит от численных значений параметров, присущих объектам. Такие параметры имеют, как правило, различную физическую природу и различный вид, а также различный количественный состав для каждого объекта. Несмотря на большое конструктивное многообразие объектов автоматизации их заданное состояние равновесия характеризуется алгоритмом функционирования.

Алгоритм функционирования объекта автоматизации характеризует его заданное состояние равновесия и может определяться значениями одного или нескольких физических параметров. Состояние равновесия объекта автоматизации в САР задается численными значениями одного управляемого физического параметра, а в САУ – численными значениями двух и большего количества управляемых физических параметров. Однако не во всех системах автоматизации физические параметры, которые характеризуют состояние объектов автоматизации, используются для управления объектами.

В составе каждой системы автоматизации различного рода находятся объект автоматизации и система управления, состоящая из технических средств автоматизации. Термин «объект автоматизации» является их обобщающим термином. В зависимости от вида системы автоматизации (САР, САУ, САК) объекты разделяются на объекты регулирования, объекты управления и объекты контроля. Между объектом регулирования и объектом управления отсутствуют принципиальные различия. С точки зрения автоматизации различием служит количество физических параметров, используемых для управления объектом [4, 12, 13].

*Объектом автоматизации (ОА)* называется условно обособленная совокупность элементов материального мира, в которой технологический процесс



подвергается целенаправленным воздействиям, формируемым на основе изменения численных значений физических параметров.

*Объектом регулирования (ОР)* называется условно обособленная совокупность элементов материального мира, в которой технологический процесс подвергается целенаправленным регулирующим воздействиям, формируемым на основе изменения численных значений одного физического параметра.

Технологический процесс объекта регулирования в САР поддерживается в заданном состоянии равновесия регулирующими (управляющими) воздействиями, которые формируются одним автоматическим регулятором управления. Это означает, что система управления в САР представляет собой один автоматический регулятор управления (АРУ).

*Объектом управления (ОУ)* условно обособленная совокупность элементов материального мира, в которой технологический процесс подвергается целенаправленным управляющим воздействиям, формируемым на основе изменения численных значений двух или большего количества физических параметров.

Технологический процесс объекта управления поддерживается в САУ в заданном состоянии равновесия управляющими (регулирующими) воздействиями, которые формируются системой управления. Система управления представляет собой два или большее количество автоматических регуляторов управления.

*Объектом контроля (ОК)* называется условно обособленная совокупность элементов материального мира, в которой технологический процесс подвергается целенаправленным контролирующим воздействиям, формируемым на основе изменения численных значений одного или большего количества физических параметров достигать нескольких десятков. Количество АРК соответствует количеству физических параметров, используемых для а контроля объекта.

В состав системы контроля входит автоматическая сигнализация, включающая определенное количество регуляторов сигнализации (АРС). Количественный состав АРС в системе контроля в одной и той же САК соответствует количеству АРК. Система контроля в каждой САК определяет в автоматиче-

ском режиме отклонения физических параметров от их заданных значений [1, 2, 4, 12].

### **Вывод.**

Структурно-функциональная сущность и содержание применительно к системам автоматизации различных видов характеризуется выполняемыми функциональными задачами, которыми являются автоматическое управление (регулирование), автоматический контроль и автоматическая сигнализация. Целью выявления сущности и содержания таких задач является определение функционального и количественного состава структурных элементов, а также функциональной последовательности их расположения в автоматических регуляторах различного назначения, работающих в составе систем автоматизации различных видов. Определенная количественная совокупность структурных элементов и функциональная последовательность их расположения в автоматических регуляторах различного назначения обеспечивает в системах автоматизации конкретного каждого вида выполнение конкретной функциональной задачи. Такая работа направлена на вполне осмысленное понимание эксплуатационного содержания и сущности систем автоматизации. Анализ функциональных задач позволяет определять структурный состав автоматических регуляторов управления, автоматических регуляторов контроля и автоматических регуляторов сигнализации.

### **Литература**

1. Развернутый структурный анализ систем автоматизации сельскохозяйственной техники / С.И. Козлов, С.А. Бортник, В.М. Кузюр, С.И. Будко // Технический сервис машин. 2021. № 4 (145). С. 62-68.
2. Бородин И.Ф., Судник Ю.А. Автоматизация технологических процессов. М.: Колос, 2004.
3. Шавров А.В., Коломиец А.П. Автоматика. М.: Колос, 2000.
4. Проектирование систем автоматизации технологических процессов / А.С. Ключев и др. М.: Энергоатомиздат, 1990.
5. Обоснование критериев технического состояния сельскохозяйственной техники / И.Л. Подшиваленко, С.В. Курзенков, В.А. Гайдук и др. // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 3. С. 56-58.
6. Обзор и сравнительная оценка конструкций почвообрабатывающих агрегатов / В.И. Самусенко, В.М. Кузюр, Л.С. Киселева, В.И. Коцуба, А.Е. Улахович // Инновации и технологический прорыв в АПК: сборник научных трудов международной научно-практической конференции. Брянск, 2020. С. 223-229.

7. Электрооборудование и автоматизация сельскохозяйственных агрегатов и установок / под ред. проф. И.Ф. Кудрявцева. М.: Агропромиздат, 1988.
8. Автоматика и автоматизация производственных процессов / И.И. Мартыненко и др. М.: Агропромиздат, 1985.
9. Радченко Г.Е. Автоматизация сельскохозяйственной техники. Минск: Технопринт, 2005.
10. Анализ способов основной обработки почвы с модернизацией рабочих органов плуга / С.И. Будко, В.М. Кузюр, И.В. Кузьменко, А.Н. Чайчиц // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2 (78). С. 32-36.
11. Эффективность использования МТА на посеве зерновых культур / А.Е. Улахович, Н.В. Улахович, В.М. Кузюр и др. // Состояние, проблемы и перспективы развития современной науки: сборник научных трудов национальной научно-практической конференции. 2021. С. 133-138.
12. Ревин Ю.Г., Костенко Ю.В. Основы автоматизации производственных процессов. М.: Агропромиздат, 1991.
13. Кузюр В.М., Козлов С.И. Критический обзор конструкций стенов для разборочно-сборочных работ при ремонте ДВС // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2018. № 1 (17). С. 223-227.

УДК 635.65:631.33.024.3

***ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НА ВЫПОЛНЕНИЕ  
ПОСЕВА ЛЬНА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СЕЯЛКИ  
С ДВУХДИСКОВЫМИ СОШНИКАМИ***

***д.т.н., профессор Петровец В.Р.,  
аспирант Амеличев В.В.,***

***Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
Республика Беларусь***

***к.т.н. Кузюр В.М.;***

***Брянский государственный аграрный университет, Россия***

***EVALUATION OF ENERGY EFFICIENCY FOR FLAX SOWING USING A  
PNEUMATIC SEEDER WITH DOUBLE DISC COULTERS***

***doctor of technical sciences, professor Petrovets Vladimir Romanovich,  
graduate student Amelichev Viktor Vasilievich,***

***Belarusian State Agricultural Academy,  
Republic of Belarus***

***candidate of technical sciences Kuzyur Vasily Mikhailovich;  
Bryansk State Agrarian University, Russia***

**Аннотация.** Сельское хозяйство является одним из крупнейших потребителей энергоносителей. Данная проблема возникает из-за необходимого увеличения объема производства сельскохозяйственной продукции и сокращения рабочей силы. Введение прогрессивных технологий ведет к увеличению расхода топливных ресурсов и снижению энергии. (Цели исследования) Сравнить расчетные энергетические показатели агрегата для посева льна БЕЛАРУС-1221 + СПУ-6Л базового варианта, применяя наральникового сошника в сеялке, с новым, в сеялке которой установим двухдисковый сошник с односторонними ребордами, который позволит работать на высоких скоростях на всех типах почвы. (Материалы и методы) К

основным критериям энергетической эффективности любых технологических процессов относятся обобщенные и частные коэффициенты эффективности и уровня интенсификации. После определения обобщенных и частных коэффициентов, характеризующих эффективность технологического процесса, выполняется анализ полученных данных и устанавливается, соответствует ли предлагаемый вариант предъявляемым требованиям по экономии ресурсов. Оценивается степень изменения затрат в результате применения нового варианта технологии по составляющим, начиная с максимальных. В первую очередь необходимо добиться снижения расхода нефтепродуктов, металла, удобрений, пестицидов и затрат живого труда. (Результаты и обсуждения) На основании преимуществ и недостатков применяемых новых сошников провели сравнительную оценку энергетической эффективности для посева льна агрегатом БЕЛАРУС-1221 + СПУ-6Л. Исходя из исходных данных выявили, что энергетический коэффициент эффективности посева пневматической сеялкой с двухдисковыми сошниками на 9% выше, чем выполнение этой операции сеялкой с наральниковыми сошниками СПУ-6Л. (Выводы) Расчетным путем установили, что переоборудование пневматической сеялки с наральниковыми сошниками на двухдисковые позволяет сократить прямые и ошельфованные удельные энергетические затраты, энергоемкость средств механизации, полные энергозатраты и затраты живого труда.

***Abstract.** Agriculture is one of the largest consumers of energy resources. This problem arises due to the necessary increase in agricultural production and the reduction of the labor force. The introduction of progressive technologies leads to an increase in the consumption of fuel resources and a decrease in energy. (Research objectives) To compare the calculated energy performance of the unit for sowing flax BELARUS-1221 + SPU-6L of the basic version, using a coulter opener in the seeder, with the new one, in the seeder of which we will install a double-disk coulter with one-sided flanges, which will allow working at high speeds on all types soil. (Materials and Methods) The main criteria for the energy efficiency of any technological processes include generalized and partial coefficients of efficiency and the level of intensification. After determining the generalized and partial coefficients characterizing the efficiency of the technological process, the analysis of the obtained data is carried out and it is established whether the proposed option meets the requirements for saving resources. The degree of change in costs as a result of the application of a new technology option is estimated by components, starting with the maximum. First of all, it is necessary to achieve a reduction in the consumption of petroleum products, metal, fertilizers, pesticides and the cost of human labor. (Results and discussions) Based on the advantages and disadvantages of the new coulters used, a comparative assessment of the energy efficiency for sowing flax with the BELARUS-1221 + SPU-6L unit was carried out. Based on the initial data, it was found that the energy efficiency coefficient of sowing with a pneumatic seeder with double-disk coulters is 9% higher than the performance of this operation with a seeder with SPU-6L coulters. (Conclusions) It was calculated by calculation that the re-equipment of a pneumatic seeder with ear coulters for double-disk coulters makes it possible to reduce direct and materialized specific energy costs, the energy intensity of mechanization means, total energy costs and the cost of living labor.*

**Ключевые слова:** посев, лен, сошник, энергозатраты, эффективность.

**Keywords:** sowing, flax, coulter, energy consumption, efficiency.

**Введение.** Сельскохозяйственная отрасль является одним из крупнейших потребителем энергоносителей. Его проблема энергообеспечения в сравнении с другими отраслями возникает из-за необходимого увеличения объема производства сельскохозяйственной продукции с сокращением рабочей силы. Это является одной из причин замедления развития в нашей стране. Поэтому оцен-

ка и анализ потребления энергии с данной отрасли есть необходимый элемент полного исследования ресурсосбережения во всем сельском хозяйстве.

Анализ потребления энергии, как в нашей стране, так и за рубежом, позволяет отметить следующие направления организации рационального использования в растениеводстве:

1) Разработка и внедрение энергосберегающих технологий производства сельскохозяйственной продукции и технологических процессов.

2) Создание и применение для этих целей энергоэкономных технических средств.

3) Организация мероприятий, которые обеспечивают экономию ресурсов.

Внедрение прогрессивных технологий ведет к повышению продуктивности сельского хозяйства, однако это приводит к увеличению расхода энергетических ресурсов (топлива и электроэнергии) [1]. Это было подтверждено в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» при проведении сравнительного испытания по посеву льна с помощью посевного агрегата АПЛ-4, который предназначен не только для посева мелкосеменных культур, но и для предпосевной обработки почвы, с агрегатом АППМ-6А6К. Результаты показали, что, используя агрегат АПЛ-4, средняя часовая производительность составила 2,4 га/ч и расход топлива на выполнение объема работы в агрегате с трактором БЕЛАРУС-2022 – не более 8 кг/га. При этом они получили увеличения урожайности льнотресты 5,7 ц/га и увеличения номера длины льноволокна на 0,4 [2]. Одним из факторов, который повлиял на повышение урожайности и качества волокна является применение технологии посева льна с одновременной предпосевной обработкой почвы. Однако применение дополнительных рабочих органов в сельскохозяйственных машинах и агрегатирование машин и агрегатов с энергонасыщенными тракторами непосредственно влияет на энергозатраты.

Не стоит исключать, что на объем и качество урожая влияет и своевременный посев сельскохозяйственной культуры. Поэтому для посева льна мы предлагаем использовать в сеялке СПУ-6 двухдисковый сошник с односторонними

ребордами вместо наральниковых. Конструкция данных сошников позволит проводить посев на более высоких скоростях.

**Цель исследования** – сравнить расчетные энергетические показатели базового агрегата для посева льна БЕЛАРУС-1221 + СПУ-6Л с предлагаемым агрегатом.

**Материалы и методы.** Одним из основных критериев энергетической эффективности любых технологических процессов принят показатель уровня интенсификации. Данный показатель для определенного процесса определяется по формуле

$$I_{Ej} = (1 - K_{Ej}) \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $K_{Ej}$  – коэффициент эффективности для  $j$ -го технологического процесса.

Этот коэффициент определяется как отношение полных энергоемкостей исследуемого агрегата к полным энергоемкостям базового агрегата, т.е.

$$K_{Ej} = \frac{\sum E_{ji}}{\sum E_{jб}}. \quad (2)$$

Полная энергоемкость любого агрегата включает в себя прямые и оверщественные удельные затраты по технологическому процессу, энергоемкость средств механизации, ресурсов и затраты энергии живого труда. Прямые удельные энергозатраты на выполнение  $j$ -го технологического процесса определяются по формуле

$$E_{прj} = \sum G_{kj} e_k, \quad (3)$$

где  $G_{kj}$  – удельный расход или норма расхода энергоносителей  $k$ -го вида, используемых при выполнении технологического процесса, на единицу объема работы;

$e_k$  – энергосодержание  $k$ -го энергоносителя.

Овеществленные удельные энергозатраты определяются следующим образом:

$$E_{овj} = \sum G_{kj} \alpha_k, \quad (4)$$

где  $\alpha_k$  – энергетический эквивалент  $k$ -го энергоносителя, т. е. коэффициент, учитывающий дополнительный расход энергии на его добычу, производство и транспортировку.

Энергоемкость средств механизаций (кроме стационарных оборудований и транспортных средств) определяется по приведенному ниже уравнению.

$$E_{mj} = \frac{\sum M_l \alpha_l \frac{a_l + R_l}{T_{нл}}}{100W_j}, \quad (5)$$

где  $M_l$  – масса  $l$ -й машины;

$\alpha_l$  – энергетический эквивалент  $l$ -машины;

$a_l, R_l$  – годовые нормативные отчисления на реновацию и ремонт по типам машин;

$T_{нл}$  – годовая нормативная загрузка  $l$ -й машины;

$W_j$  – эксплуатационная производительность агрегата (оборудования).

Энергоемкость ресурсов определяется по формуле

$$E_{pj} = \frac{H_{pj} \alpha_p}{T_{pj}} \cdot 10^3, \quad (6)$$

где  $\alpha_p$  – энергетический эквивалент ресурсов;

$T_{pj}$  – срок действия.

Затраты энергии живого труда рассчитываем по формуле

$$E_{жj} = \frac{H_{tj}\alpha_t}{W_j}, \quad (7)$$

где  $H_{tj}$  – число работников, занятых в  $j$ -м технологическом процессе;  
 $\alpha_t$  – энергетический эквивалент живого труда.

После определения обобщенных и частных коэффициентов, характеризующих эффективность технологического процесса, выполняется анализ полученных данных и устанавливается, соответствует ли предлагаемый вариант предъявляемым требованиям по экономии ресурсов. Оценивается степень изменения затрат в результате применения нового варианта технологии по составляющим, начиная с максимальных. В первую очередь необходимо добиться снижения расхода нефтепродуктов, металла, удобрений, пестицидов и затрат живого труда. В целом для достижения существующего научно-технического прогресса в технологии ожидаемая экономия ресурсов должна составлять как минимум 30...40% [1, 3, 4].

**Результаты и обсуждение.** По мнению авторов, данные двухдисковые сошники хорошо работают в трудных условиях на тяжелых и влажных почвах [5, 6]. При образовании бороздки они не выворачивают влажную почву на поверхность. Однако эти сошники более металлоемки, сложны по конструкции и уходу и менее долговечны по сравнению с наральниковыми. Но наральниковые сошники образует бороздку, перемещая частицы почвы в стороны и вниз, тем самым не иссушая ее. Дно борозды получается уплотненным. На засоренных и плохо обработанных почвах они работают неудовлетворительно [7, 8].

На основании преимуществ и недостатков применяемых сошников проведем сравнительную оценку энергетической эффективности для посева льна агрегатом БЕЛАРУС-1221 + СПУ-6Л. В качестве базового варианта примем агрегат, в котором сеялка имеет наральниковый сошник, в качестве исследуемого – двухдисковый с односторонними внешними ребордами.



Таблица 1 - Исходные данные для сравнительной оценки энергетической эффективности посевных агрегатов БЕЛАРУС-1221 + СПУ-6Л

Энергетический показатель	Сеялка с наральниковым сошником	Сеялка с двухдисковым сошником с односторонними внешними ребордами
Производительность, га/ч	2,1	2,7
Расход топлива, кг/га	3,6	3,5
Масса машин, кг:		
трактора	4640	4640
с/х машины	1360	1500
Годовая нагрузка, ч:		
трактора	1300	1300
с/х машины	75	75

Исходные данные, которые необходимы для сравнения двух вариантов агрегатов, приведены в таблице 1 [8-12]. Производительность и расход топлива для исследуемого агрегата была рассчитана, согласно методике изложенной в [13].

На основании расчётных формул, приведенных выше, мы получили следующие результаты (см. таблицу 2) [1].

Таблица 2 - Результаты расчета энергоёмкости и энергетической эффективности посевных агрегатов БЕЛАРУС-1221 + СПУ-6Л

Параметр	Сеялка с наральниковым сошником	Сеялка с двухдисковым сошником с односторонними внешними ребордами
Прямые удельные энергозатраты, МДж/га	153,7	149,4
Овеществленные удельные энергозатраты, МДж/га	36	35
Энергоёмкость средств механизаций, МДж/га	173,9	146,2
Полные энергозатраты, МДж/га	363,6	330,7
Затраты энергии живого труда, МДж/га	0,6	0,5
Обобщенный коэффициент эффективности	0,91	
Уровень интенсификации, %	9	

Таким образом, энергетический коэффициент эффективности посева пневматической сеялкой с двухдисковыми сошниками на 9% выше, чем выполнение этой операции сеялкой с наральниковыми сошниками СПУ-6Л.

**Выводы.** Расчетным путем установили, что переоборудование пневматической сеялки с наральниковыми сошниками на двухдисковые позволяет сократить прямые и овеществленные удельные энергетические затраты на 2,8 %, энергоемкость средств механизации – на 15,9, полные энергозатраты – на 9 и затраты живого труда – 16,7%. Сеялка СПУ-6Л с двухдисковыми сошниками позволяет хорошо работать в трудных условиях на тяжелых и влажных почвах, при образовании бороздки они не выворачивают влажную почву на поверхность, а также может проводить посев на повышенных скоростях.

#### Литература

1. Оценка топливно-энергетических затрат на выполнение механизированных работ в растениеводстве: рекомендации по энергосбережению / сост. В.Р. Петровец, Н.В. Чайчиц. Горки: БГСХА, 2009. 36 с.
2. Агрегат для льна АПЛ-4 [электронный ресурс] // РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2018. – Режим доступа: <https://belagromech.by/articles/agregat-dlya-lna-apl-4/> – Дата доступа: 30.01.2020.
3. Стрельчатая лапа культиватора: пат. 2462852 С1 Рос. Федерация / Михальченков А.М., Ковалев А.П., Будко С.И., Комогорцев В.Ф.; заявка № 2011106409/13 от 21.02.2011; опубл. 10.10.2012.
4. Михальченков А.М., Будко С.И., Киселева Л.С. Стрельчатая лапа культиватора повышенной износостойкости с эффектом самозатачивания // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2011. № 1 (10). С. 101-103.
5. Определение уравнения траекторий движения двухдискового сошника с коническими ребордами-бороздообразователями / В.Р. Петровец, Н.И. Дудко, В.В. Амеличев и др. // Технический сервис машин. 2021. Т. 59. N 4 (145). С. 56-61
6. Классификация двухдисковых сошников по технологическим и конструктивным параметрам / В.Р. Петровец, Н.И. Дудко, В.В. Амеличев и др. // Технический сервис машин. 2021. Т. 59, № 3(144). С. 56-63.
7. Петровец В.Р., Лабурдов О.П. Исследование силовых характеристик сошников // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1999. № 8. С. 24.
8. Петровец В.Р., Чайчиц Н.В. Проблема равномерного высева сельскохозяйственных культур универсальными пневматическими сеялками при интенсивной технологии возделывания // Современные проблемы сельскохозяйственной механики: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения академика М.Е. Мацелуро. 1999. С. 101-104.
9. Справочник нормативов трудовых и материальных затрат для ведения сельскохозяйственного производства / Нац. акад. наук Беларуси; Институт экономики – Центр аграрной экономики; под ред. В.Г. Гусакова; сост. Я.Н. Бречко, М.Е. Сумонов. Минск: Бел. наука, 2006. 709 с.

10. Типовые нормы выработки и расхода топлива на механизированные работы в сельском хозяйстве: в 3 ч. / С.В. Соусь и др. Минск, 2012. Ч. 2: Посев, посадка, уход за посевами, внесение удобрений и ядохимикатов. 350 с.

11. Обзор и сравнительная оценка конструкций почвообрабатывающих агрегатов / С.И. Будко, В.М. Кузюр, Л.С. Киселева и др. // Инновации и технологический прорыв в АПК: сборник научных трудов международной научно-практической конференции. 2020. С. 223-229.

12. Зеленовский А.А., Шупилов Я.М., Оганезов И.А. Организация производства. Минск: БГАТУ, 2012. 152 с.

13. Валюженич Г.А. Технологии и техническое обеспечение производства продукции растениеводства. Разработка операционной технологии посева и посадки сельскохозяйственных культур. Горки: БГСХА, 2019. 58 с.

УДК 631.33.024.3

**ОБЗОР И АНАЛИЗ ОДНОДИСКОВЫХ СОШНИКОВ С НУЛЕВЫМ УГЛОМ АТАКИ ДИСКА С СИММЕТРИЧНЫМИ РЕБОРДАМИ-БОРОЗДКООБРАЗОВАТЕЛЯМИ ДЛЯ УЗКОРЯДНОГО ПОСЕВА**

*Д.т.н., профессор Петровец В.Р., к.т.н., Курзенков С.В.,*

*Греков Д.В., petrovec\_vr@mail.ru*

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Беларусь*

**REVIEW AND ANALYSIS OF SINGLE-DISC COULTERS WITH ZERO ANGLE OF ATTACK OF A DISK WITH SYMMETRICAL RIDGES-FURROWS FOR NARROW-ROW SOWING**

*Doctor of Technical Sciences, Professor Petrovets V.R., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Kurzenkov S.V., senior lecturer Grekov D.V.,*

*petrovec\_vr@mail.ru*

*Belarusian State Agricultural Academy, Belarus*

**Аннотация.** Урожайность сельскохозяйственных культур в большей степени определяется качеством их посева. В свою очередь, на качество проведения сева влияет выбор агрегатов для выполнения этой технологической операции, их техническое состояние и настройка, а также соблюдением при посеве всех агротехнических требований.

Важнейшим рабочим органом зерновых сеялок и комбинированных почвообрабатывающих посевных агрегатов является сошник. Сошники хорошо заглубляются на мульчированной почве, прорезают в ней бороздки на заданную глубину, не нарушая технологичности процесса укладки и заделки семян.

В предлагаемой статье приводится обзор перспективных конструкций и технологических схем дисковых сошников. Он является результатом патентного поиска и анализа существующих конструкций и отражает современные тенденции в развитии этого рабочего органа.

Результаты данной работы могут быть использованы в учебном процессе преподавателями и студентами, а также должны заинтересовать магистрантов и аспирантов сельскохозяйственных вузов, и конструкторские бюро, работающие в области совершенствования и создания новых конструкций сошников к посевным машинам.

**Annotation.** The yield of agricultural crops is largely determined by the quality of their sowing. In turn, the quality of sowing is affected by the choice of aggregates to perform this technological operation, their technical condition and configuration, as well as compliance with all agrotechnical requirements during sowing.

*The most important working organ of grain seeders and combined tillage sowing units is the coulter. The coulters are well buried in the mulched soil, cut grooves in it to a given depth, without violating the technological process of laying and sealing seeds. The proposed article provides an overview of promising designs and technological schemes of disc coulters. It is the result of patent search and analysis of existing structures and reflects current trends in the development of this working body.*

*The results of this work can be used in the educational process by teachers and students, and should also be of interest to undergraduates and postgraduates of agricultural universities, and design bureaus working in the field of improving and creating new designs of coulters for sowing machines.*

**Ключевые слова:** точное земледелие, процесс, посев, уплотненное ложе, однодисковый сошник, нулевой угол, диск, бороздка, форма, зерновые, мелкосемянные, равномерная укладка семян, тяговое сопротивление, площадь питания.

**Keywords:** *precision agriculture, process, sowing, compacted bed, single-disc coulter, zero angle, disc, groove, shape, grain, small-seeded, uniform seed laying, traction resistance, feeding area.*

## **Введение. Постановка задачи**

Перед сельским хозяйством Республики Беларусь стоит ряд основных задач в направлении повышения объемов производства и обеспечения жителей республики продовольствием, в частности – повышение качества продукции зерновых и льна. Добиться необходимых результатов можно только при соблюдении технологий возделывания, внедрении инновационных технологий в производство, использовании высокопродуктивных сортов зерновых культур и льна, а также при использовании новых рабочих органов [1, 2, 3].

Для получения дружных всходов семян необходимо качественное проведение операции посева. Это создание уплотненного ложа в бороздке и подтягивание влаги к семенам, их быстрое набухание и одновременное прорастание. Посев, являясь важнейшим звеном в технологии возделывания культур, напрямую зависит от конструкции сошников, укладывающих семена в почву [4, 5].

Самое лучшее для семян это сочетание водных, воздушных и тепловых условий. Это достигается, например, укладыванием семян на уплотненное ложе и укрытием рыхлым слоем почвы, имеющей мелкокомковатую структуру. Отклонение даже одного из требований приводит к снижению урожайности зерновых культур [6, 7, 8].

В Европе, России и других странах мира потери урожая на единице площади могут достигать 30 – 40%. Это в основном связано с качеством подготовки

почвы и сева. Начальный период всходов и развития растений является самым важным, так как молодые растения не имеют развитой корневой системы и больше всего реагируют на стрессы и предъявляют высокие требования к качеству обработки почвы и параметров бороздки и семенного ложа [9, 10, 11].

В настоящее время в Беларуси внедряется «точное земледелие» – рациональное управление урожайностью, например, нанесение стартовой дозы фосфорных удобрений не в бороздку, а на семена, но в меньшем количестве [12]. Кроме того точный высев семян в бороздку с рациональным уплотненным ложе и боковыми стенками бороздки для подтягивания влаги для ускорения всходов.

Таблица 1 - Классификация однодисковых сошников для посева зерновых, травяных и других культур

Признаки	↓Анализ Синтез↑	Смысловой делитель	Свойства сошников и составляющих их элементов								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
	0	Резерв									
Конструктивные	1	Класс сошников	Рядовой посев	Ленточный посев	Пунктирный посев	Рядовой однострочный посев	Рядовой двухстрочный посев	Подпочвенный посев	Посев с точным высевом	Узкорядный посев	
	2	Конструкция сошника	Однодисковый с плоским диском	Однодисково-анкерный	Однодисковый с разно-великими дисками	Однодисковый с каточком	Однодисковый с двумя ребордами	Однодисковый с ребордой	Однодисково-комбинированный	Однодисково-сферический	Однодисковый
	3	Угол вхождения в почву (угол атаки и крена)	Острый	Прямой	Тупой	Нулевой		Минимальный (1-5°)	Средний (5-9°)		
	4	Характер работы сошника	Пассивный	Пассивно-вибрационный	Ротационный	Вибрационный	Комбинированный	Роторный с механическим приводом	Роторный с электрическим приводом	Роторный с гидравлическим приводом	
	5	Корпус	Чугунный	Стальной	Пластмассовый	Алюминиевый	Керамический	Комбинированный	Металлический		
	6	Сечение семя-провода	Эллипсо-видное	Прямо-угольное	Круглое	Квадратное		Комбинированное	Треугольное	Трапециевидное	
	7	Установка семя-провода	Прямостоячий	Под наклоном	Концентрично реборде	За ребордой		Рядом с диском	За дисками	Между дисками	
	8	Конструкция реборды	Цилиндрическая	Плавающая	Усеченно-конусная	Катковая		В виде лыжи	Комбинированная	Усеченно-трапециевидная	
	9	Форма уплотнительного элемента	Треугольная	Прямоугольная	Круглая	Трапециевидная		Эллипсо-видная	Коническая	Усеченная коническая	
	10	Подвеска сошника	Жесткая	Упругая с плоской пружиной	Упругая с винтовой пружиной	Упругая с двойной пружиной	Параллело-граммная	Комбинированная	Рессорная		
Технологические	11	Конструкция загортачей	П-образный	Пружинный	Катковый	Цепной	Дисковый	Дисково-сферический	Треугольный	Комбинированный	
	12	Форма чистиков	Треугольная	Усеченно-эллипсо-видная	Плоская	Фигурная	В виде клапана	Комбинированная	Цилиндрическая		
	13	Процесс высева материала	Под давлением	Свободное падение	Пневматический с малой концентрацией	Пневматический с высокой концентрацией	Гидро-транспортирование	Вибрационное транспортирование	Комбинированный		

Продолжение таблицы 1

14	Операции, выполняемые сошниками	Посев мелко-семянных культур	Посев травяных культур	Посев зерновых культур	Посев льна	Посев крупных культур	Посев зернобобовых культур	Внесение стартовой дозы удобрений	Комбинированный посев	
15	Угол атаки дисков, град	Нулевой	1	3	5	9	12	15	18	
16	Скоростной режим, м/с	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	
17	Давление на сошник, Н	100	200	300	400	500	600	700	800	
18	Форма бороздки	V-образная	Треугольная	Прямоугольная	Эллипсовидная	Трапециевидная	Конусная	Комбинированная	U-образная	

Нами для этого предлагаются однодисковые сошники с нулевым углом атаки диска с симметричными ребордами [13, 14, 15]. Это позволит увеличить скорость посевных машин для повышения их производительности и сокращения сроков посева. Кроме предложенных новых конструкций сошников к сеялкам и посевным агрегатам мы предлагаем новую цифровую классификацию однодисковых сошников (таблица 1) взамен существующих. Эта классификация кодируется цифрами не только для имеющихся множества самых различных сошников, но и будет полезна для изобретения новых конструкций рабочих органов к посевным машинам.

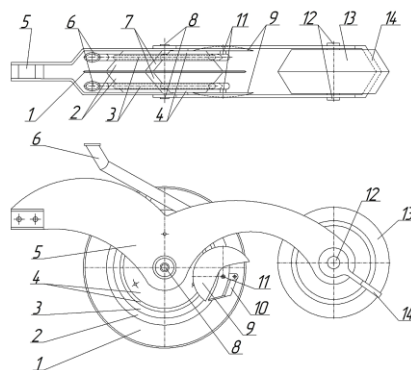


Рисунок 1 - Комбинированный однодисковый сошник для узкорядного посева: 1 – плоский диск; 2 – реборда; 3 – бороздкообразователь; 4 – реборда; 5 – корпус; 6 – семянаправитель; 7 – чистик; 8 – ось; 9 – диск; 10 – клапан; 11, 12 – ось; 13 – прикатывающий каток; 14 – чистик

Комбинированный однодисковый сошник (рисунок 1) 8.5.4.3.2.1.3.3.8.5.3. 1.2.8.1.4.3.1 (согласно [16]) для узкорядного посева семян зерновых культур и льна состоит из корпуса 5, который присоединяется к поводку сеялки; оси 8, на

которой крепится без угла атаки к направлению движения плоский диск 1 с установленными на его обеих сторонах внутренними и наружными ребордами 2 и 4, имеющими форму усеченного конуса с бороздкообразователями 3; семянаправителем 6 с клапанами 10, имеющих форму концентричную форме реборд, и установленными у их основания сферическими дисками 9 на осях 11; закрепленных на корпусе чистиков 7, которые копируют формы рабочих поверхностей реборд и бороздкообразователей; прикатывающий каток 13, закрепленный на оси 12, который в поперечном сечении имеет форму равнобедренного треугольника – симметричную форме реборд, с установленным на поводке чистиком 14 .

Технологическая схема работы комбинированного однодискового сошника для узкорядного посева показана на рисунок 2.

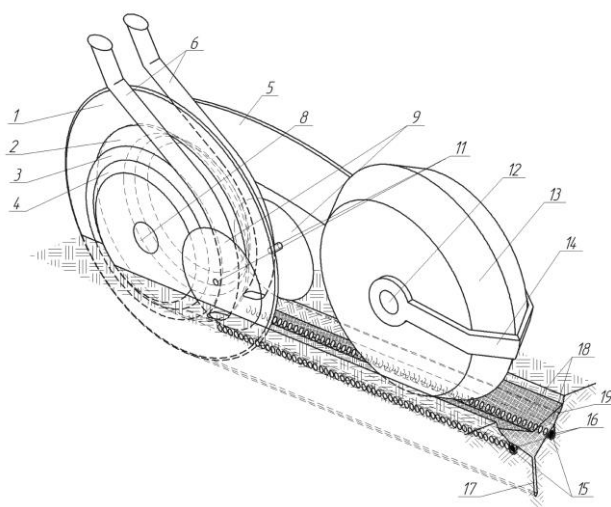


Рисунок 2 - Технологическая схема работы комбинированного однодискового сошника для узкорядного посева: 1 – плоский диск; 2 – реборда; 3 – бороздкообразователь; 4 – реборда; 5 – корпус; 6 – семянаправитель; 7 – чистик; 8 – ось; 9 – диск; 10 – клапан; 11, 12 – ось; 13 – прикатывающий каток; 14 – чистик; 15 – ложа; 16 – семена; 17 – щель; 18 – прослойка почвы; 19 – бороздка

Плоский диск 1, свободно вращающийся на оси 8, установлен без угла атаки к направлению движения. При движении в почве он разрезает заточенной кромкой пожнивные и растительные остатки, образует узкую щель 17, а установлен-

ные на нем с внутренней и наружной стороны реборды 2 и 4 создают по обе стороны от щели 17 уплотненные под углом к горизонту ложа 15. В уплотненных ложах, установленные на ребордах бороздкообразователи 3 с закругленными кромками выдавливают бороздки с расстоянием  $b=62,5$  мм между ними. Потoki семян направляются в семянаправители 6, из которых под силой тяжести в образованные бороздкообразователями бороздки укладываются семена 16 мелкосеменных культур, а сферические диски 9, установленные на осях 11 у основания семянаправителей, создают бороздки 19 и предотвращают этим осыпание стенок бороздки в районе высева семян. Установленный за сошником на корпусе 5 прикатывающий каток 13 за счет приданной ему формы образует над бороздками с уложенными в них семенами прослойку почвы 18 неодинаковой плотности. За счет установленного на поводке чистика 14, копирующего форму катка, почва не налипает на его поверхность. Образованная плоским диском тонкая щель 17 заполняется почвой рыхлой структуры, создавая тем самым небольшой запас воздуха, способствующий лучшей всхожести семян.

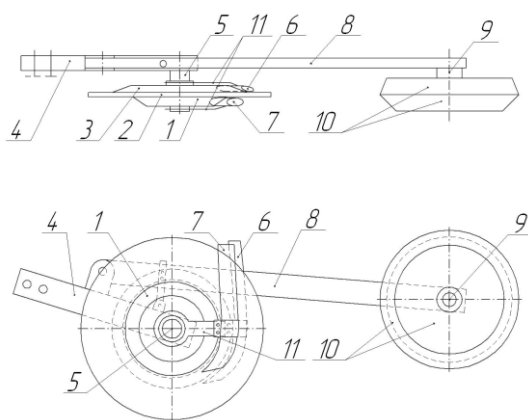


Рисунок 3 - Комбинированный однодисковый сошник с двухсторонними ребордами-бороздкообразователями с разными диаметрами и нулевым углом атаки дисков: 1 – уплотнители; 2 – плоский диск; 3 – уплотнитель; 4 – корпус; 5 – ось; 6 – семянаправитель; 7 – туконаправитель; 8 – поводок; 9 – ось; 10 – прикатывающий каток; 11 – пластины

Комбинированный однодисковый сошник (рисунок 3) 1.7.4.3.7.1.4.3.4.2.3.4. 7.8.1.3.4.5 (согласно [16]) состоит из корпуса 4, который



присоединяется к поводку сеялки; оси 5, на которой крепится с нулевым углом атаки к направлению движения плоский диск 2 с установленными на его обеих сторонах ребрами-бороздкообразователями 1 и 3, имеющими форму усеченных конусов разных диаметров, ширины и углов вхождения в почву; семянаправители 6 и туконаправители 7, имеющих форму, concentричную форме соответствующих им ребрам; пластин 11, на которых они закреплены, и установленного за диском, на оси 9 поводка 8, прикатывающего катка 10, поверхность которого имеет ступенчатую форму, каждая из которых имеет форму треугольника, и различные углы прикатывающих кромок.

Схема технологического процесса комбинированного однодискового сошника с двухсторонними ребрами представлена на рисунок 4.

Диск 2, свободно вращающийся на оси 5, при движении в почве разрезает пожнивные и растительные остатки, образует узкую щель 15, а установленные на нем с внутренней и наружной стороны ребры-бороздкообразователи-уплотнители 1 и 3 за счет различных диаметров, ширины и углов вхождения в почву создают по обе стороны от щели 15 бороздки разной ширины на разной глубине с уплотненными под разными углами ложами 14. В образованные бороздки на уплотненное ложе 14, из тукопровода по туконаправителю 7 и, соответственно, из семяпровода по семянаправителю 6 под силой тяжести укладываются удобрения 13 и семена 12 зерновых культур.

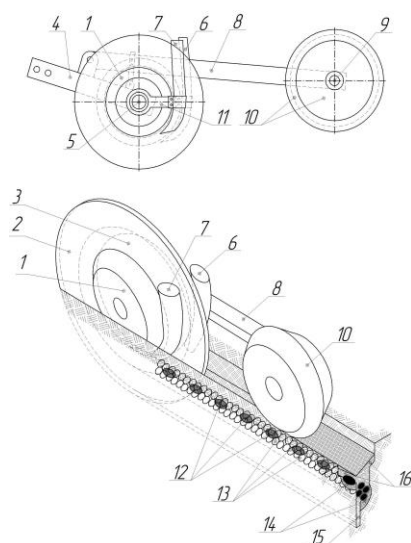


Рисунок 4 - Технологический процесс комбинированного однодискового сошника с двухсторонними конусными ребрами для узкорядного посева: 1 и

3 – уплотнители; 2 – плоский диск; 4 – корпус; 5 – ось; 6 – семянаправитель; 7 – туконаправитель; 8 – поводок; 10 – прикатывающий каток; 12 – семена; 13 – удобрения; 14 – уплотненное ложе; 15 – щель; 16 – почва

Образованная плоским диском тонкая щель 15 частично заполняется почвой. Установленный за сошником при помощи поводка 8 прикатывающий каток 10 за счет приданной ему ступенчатой формы и различных углов прикатывающих кромок одновременно вдавливает уложенные ленты удобрений и рядки семян в уплотненные ложа бороздок и образует над ними и между ними слои почвы 16 неодинаковой плотности, обеспечивая этим их оптимальное размещение в почве. Благодаря уплотненному под разными углами ложе бороздок и слоям неодинаковой плотности улучшается контакт удобрений и семян с почвой, снижаются потери удобрений и повышается всхожесть семян, а также к заделанным удобрениям и семенам равномерно подтягивается влага.

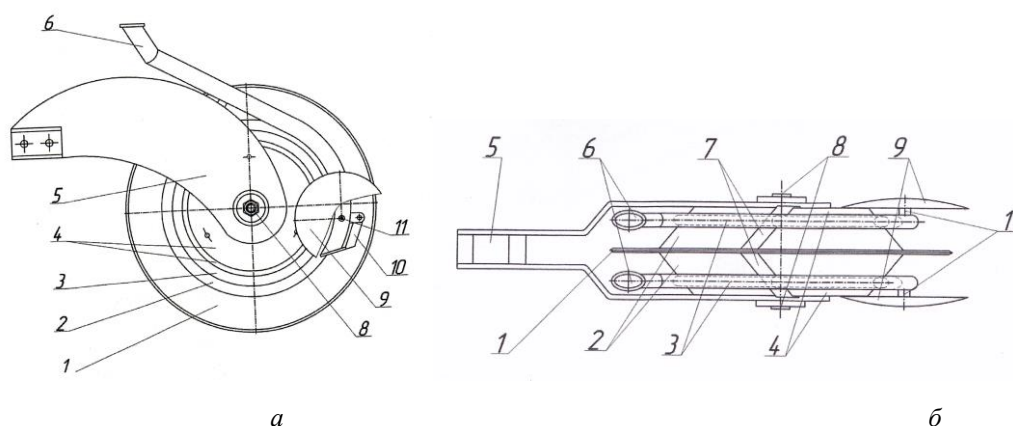


Рисунок 5 - Комбинированный однодисковый сошник с двусторонними ребрами и сферическими дисковыми загортачами для узкорядного посева: а – вид сбоку; б – вид сверху; 1 – плоский диск; 2 и 4 – реборды; 3 – бороздкообразователи; 5 – корпус; 6 – семянаправители; 7 – чистик; 8 – ось; 9 – сферический диск; 10 – клапан; 11 – оси

На рисунок 5 представлен комбинированный однодисковый сошник 8.5.4.3.7.1.3.3.8.7.2.5.2.3.1.6.5.2 (согласно [16]), состоящий из корпуса 5, который присоединяется к поводку сеялки; оси 8, на которой крепится без угла атаки к направлению движения плоский диск 1 с установленными на его обеих сторонах внутренней и наружной ребордами 2 и 4, имеющими форму усеченного конуса, с бороздкообразователями 3; семянаправителей 6 с клапанами 10, имеющих фор-

му, концентричную форме реборд, и установленными у их основания сферическими дисками 9 на осях 11, закрепленных на корпусе чистиков 7, которые копируют формы рабочих поверхностей реборд и бороздкообразователей.

Комбинированный однодисковый сошник (рисунок 5) работает также как и сошник на рисунок 2, но без прикатывающего каточка.

Применение данной конструкции однодискового сошника позволяет добиться равномерности заделки семян в почву за счет получения бороздок одинаковой формы и глубины и нарезанных щелей; устранить сгуживание и отброс почвы; исключить осыпание стенок борозд в районе высева семян и предотвратить повреждение семянаправителей за счет использования сферических дисков; повысить всхожесть семян за счет использования реборд, которые создают уплотненные ложа, привлекая тем самым влагу; снизить тяговое сопротивление за счет установки сошников без угла атаки; сделать рациональным использование конструкции при узкорядном высева мелкосеменных культур за счет использования бороздкообразователей.

Установка дисков с нулевым углом атаки и крена двухдисковых и однодисковых сошников позволяет производить посев на высоких скоростях при этом уменьшить до минимума разброс почвы в сторону, сократить расстояние между рядами сошников (при двухрядном расположении на посевных машинах и агрегатах), значительно уменьшить тяговое сопротивление, создать уплотнение ложа не только дна, но и стенок бороздок.

**Выводы.** В настоящее время в Республике Беларусь создаются условия для ведения точного земледелия. Суть точного земледелия в том, чтобы обработка полей производилась в зависимости от реальных потребностей культур, выращиваемых в данном месте. Эти потребности определяются с помощью мониторинга земельных ресурсов на основе современных информационных технологий, включающих космическую съемку. При этом предполагается, что для достижения максимального эффекта при минимальном ущербе окружающей среде и снижении общего расхода применяемых веществ, средства обработки могут различаться в пределах отдельных участков поля. Поэтому технологиче-

ская и конструкторская база средств и агрегатов для обработки почвы Республики Беларусь должна быть разнообразной и подготовленной к этим изменениям. С учетом этого в БГСХА разработана, запатентована и прошла практическую апробацию целая серия сошниковых групп посевных машин для разнообразных сельскохозяйственных культур. В данной статье демонстрируется их конструктивные особенности, принципы работы и достоинства по отношению к имеющимся аналогам. Новые рабочие органы (сошники) идеально вписываются в прогрессивные технологии точного земледелия при возделывании зерновых культур. Они позволяют: более равномерно распределять семена по площади питания; производить посев зерновых культур на высоких скоростях тяговых механизмов (до 25 км/ч, при конструкции сошников с нулевым (или близким к 0) углом атаки); увеличить производительность посевных машин на 50 % и более; сократить сроки сева зерновых культур при двухрядной расстановке сошников на посевных машинах и агрегатах; создать условия для равномерного и ускоренного подтягивания влаги к семенам.

В совокупности вышеизложенное позволит добиться более ускоренных и равномерных всходов возделываемых культур, их равномерного созревания, а значит сократить в ходе уборки потери и повысить урожайность зерна.

### Литература

1. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2021 – 2025 годы / Постановление совета министров РБ от 01 февраля 2021 г. № 59 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. 2022. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100059>. – Дата доступа: 14.01.2022.
2. Петровец В.Р., Чайчиц Н.В., Сергеев В.С. Современные технологии и машины для возделывания сельскохозяйственных культур: учеб. пособие. Горки: БГСХА, 2008. 184 с.
3. Математическая модель уплотнения почвы в бороздках, образованных однодисковым сошником с нулевым углом атаки и симметрично расположенными двухсторонними ребордами-бороздкообразователями для узкорядного посева мелкосемянных культур / В.Р. Петровец, С.В. Курзенков, Н.И. Дудко, Д.В. Греков // Вестник БГСХА. 2016. № 4. С. 98-100.
4. Петровец В.Р., Чайчиц Н.В. Проблема равномерного высева сельскохозяйственных культур универсальными пневматическими сеялками при интенсивной технологии возделывания // Современные проблемы с.-х. механики. Минск, 1999. 4 с.
5. К вопросу определения интервалов варьирования конструктивных параметров дискового сошника, влияющих на процесс бороздкообразования при посеве сельскохозяйственных культур / В.Р. Петровец, С.В. Курзенков, Н.И. Дудко, Д.В. Греков // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 3. С. 168-172.
6. Петровец В.Р. Структурно-морфологическая классификация сошников для внесения основной дозы минеральных удобрений и посева зерновых культур. Горки: БСХА, 1976. 4 с.

7. Петровец В.Р., Авсюкевич С.В., Дудко Н.И. Посев зерновых культур дисковыми сошниками с усечено-конусными бороздкообразователями-уплотнителями. Горки: БГСХА, 2015. 217 с.

8. Петровец В.Р., Чайчиц Н.В., Авсюкевич С.В. Технологии и машины для посева основных культур: лекция. Горки: БГСХА, 2008. 18 с.

9. Стрельчатая лапа культиватора: пат. 2462852 С1 Рос. Федерация / Михальченков А.М., Ковалев А.П., Будко С.И., Комогорцев В.Ф.; заявка № 2011106409/13 от 21.02.2011; опубл. 10.10.2012.

10. Петровец В.Р., Дудко Н.И., Греков Д.В. Цифровая классификация дисковых сошников / В.Р. Петровец, // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 1. С. 164-168.

11. Обзор и сравнительная оценка конструкций почвообрабатывающих агрегатов / С.И. Будко, В.М. Кузюр, Л.С. Киселева и др. // Инновации и технологический прорыв в АПК: сборник научных трудов международной научно-практической конференции. 2020. 2020. С. 223-229.

12. Анализ способов основной обработки почвы с модернизацией рабочих органов плуга / С.И. Будко, В.М. Кузюр, И.В. Кузьменко, А.Н. Чайчиц // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2 (78). С. 32-36.

13. Комбинированный однодисковый сошник с симметрично расположенными двухсторонними ребордами – бороздкообразователями и нулевым углом атаки / В.Р. Петровец, С.В. Курзенков, Н.И. Дудко, Д.В. Греков // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 3. С. 137–140.

14. Современные тенденции в развитии конструкций и технологических схем дисковых сошников / В.Р. Петровец, С.В. Курзенков, Н.И. Дудко, Д.В. Греков // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. 2018. Т.56, № 1. С. 87–98.

15. К вопросу создания инновационных конструкций и технологических схем сошников для посевных агрегатов / В.Р. Петровец, С.В. Курзенков, Н.И. Дудко, Д.В. Греков // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 4. С. 169-173.

16. Классификация дисковых сошников по технологическим и конструктивным параметрам / В.Р. Петровец, С.В. Курзенков, Д.В. Греков, Н.И. Дудко // Весці нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. 2017. № 2. С. 100-107.

УДК 631.33.024.2:633.1

## ***ВАРИАНТЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР СЕЯЛКАМИ С ДИСКОВЫМИ СОШНИКАМИ***

***Д.т.н., профессор Петровец В.Р., Греков Д.В.,  
petrovets\_vr@mail.ru***

***Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Беларусь***

## ***OPTIONS FOR RATIONAL SOWING OF GRAIN CROPS WITH SEEDERS WITH DISC COULTERS***

***Doctor of Technical Sciences, Professor Petrovets V.R., senior lecturer Grekov  
D.V., petrovets\_vr@mail.ru***

***Belarusian State Agricultural Academy, Belarus***

**Аннотация.** В комплексе технологических операций и приемов при возделывании зерновых важнейшее значение имеет посев, главным требованием которого при инновационной технологии возделывания является качество и скорость его выполнения.

Качество технологической операции посева определяется выбором комбинированных посевных машин с дисковыми сошниками, их техническим состоянием, настройкой, регулировкой и проведением посевных работ в установленные агротехнические сроки.

В данной статье приводится обзор различных вариантов посева зерновых культур, их достоинства и недостатки.

*Annotation. In the complex of technological operations and techniques in the cultivation of grain, sowing is of the utmost importance, the main requirement of which in the case of innovative cultivation technology is the quality and speed of its implementation.*

*The quality of the technological sowing operation is determined by the choice of combined sowing machines with disc coulters, their technical condition, adjustment, adjustment and carrying out of sowing operations within the established agrotechnical deadlines.*

*This article provides an overview of various options for sowing grain crops, their advantages and disadvantages.*

**Ключевые слова:** сеялка, сошник, диск, угол атаки диска, бороздка, реборды, бороздкообразователи, зерновые, почва.

**Keywords:** seeder, coulter, disc, angle of attack of the disc, groove, ridges, furrowing agents, grain, soil.

## **Введение. Основная часть**

При посеве зерновых культур для обеспечения глубины заделки семян и копирования микрорельефа поля применяют дисковые сошники, которые могут быть укомплектованы ограничителями углубления или установлены на параллелограммной подвеске [1, 2, 3]. Некоторые производители для улучшения работы дисковых сошников с обеих их сторон устанавливают резиновые колеса. Amazone комплектует сеялки сошниками RoTeC-Control, которые состоят из диска, опорного катка, установленного на одной оси с диском, и бороздотеснителя. Для обеспечения равномерности глубины заделки семян и улучшения их контакта с почвой в сеялках John Deere и Great Plains за сошником устанавливают специальный ролик. Большинство зарубежных компаний производят детали, восстановление которых фактически не представляется возможным из-за полного истирания режущих частей [4, 5].

Для улучшения притока влаги к семенам из нижних слоев почвы ведущие производители сеялок на своих машинах применяют прикатывающие катки, установленные на дисковых сошниках. Конструкция крепления катка позволяет индивидуальное регулирование глубины хода каждого сошника. Некоторые фирмы предлагают такой вариант: перед сошниками устанавливают резиновые

колеса большого диаметра, которые выравнивают и уплотняют почву, придавая ей одинаковую структуру. Существуют сеялки с комплекующим механизмом соблюдения глубины заделки семян: колесо копирует поверхность почвы и через рычаги взаимодействует с двумя кронштейнами крепления сошников; под действием рычагов кронштейны с сошниками перемещаются и копируют неровности почвы, в результате чего обеспечивается стабильная глубина заделки семян [6, 7].

Значительным преимуществом дисковых сошников является то, что даже большое количество соломы не вызывает их забивания. Жесткая солома на мягкой почве не измельчается сошниками, а вдавливается в грунт. В условиях достаточного и длительного увлажнения обеспечивается достаточное прорастание и дальнейшее нормальное развитие растений. Однако при засушливых условиях корни растений не могут прорасти сквозь солому. Сошники, используемые в традиционной технологии посева зерновых культур, создают различные профили посевной бороздки. Обычно используются сошники с двумя вариантами профиля посевной бороздки: *V*- и *U*-образная щели [8, 9, 10, 11, 12].

В настоящее время большинство импортных посевных агрегатов оборудовано рабочими органами для описанного способа сева. При этом в зависимости от назначения по условиям применения (тип почвы, агрофон, система обработки почвы, рельеф и др.) можно выделить четыре различных варианта посева.

Первый вариант посева осуществляется комбинированными сошниками (рисунок 1, *а*) фирмы «Horsch» (Германия), «Sulky» (Франция), «Pöttinger» (Австрия), «Kverneland» (Норвегия). Технологический процесс работы (рисунок 1, *б*) включает следующие операции: укладка семян в бороздки, раскрытые сошниками; прикатывание бороздок с семенами, обрезиненными каточками, ширина обода которых несколько больше ширины дна бороздки, благодаря чему семена полностью закрываются обжатой почвой; закрытие прикатанных бороздок рыхлой почвой пружинными боронками (загортачами) за сошниками.

Достоинства варианта: хорошие контакт семян с почвой и обеспеченность влагой; полосовое прикатывание посевного слоя, которое по сравнению со

сплошным прикатыванием обеспечивает лучший воздухообмен почвы; замедление процесса испарения влаги из уплотненного слоя почвы с семенами в результате заполнения рыхлой почвой бороздок.

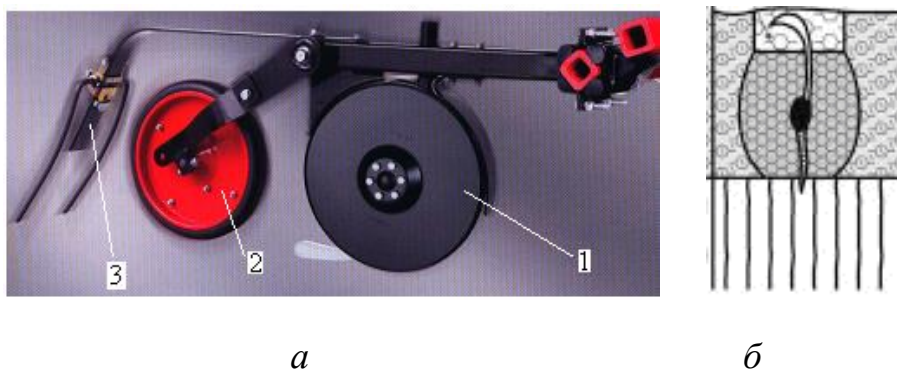


Рисунок 1 – Комбинированный сошник для первого варианта посева: *а* – состав рабочих органов; *б* – технологический процесс; *1* – двухдисковый сошник; *2* – прикатывающий обрезиненный каток; *3* – загортач

Основной недостаток этого варианта: посев производится на неуплотненное ложе и при увеличении скорости движения агрегата происходит отброс почвы в сторону, для нормальной работы необходимо использование дополнительных операций по подготовке ложа.

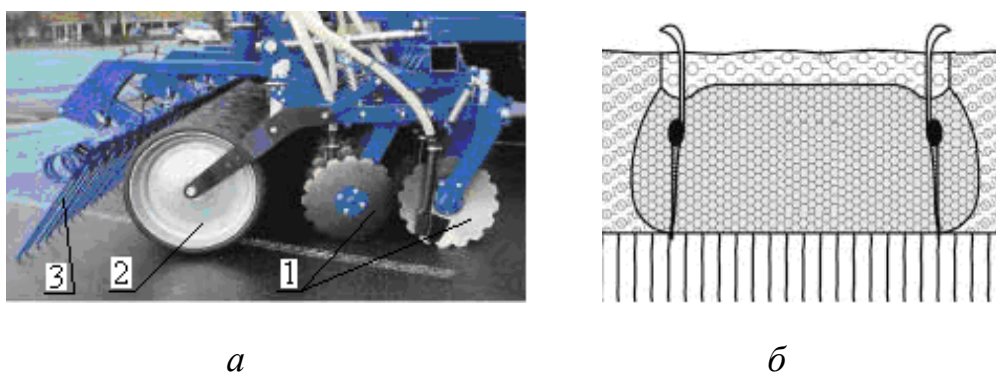


Рисунок 2 – Комбинированный сошник для второго варианта посева: *а* – состав рабочих органов; *б* – технологический процесс; *1* – однодисковые вырезные сферические сошники; *2* – широкий прикатывающий каток, закрывающий два ряда; *3* – загортачи пружинные

Второй вариант посева осуществляется комбинированными сошниками (рисунок 2, *а*), фирм «Rabe» (Германия), «Pöttinger» (Австрия), «Tume» (Норвегия), «Kongskilde» (Дания), «Väderstad» (Швеция).

Технологический процесс (рисунок 2, *б*) данного варианта близок первому,



отличается от него лишь тем, что семена, уложенные в раскрытые сошниками бороздки, прикатываются ленточно, одним широким катком или колесом на две бороздки. Достоинства варианта: те же, что и первого.

Недостатки варианта: малый объем неприкатанной почвы может быть недостаточным для нормального воздухообмена и жизнедеятельности произрастающих растений во влажный период и особенно на средних и тяжелых суглинистых и глинистых почвах.

Третий вариант подготовки семенного ложа осуществляется комбинированным сошником немецкой фирмы «Amazon» (рисунок 3, *а*). Технологический процесс работы (рисунок 3, *б*) включает: выпрессовывание клинчатых бороздок, укладку семян в бороздки сошниками, закрытие бороздок с семенами рыхлой почвой с помощью загортачей типа «ласточкин хвост».

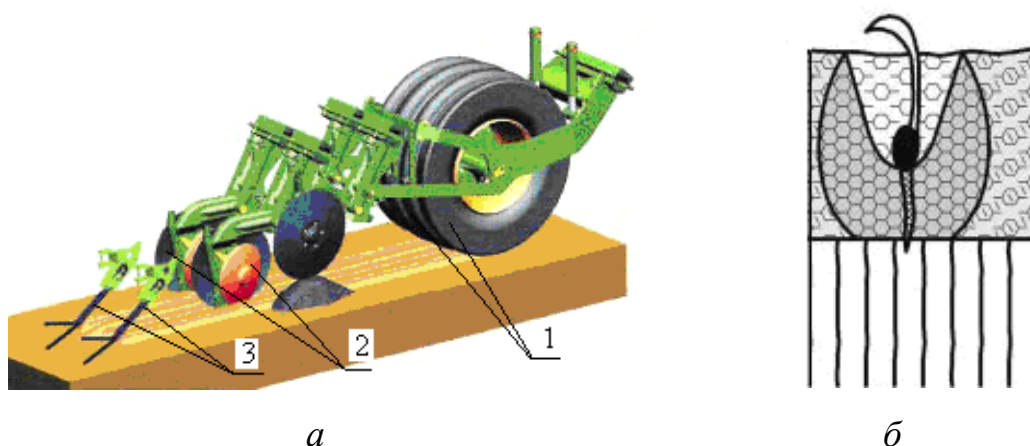


Рисунок 3 – Комбинированный сошник для третьего варианта посева: *а* – состав рабочих органов; *б* – технологический процесс; 1 – выпрессовывающие выравнивающе-прикатывающие катки; 2 – однодисковые сферические сошники; 3 – загортачи типа «ласточкин хвост»

Достоинства варианта: предварительно выпрессованные бороздки повышают устойчивость хода сошников и равномерность укладки семян по глубине; заполненные рыхлой почвой бороздки замедляют процесс испарения влаги из уплотненного слоя почвы. Недостаток варианта: неприкатанные семена в бо-

роздках имеют невысокий контакт с почвой, что может снижать интенсивность их произрастания в сухую погоду, особенно на легких почвах.

Четвертый вариант посева осуществляется комбинированными сошниками (рисунок 4, *а*) фирмы «Lemken» (Германия) и входящих в состав АПП-6А, АПП-6П, освоенных на производстве в ОАО «Лидагропроммаш». Технологический процесс работы (рисунок 4, *б*) подобен третьему варианту, включает выпрессовывание клинчатых бороздок, укладку семян в бороздки сошниками, прикатывание бороздок с семенами обрезиненными каточками, закрытие при необходимости прикатанных бороздок рыхлой почвой (с помощью загортачей).

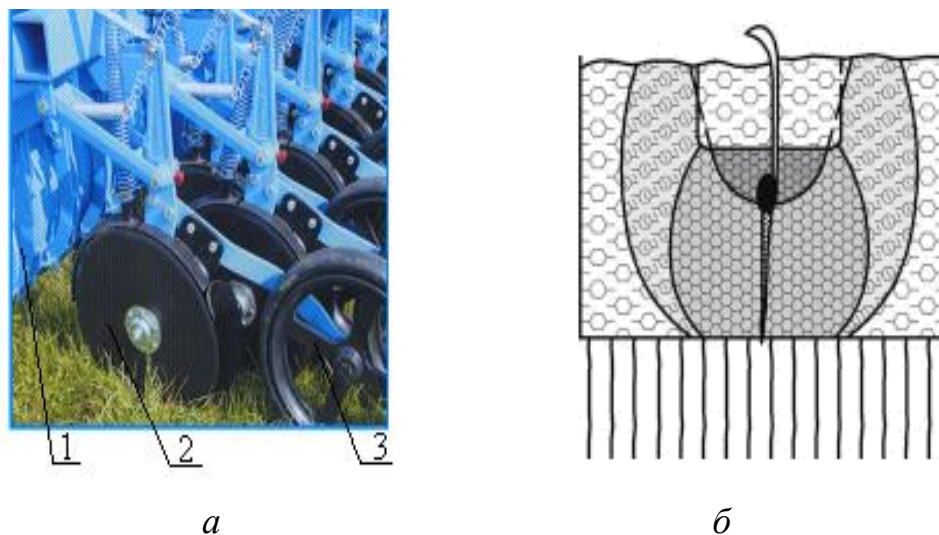


Рисунок 4 – Комбинированный сошник для четвертого варианта посева:

*а* – состав рабочих органов; *б* – технологический процесс; 1 – выпрессовывающий железный каток; 2 – двухдисковый сошник; 3 – прикатывающий каток

Достоинства варианта: имеет все достоинства третьего варианта и устраняет его недостаток – прикатывание бороздок с семенами повышает равномерность заделки их по глубине, создает хороший контакт семян с почвой, что обеспечивает более дружные всходы в любую послепосевную погоду.

#### Литература

1. Обзор и сравнительная оценка конструкций почвообрабатывающих агрегатов / С.И. Будко, В.М. Кузюр, Л.С. Киселева и др. // Инновации и технологический прорыв в АПК: сборник научных трудов международной научно-практической конференции. 2020. С. 223-229.

2. Кузюр В.М., Будко С.И., Киселева Л.С. Модернизация плуга ППП-7-40 // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3 (85). С. 46-50.
3. Определение почвенной прослойки и бороздообразование комбинированными сошниками / О.П. Лабурдов, В.М. Кузюр, С.И. Будко, А.А. Сысоев // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 5 (87). С. 55-59.
4. Михальченков А.М., Будко С.И. Стойкость к абразивному изнашиванию восстановленных и упрочненных лемешных долот LEMKEN // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 8. С. 45-48.
5. Структура и свойства одно- и двухслойной износостойкой наплавки при восстановлении деталей / А.М. Михальченков, И.В. Козарез, С.И. Будко, А.П. Ковалев // Упрочняющие технологии и покрытия. 2012. № 1 (85). С. 30-32.
6. Петровец В.Р., Лабурдов О.П. Исследование силовых характеристик сошников // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1999. № 8. С. 24.
7. Петровец В.Р., Чайчиц Н.В. Проблема равномерного высева сельскохозяйственных культур универсальными пневматическими сеялками при интенсивной технологии возделывания // Современные проблемы сельскохозяйственной механики: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения академика М.Е. Мацепуро. 1999. С. 101-104.
8. Цифровое кодирование комбинированных отечественных и зарубежных дисковых сошников / В.Р. Петровец, Д.В. Греков, Н.И. Дудко, С.В. Курзенков // Вестник БГСХА. 2019. № 2. 234–238.
9. Анализ способов основной обработки почвы с модернизацией рабочих органов плуга / С.И. Будко, В.М. Кузюр, И.В. Кузьменко, А.Н. Чайчиц // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2 (78). С. 32-36.
10. Плужный лемех (лемех конструкции Брянской ГСХА): пат. 95285 U1, Рос. Федерация / Михальченков А.М., Будко С.И., Кожухова Н.Ю., Анисин А.Н.; заявка № 2010105296/22 от 15.02.2010; опубл. 27.06.2010.
11. Стрельчатая лапа культиватора: пат. 2462852 С1 Рос. Федерация / Михальченков А.М., Ковалев А.П., Будко С.И., Комогорцев В.Ф.; заявка № 2011106409/13 от 21.02.2011; опубл. 10.10.2012.
12. Михальченков А.М., Будко С.И., Киселева Л.С. Стрельчатая лапа культиватора повышенной износостойкости с эффектом самозатачивания // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2011. № 1 (10). С. 101-103.

**ДИСКОВЫЕ СОШНИКИ ДЛЯ РАБОТЫ НА ПОВЫШЕННЫХ  
СКОРОСТЯХ С РАВНОМЕРНОЙ ЗАДЕЛКОЙ СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ  
КУЛЬТУР**

**д.т.н., профессор Петровец В.Р., Греков Д.В.,  
[petrovec\\_vr@mail.ru](mailto:petrovec_vr@mail.ru)**

**Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Беларусь  
к. т. н, доцент Кузюр В.М., e-mail: [kvming@mail.com](mailto:kvming@mail.com);  
Брянский государственный аграрный университет, Брянск,  
Российская Федерация**

**DISC COULTERS FOR WORKING AT HIGH SPEEDS WITH UNIFORM  
SEALING OF GRAIN SEEDS**

**Doctor of Technical Sciences, Professor Petrovets V.R., senior lecturer  
Grekov D.V., [petrovec\\_vr@mail.ru](mailto:petrovec_vr@mail.ru)**

**Belarusian State Agricultural Academy, Belarus  
Candidate of Engineering Sciences, Vasily M. Kuzyur,  
Bryansk State Agrarian University, Bryansk, Russian Federation**

**Аннотация.** Статья посвящена анализу скоростных дисковых сошников. Приведены инновационные разработки дисковых сошников, а так же предложен однодисковый сошник с полиуретановой регулируемой ребордой для скоростного посева зерновых культур.

**Annotation.** The article is devoted to the analysis of high-speed disc coulters. Innovative developments of disc coulters are presented, as well as a single-disc coulters with a polyurethane adjustable rib for high-speed sowing of grain crops is proposed.

**Ключевые слова:** однодисковый сошник, посев, диски, семена, бороздки, реборда, бороздкообразователь, почва, влага, ложе, нулевой угол.

**Keywords:** single-disc coulters, sowing, discs, seeds, grooves, ribs, furrowing agent, soil, moisture, bed, zero angle.

**Введение.** Одним из условий получения равных и дружных всходов является соблюдение технологии посева. Известно, что наиболее лучшее сочетание водного, воздушного и теплового факторов отмечается, когда семена равномерно распределены по площади на заданную глубину. При этом они должны быть уложены на плотный слой почвы и прикрыты рыхлым слоем почвы мелкокомковатой структуры, который будет снижать испарение влаги [1, 2, 3, 4, 5].

Несоблюдение любого из этих требований ведет к снижению урожайности. Например, уменьшение глубины посева может привести к вымерзанию всходов озимых и изреженности всходов яровых.

При излишне глубокой заделке всходят ослабленные растения, а часть ростков гибнет, так как не может пробиться к свету. Кроме этого, разное размещение семян по глубине ведет к неравномерному развитию растений и созреванию зерна [6, 7].

**Основная часть.** В настоящее время при конструировании посевных машин преимущество отдается дисковым сошникам, которые хорошо работают на любых типах почв [8, 9, 10].

Одно и двухдисковые сошники хорошо заглубляются на мульчированных почвах, прорезают в ней бороздки на заданную глубину. Проанализировав несколько сошниковых групп мы пришли к выводу, что создание сошника с нулевым углом атаки и полиуретановой ребордой ведет к улучшению урожая, к более стабильной глубине заделки семян, созданию уплотненного ложе, что в свою очередь ведет к улучшению поступления и задержки влаги в почве.

Дисковые сошники менее чувствительны к растительным остаткам на поле и некачественно проведенной предпосевной обработке почвы. Они вырезают бороздки шириной 3 см, семена разбрасываются по их стенкам и заворачиваются на разную глубину. Кроме неравномерности глубины заделки семян, недостатком является то, что дисковые сошники не создают посевной бороздки с плотным семенным ложем [11, 12].

В настоящее время популярны двух- и однодисковые сошники. Двухдисковый сошник состоит из двух плоских дисков, расположенных под острым углом ( $8 - 14^\circ$ ) друг к другу. С целью устранения возможности забивания и налипания почвы двухдисковые сошники могут быть оборудованы чистиками с обеих сторон и крышкой в верхней части.

Однодисковые сошники расположены под углом к направлению движения и поверхности почвы. Для недопущения налипания почвы и забиваний растительными остатками во время сева на влажных почвах дисковые сошники оборудованы скребками, которые очищают внутреннюю часть дисков, а внешняя поверхность очищается за счет контакта с грунтом.

Проанализировав несколько сошниковых групп мы пришли к выводу, что создание однодискового сошника с нулевым углом атаки и полиуретановой ребордой ведет к более стабильной глубине заделки семян, хорошо очищается от

почвы и создает уплотненное ложе, что в свою очередь ведет к улучшению поступления и задержки влаги в почве и к повышению урожайности. Схему данного сошника мы можем увидеть на рисунке 1.

Для снижения тягового сопротивления и обеспечения прямолинейности хода сошника предлагается за основу использовать плоский диск, устанавливаемый без угла атаки. Проблему уплотнения дна бороздки предлагается решить путем установки на плоском диске реборды-бороздкообразователя.

Предлагаемый нами однодисковый сошник состоит из корпуса с отверстиями и болтами, одного плоского диска с ребордой-бороздкообразователем. Диск расположен вертикально и параллельно направлению движения сошника.

В задней части корпуса закреплены оси. На осях установлен диск с полиуретановой ребордой-бороздкообразователем. На корпусе закреплена пластина, на которой установлен семянаправитель.

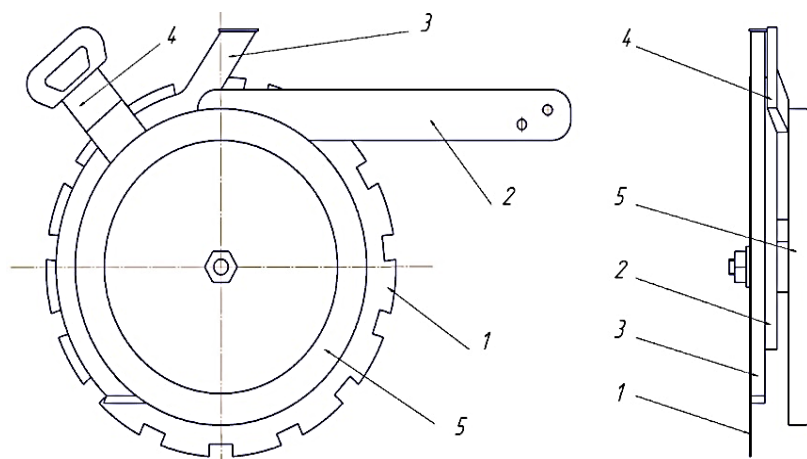


Рисунок 1 - Однодисковый сошник с нулевым углом атаки и полиуретановой регулируемой ребордой: 1 – диск; 2 – корпус; 3 – семянаправитель; 4 – регулятор глубины; 5 – опорный каток

Однодисковый сошник работает следующим образом. Корпус сошника присоединяют к поводку сеялки с помощью отверстий и болтов. Рабочий диск с ребордой-бороздкообразователем установлены на осях с углами атаки  $0^\circ$ .

Диск, двигаясь в почве, разрезает ее, а также пожнивные и растительные остатки, а затем реборда-бороздкообразователь выдавливают бороздки с левой стороны диска. В выдавленные бороздки укладываются семена, поступающие по семянаправителю. Семена, находящиеся в бороздке, заделываются загортачами.

Реборда-бороздкообразователь работает следующим образом. Плоская

часть диска разрезает почвенные и растительные остатки, почву, образуя щель. По этой щели к семенам подтягивается влага. Реборда-бороздкообразователь ограничивает глубину заделки семян, а также при выдавливании бороздки уплотняет ее дно и боковые части бороздки. А также данная реборда-бороздкообразователь регулируется под средством рукоятки, которая позволяет в любой момент изменить глубину заделки семян.

Установка рабочих дисков с углом атаки и крена  $0^\circ$  на однодисковом сошнике позволяет уменьшить до минимума отброс почвы в стороны от диска. В процессе работы дисков с ребордой-бороздкообразователем происходит одновременно выдавливание бороздок, их уплотнение, а также ограничение глубины заделки семян при работе однодискового сошника.

**Заключение.** Установка дисков с нулевым углом атаки на двухдисковом сошнике позволяет уменьшить тяговое сопротивление сошников и улучшить равномерность глубины заделки семян при работе на повышенных скоростях. Установка дисков с углом атаки  $0^\circ$  позволяет работать на скоростях движения сеялок более 15 км/ч и при этом уменьшить до минимума разброс почвы в стороны. Кроме того позволяет произвести расстановку сошников в один ряд или значительно сократить между ними при двухрядном их расположении. Щель, образованная диском в почве, позволяет подтянуть влагу. Не только уплотнить почву для бороздки, а и боковые стенки бороздки. Это значительно увеличит площадь уплотнения бороздки, что приведет к более быстрому набуханию семян дружным и равномерным их всходам.

### Литература

1. Петровец В.Р., Чайчиц Н.В. Проблема равномерного высева сельскохозяйственных культур универсальными пневматическими сеялками при интенсивной технологии возделывания // Современные проблемы сельскохозяйственной механики: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения академика М.Е. Мацепуро. 1999. С. 101-104.
2. К вопросу определения интервалов варьирования конструктивных параметров дискового сошника, влияющих на процесс бороздкообразования при посеве сельскохозяйственных культур / В.Р. Петровец, С.В. Курзенков, Н.И. Дудко, Д.В. Греков // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 3. С. 168-172.
3. Плужный лемех (лемех конструкции Брянской ГСХА): пат. 95285 U1, Рос. Федерация / Михальченко А.М., Будко С.И., Кожухова Н.Ю., Анисин А.Н.; заявка № 2010105296/22 от 15.02.2010; опубл. 27.06.2010.

4. Стрельчатая лапа культиватора: пат. 2462852 С1 Рос. Федерация / Михальченко А.М., Ковалев А.П., Будко С.И., Комогорцев В.Ф.; заявка № 2011106409/13 от 21.02.2011; опубл. 10.10.2012.
5. Михальченко А.М., Будко С.И., Киселева Л.С. Стрельчатая лапа культиватора повышенной износостойкости с эффектом самозатачивания // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2011. № 1 (10). С. 101-103.
6. Петровец В.Р., Лабурдов О.П. Исследование силовых характеристик сошников // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1999. № 8. С. 24.
7. Комбинированный однодисковый сошник с симметрично расположенными двухсторонними ребордами – бороздкообразователями и нулевым углом атаки / В.Р. Петровец, С.В. Курзенков, Н.И. Дудко, Д.В. Греков // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 3. С. 137–140.
8. К вопросу создания инновационных конструкций и технологических схем сошников для посевных агрегатов / В.Р. Петровец, С.В. Курзенков, Н.И. Дудко, Д.В. Греков // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 4. С. 169-173.
9. Обзор и сравнительная оценка конструкций почвообрабатывающих агрегатов / С.И. Будко, В.М. Кузюр, Л.С. Киселева и др. // Инновации и технологический прорыв в АПК: сборник научных трудов международной научно-практической конференции. 2020. С. 223-229.
10. Кузюр В.М., Будко С.И., Киселева Л.С. Модернизация плуга ППП-7-40 // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3 (85). С. 46-50.
11. Математическая модель уплотнения почвы в бороздках, образованных однодисковым сошником с нулевым углом атаки и симметрично расположенными двухсторонними ребордами-бороздкообразователями для узкорядного посева мелкосемянных культур / В.Р. Петровец, С.В. Курзенков, Н.И. Дудко, Д.В. Греков // Вестник БГСХА. 2016. № 4. С. 98-100.
12. Определение почвенной прослойки и бороздообразование комбинированными сошниками / О.П. Лабурдов, В.М. Кузюр, С.И. Будко, А.А. Сысоев // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 5 (87). С. 55-59.

УДК 631.333.53:631.8

***К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ КАТУШЕЧНО-  
ЖЕЛОБЧАТОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА ДЛЯ ВЫСЕВА  
ГРАНУЛИРОВАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ  
В ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ГРУППОВОГО ДОЗИРОВАНИЯ***

***д.т.н. Астахов В.С., Иванчиков Г.О., petrovec\_vr@mail.ru  
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Беларусь***

***TO THE QUESTION OF SUBSTANTIATION OF THE PARAMETERS OF A  
ROLL-GROOVED SEEDING MACHINE FOR SOWING  
GRANULATED MINERAL FERTILIZERS IN A PNEUMATIC GROUP  
DOSING SYSTEM***

***doctor of technical sciences Astakhov V. S., post-graduate student  
Ivanchikov G. O. petrovec\_vr@mail.ru  
Belarusian State Agricultural Academy, Belarus***

**Аннотация.** Дается теоретическое обоснование параметров катушечно-желобчатого высевающего аппарата для посева гранулированных минеральных удобрений в пневматической системе группового дозирования.



*Annotation.* A theoretical substantiation of the parameters of a reel-groove sowing machine for sowing granular mineral fertilizers in a pneumatic group dosing system is given.

**Ключевые слова:** машины для внесения твердых минеральных удобрений, катушечный высевальной аппарат, равномерность посева.

**Keywords:** machines for applying solid mineral fertilizers, reel sowing machine, sowing uniformity.

**Введение.** Современная концепция земледелия базируется на принципах «уравнительной» системы землепользования, предполагающей наличие усредненных показателей по содержанию питательных элементов в пахотном слое (NPK), органического вещества, кислотности пахотного слоя, влажности и плотности поля и т. д. Однако исследования свидетельствуют о большой пестроты этих показателей в рамках одного поля [1, 2, 3]. Поэтому массированное использование минеральных удобрений привело к их низкой эффективности во всех регионах страны и соответственно к снижению их окупаемости в пределах 10-15%. При плохих погодных и почвенно-климатических условиях ещё больше снижается эффективность сельскохозяйственного производства, повышается опасность загрязнения и разрушения природной среды. В условиях, когда остро встали проблемы энерго и ресурсосбережения, защиты окружающей среды, возникла необходимость разработки технологии и технических средств дифференцированного воздействия на систему «почва-растение» [4, 5, 6, 7]. Реализация концепции дифференцированного воздействия на систему «почва-растение» в реальном масштабе времени стало возможным на основе рациональных компьютеризированных и информационных технологий в системе глобального позиционирования с использованием географических информационных систем.

Учитывая такую тенденцию, нами был предложен проект машины для равномерного внесения гранулированных минеральных удобрений при их дифференцированном применении [8, 9].

**Основная часть.** За основу предложенной машины нами принято ранее разработанная в нашей академии пневматическая система группового дозирования с распределителями семян горизонтального типа, способная обеспечить равномерность посева в пределах 2-5%. Она не требует создания электронных

карт полей по содержанию питательных элементов. Процесс дифференцированного внесения удобрений происходит в автоматизированном режиме без вмешательства человека за счет сенсорных датчиков, которые управляют частотой вращения катушек, подавая сигнал на их электрические двигатели. Сегодня это принципиально новое направление в дифференцированном внесении гранулированных минеральных удобрений. При ширине захвата 12 метров пневматическая система имеет 16 катушечных высеваящих аппаратов с возможностью определения на ширине 0,75 метров основных питательных элементов в почве с использованием сенсорных датчиков. Следовательно, одна катушка на полосе шириной 0,75 метра должна обеспечить норму высева удобрений от 50 до 500 кг/га при скорости движения 12 км/ч. После необходимых расчетов одна катушка должна обеспечивать производительность от 12,5 до 125 г/с. Для повышения общей равномерности высева необходимо обеспечить хорошую равномерность между катушками, а также минимальную пульсацию потока при входе его в загрузочную воронку эжекторного питателя. С этой целью мы предлагаем использовать не сдвигаемую катушку длиной 75 мм с количеством желобков  $Z_{ж} = 12$ , которые расположены под некоторым углом к горизонтали. Диаметр катушки также принимаем равным 70 мм, а толщину ребер желобков равной 4 мм, учитывая изготовление катушки из винипласта. Другие размеры рабочей катушки, массу удобрений, высеваемых за один оборот катушки, необходимую частоту вращения катушки для обеспечения заданных норм внесения удобрений определим расчетным путем.

Используя известные данные [10] определим ширину желобка по формуле:

$$l_{ж} = d_{к} \cdot \sin \frac{\pi}{Z_{ж}} - G_{ж},$$

где  $d_{к}$  – диаметр катушки, мм

$Z_{ж}$  – количество желобков, шт

$G_{ж}$  – толщина ребра между желобками, мм

$$l_{\text{ж}} = 70 \cdot \sin \frac{3,14}{12} - 4 = 14 \text{ мм}$$

Соотношение между шириной желобка  $l_{\text{ж}}$  и его глубиной  $h_{\text{ж}}$  находится в пределах:

$$l_{\text{ж}} = (1,5 \dots 2,5)h_{\text{ж}},$$

или принимаем  $h_{\text{ж}} = 7 \text{ мм}$ .

Учитывая, что ширина желобка в два раза больше глубины желобка его форма может быть выполнена в виде полукруга с радиусом, равным глубине желобка. Тогда площадь желобка будет примерно равна:

$$S_{\text{ж}} = \frac{\pi r^2}{2} = \frac{3,14 \cdot 7,0^2}{2} = 76,93 \text{ мм}^2$$

Объем удобрений, выброшенных катушкой за один ее оборот  $V_{\text{к}}$  (рабочий объем катушки) будет складываться из объема удобрений, попавших в желобки  $V_{\text{ж}}$  и объема удобрений, выброшенных из активного слоя  $V_{\text{ак}}$ , то есть  $V_{\text{к}} = V_{\text{ж}} + V_{\text{ак}}$ .

Принимаем с некоторым приближением  $V_{\text{ж}}$  равным объему желобков. Тогда объем удобрений в желобках катушки будет:

$$V_{\text{ж}} = S_{\text{ж}} \cdot Z_{\text{ж}} \cdot l_{\text{к}} = 76,93 \cdot 12 \cdot 70 = 64,621 \text{ см}^3$$

Если известна масс удобрений  $G$ , высеваемых катушкой за один оборот, то

$$V_{\text{к}} = G / \gamma_{\text{уд}}$$

где  $\gamma_{\text{уд}}$  – плотность удобрений,  $\text{кг}/\text{м}^3$

При известных значениях  $V_{\text{к}}$  и  $V_{\text{ж}}$  объем активного слоя,  $\text{см}^3$ ,

$$V_{\text{ак}} = V_{\text{к}} - V_{\text{ж}}.$$

С другой стороны при известных толщине активного слоя  $h_{ак}$ , рабочей длине катушки  $l_k$  и окружной ее скорости  $v_k$ , найдем объем семян  $V_{ак}$ , выбрасываемых из активного слоя в единицу времени:

$$V_{ак} = h_{ак} \cdot v_k \cdot l_k$$

Но время одного оборота катушки составляет  $\frac{60}{n_k}$ , где  $n_k$  – частота вращения катушки об/мин, при этом линейная ее скорость составит:

$$v_k = \pi d_k \cdot \frac{n_k}{60}$$

Тогда объем удобрений  $V_{ак}$ , выбрасываемых из активного слоя за один оборот катушки составит:

$$V_{ак} = \pi d_k \cdot l_k \cdot h_{ак}, \text{ где } h_{ак} = 2,5 \dots 3,5 \text{ мм}$$

Но зная массу удобрений, высеваемых катушкой за один оборот, и подсчитав массу удобрений, высеваемых за счёт желобков катушки, можно более точно определить толщину активного слоя удобрений  $h_{ак}$ , поскольку будет известна масса удобрений, высеваемых за счет активного слоя:

$$h_{ак} = \frac{V_{ак}}{\pi d_k \cdot l_k}$$

С учетом значений  $V_{ж}$  и  $V_{ак}$  выражение рабочего объема катушки  $V_k$  (см<sup>3</sup>) принимает следующий вид:

$$V_k = (S_{ж} \cdot Z_{ж} + \pi d_k \cdot h_{ак}) \cdot l_k$$

Весовой высев удобрений за один оборот катушки будет исчисляться по выражению:

$$G_k = V_k \frac{q_{уд}}{1000}$$

Для практических расчетов среднюю объемную массу удобрений ориентировочно можно принять  $q_{уд} = 800 \text{ кг/м}^3$ , тогда:

$$G_k = 103 \frac{800}{1000} = 82,4 \text{ г}$$

Учитывая, что одна катушка должна обеспечивать высев удобрений в диапазоне 12,5...125 г/с определим диапазон изменения частоты вращения катушки для этих условий, используя весовой высев удобрений за один оборот катушки. После необходимых расчетов частота вращения катушки может находиться в диапазоне 9...90 об/мин для этих условий, что вполне удовлетворяет возможному диапазону частоты вращения катушечных высевающих аппаратов от 40 до 100 об/мин.

**Заключение.** В дальнейшем нами предусмотрено изготовление такой катушки и проведение ее испытаний на лабораторной установке с определением рабочего объема, толщины активного слоя удобрений и других важных параметров.

### Литература

1. Анализ способов основной обработки почвы с модернизацией рабочих органов плуга / С.И. Будко, В.М. Кузюр, И.В. Кузьменко, А.Н. Чайчиц // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2 (78). С. 32-36.
2. Обзор и сравнительная оценка конструкций почвообрабатывающих агрегатов / С.И. Будко, В.М. Кузюр, Л.С. Киселева и др. // Инновации и технологический прорыв в АПК: сборник научных трудов международной научно-практической конференции. 2020. С. 223-229.
3. Михальченков А.М., Будко С.И., Киселева Л.С. Стрельчатая лапа культиватора повышенной износостойкости с эффектом самозатачивания // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2011. № 1 (10). С. 101-103.
4. Определение почвенной прослойки и бороздообразование комбинированными сошниками / О.П. Лабурдов, В.М. Кузюр, С.И. Будко, А.А. Сысоев // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 5 (87). С. 55-59.
5. Плужный лемех (лемех конструкции Брянской ГСХА): пат. 95285 U1, Рос. Федерация / Михальченков А.М., Будко С.И., Кожухова Н.Ю., Анисин А.Н.; заявка № 2010105296/22 от 15.02.2010; опубл. 27.06.2010.
6. Стрельчатая лапа культиватора: пат. 2462852 С1 Рос. Федерация / Михальченков

А.М., Ковалев А.П., Будко С.И., Комогорцев В.Ф.; заявка № 2011106409/13 от 21.02.2011; опубл. 10.10.2012.

7. Михальченков А.М., Будко С.И., Киселева Л.С. Стрельчатая лапа культиватора повышенной износостойкости с эффектом самозатачивания // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2011. № 1 (10). С. 101-103.

8. Астахов В.С. Проект машины для равномерного внесения гранулированных минеральных удобрений при их дифференцированном применении // Доклады ТСХА. 2019. Вып. 291. Ч. 2. С. 373-377.

9. Классификация двухдисковых сошников по технологическим и конструктивным параметрам / В.Р. Петровец, Н.И. Дудко, В.В. Амеличев, В.М. Кузюр, С.И. Будко // Технический сервис машин. 2021. № 3 (144). С. 56-63.

10. Определение уравнения траекторий движения двухдискового сошника с коническими ребордами-бороздообразователями / В.Р. Петровец, Н.И. Дудко, В.В. Амеличев, В.М. Кузюр, С.И. Будко // Технический сервис машин. 2021. № 4 (145). С. 56-61.

УДК 631.331.53:633.15

### ***К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ПОСЕВА КУКУРУЗЫ РЯДОВЫМ ДВУХСТРОЧНЫМ СПОСОБОМ***

***д.т.н., Астахов В.С., к.т.н., Валюженич Г.А., Иванчиков Г.О.  
petrovec\_vr@mail.ru***

***Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Беларусь***

### ***ON THE ISSUE OF SUBSTANTIATING THE SOWING OF CORN IN AN ORDINARY TWO-LINE WAY***

***Doctor of Technical Sciences, Astakhov V.S., Candidate of Technical Sciences,  
Valyuzhenich G.A., postgraduate student Ivanchikov G.O. petrovec\_vr@mail.ru  
Belarusian State Agricultural Academy, Belarus***

**Аннотация.** Дается обоснование целесообразности посева семян кукурузы двухстрочным методом сеялками объемного высева вместо однострочного посева сеялками точного высева, который обеспечивает наиболее благоприятные условия для роста и развития растений кукурузы даже в условиях засухи.

**Annotation.** *The justification of the expediency of sowing corn seeds by a two-line method with volumetric seeding drills instead of single-line seeding with precision seeding drills, which provides the most favorable conditions for the growth and development of corn plants even in drought conditions, is given.*

**Ключевые слова:** посевные машины, технологии посева, биологические факторы роста растений.

**Keywords:** *sowing machines, sowing technologies, biological factors of plant growth.*

**Введение.** Высокие урожаи кукурузы можно получить только при условии применения комплекса агротехнических приемов с учетом требования растений в отдельные периоды их роста и развития. Для этого необходимо глубокое знание биологических свойств и экологических требований культуры [1, 2]. Квалифицированное применение той или иной технологии возделывания преду-

смачивает учет почвенно-климатических особенностей, что дает возможность наиболее полно использовать благоприятные условия и ослаблять или полностью устранять влияние неблагоприятных факторов среды [3, 4].

Одной из главных особенностей кукурузы является способность наиболее полно использовать благоприятные условия для роста, развития и давать высокие урожаи, щедро оплачивая труд. Вместе с тем кукуруза предъявляет повышенные требования к теплу, влаге и питательным веществам.

Безусловно, на получение качественного и питательного корма из кукурузы влияют много факторов. Это подбор гибридов, соблюдение агротехники, сбалансированное применение макро-и микроудобрений, протравливание семян, оптимальные сроки сева, борьба с сорной растительностью, вредителями и болезнями, норма высева и глубина заделки семян, схемы посева. Но при возделывании всех сельскохозяйственных культур посеву принадлежит определяющая роль, так как своевременность и качество его проведения существенно влияют на величину урожайности и качество продукции. Поэтому выбор оптимальной технологии посева для кукурузы, которая бы обеспечила существенное снижение конкуренции между растениями за питательные вещества, воду, солнечный свет благодаря повышению площади питания на одно растение в 1.5-2.0 раза имеет большое значение для стабильности урожаев кукурузы даже в условиях засухи. Изложенный ниже материал основан на практическом опыте использования технологии двухстрочного рядового посева семян кукурузы во многих хозяйствах страны с научным обоснованием такого подхода как с инженерной точки зрения, так и биологических особенностей возделывания кукурузы.

**Основная часть.** При выращивании кукурузы (как и других культур) необходимо выделять факторы, наиболее существенно влияющие на урожайность и качество продукции. Конечно, этих фактов множество. Но среди них следует обращать особое внимание на качественный посев, который определяется агросроками и продолжительностью этого процесса. Невыполнение или отклонение по тем или иным причинам от установленных нормативных сроков приводит к существенному снижению результатов работы. Вот почему в реко-

мендациях по выращиванию кукурузы на зерно и зеленую массу [5] указан срок начала посевных работ, когда почва прогреется не ниже 8°C на глубине заделки семян. А оптимальная продолжительность сева составляет всего 10 дней, после чего наблюдается заметное снижение урожайности зерна и зеленой массы. Поэтому производительность посевных машин при севе кукурузы имеет важное значение.

В настоящее время в мировой практике наиболее распространён посев кукурузы однострочным методом сеялками точного высева с междурядьем 70, 75 и 80 см [6]. Однако результаты экспериментальных исследований свидетельствуют, что современные конструкции отечественных и зарубежных сеялок точного высева в условиях рядовой эксплуатации обеспечивают ограниченный уровень точности. Особенно неудовлетворительно распределение семян наблюдается на повышенных скоростях посева 9...12 км/ч, которые наиболее характерны для производственных условий. Но здесь следует понимать, что обеспечить точное размещение семян в рядке даже на малых скоростях движения (до 6 км/ч) практически не возможно по причине качества используемых семян и условий их произрастания. Так, лабораторная всхожесть семян высокого качества должна находиться в пределах не ниже 95%. При этом нельзя сбрасывать со счетов и гибель взошедших растений из-за низкой полевой всхожести (не качественные семена, посев в непрогретую почву), гибель при междурядной обработке, повреждения птицами и проволочниками. Но и сама конструкция аппаратов точного высева не позволяет точно укладывать семена в почву по причине наличия определенного расстояния от точки сброса семени до почвы, что приводит к их частичному раскатыванию друг от друга. Таким образом можно утверждать, что сеялки точного высева не способны обеспечить равномерное размещение растений к уборке по выше приведенным причинам.

Не следует замалчивать и другие недостатки сеялок точного высева, связанные как с высокой требовательностью к качеству изготовления отдельных элементов, так и человеческим фактором при подготовке этих машин к эксплуатации. Так, при механических поломках высевающих секций, отсутствии в не-



которых из них вакуума, отсутствии семян, сводообразовании в бункерах происходит сплошной просев, который можно наблюдать на практике. Не являются секретом и наличие микропросевов из-за отсутствия одного или нескольких семян на их расчётном месте по причине неправильной регулировки, несоответствия размеров отверстий в высеваящих дисках размеру семян, частичного забивания отверстий, недостаточного вакуума, проскальзывание приводных колёс. По площади микропросев может достигать от 1,5 до 8%. К сожалению, наблюдаются двойники, находящиеся в расчётном пункте строчки по причине чрезмерного вакуума, не точной установки сбрасывателей семян, их плохой калибровки. При этом количество двойников может достигать до 12%, а суммарные общие потери в площади питания растений из-за микропросевов и двойников в однострочном посеве приближается к 18% [7, 8]. Следовательно, прогнозируемая точная укладка семян в одну строчку не гарантирует равномерного расстояния между всходами. Очевидно по этой причине французская фирма “Monosem” предложила пунктирно-шахматный двухстрочный посев сеялкой точного высева. Здесь культура высевается в две строчки на расстоянии 20 см вместо одной с междурядьем 75, 76,2 и 80 см. Однако мы полагаем более целесообразным использовать для посева кукурузы посевные агрегаты объёмного высева (для зерновых культур), переоборудованных на двухстрочный широко-рядный посев. Наш первый опыт использования такого подхода на высева кукурузы и сои дал положительный результат [9]. Предложенная технология посева семян пропашных культур двухстрочным способом [10, 11, 12] в настоящее время нашла практическое применение во многих хозяйствах страны. И всё это обусловлено именно увеличением площади питания на одно растение в 1,5...2,0 раза, сравнительно быстрым смыканием рядков кукурузы, что ухудшает условия для испарения влаги с поверхности почвы, при этом листья кукурузы меньше затеняют друг друга, что способствует лучшему использованию солнечной энергии.

Безусловно, такой способ посева не способен обеспечить точную укладку семян с заданными интервалами. Следовало разработать специальную сеялку

для пропашных культур с использованием пневматической системы группового дозирования с распределителями семян горизонтального типа, которая уже применяется на зерновых сеялках. При этом было бы желательно одновременно с посевом вносить стартовую дозу фосфорных удобрений между строчками посеянных семян. Это мероприятие ещё больше усилит значение предложенной технологии. И в этом случае уже не важно посеяли кукурузу сеялками точного высева или сеялками не точного высева. Как известно, для сельхозпроизводителей важен конечный результат, получить большую урожайность зерна и зеленой массы, более качественный силос, а следовательно, больше молока и мяса.

**Заключение.** Производственники не зря стали прислушиваться к нашим рекомендациям, поскольку использование зерновых сеялок как отечественных, так и зарубежных значительно повысило производительность на посевах кукурузы в сравнении с сеялками точного высева и человеческий фактор не столь значительно оказывает на качество посева.

#### Литература

1. Обзор и сравнительная оценка конструкций почвообрабатывающих агрегатов / С.И. Будко, В.М. Кузюр, Л.С. Киселева и др. // Инновации и технологический прорыв в АПК: сборник научных трудов международной научно-практической конференции. 2020. С. 223-229.
2. Анализ способов основной обработки почвы с модернизацией рабочих органов плуга / С.И. Будко, В.М. Кузюр, И.В. Кузьменко, А.Н. Чайчиц // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2 (78). С. 32-36.
3. Плужный лемех (лемех конструкции Брянской ГСХА): пат. 95285 U1, Рос. Федерация / Михальченков А.М., Будко С.И., Кожухова Н.Ю., Анисин А.Н.; заявка № 2010105296/22 от 15.02.2010; опубл. 27.06.2010.
4. Стрельчатая лапа культиватора: пат. 2462852 С1 Рос. Федерация / Михальченков А.М., Ковалев А.П., Будко С.И., Комогорцев В.Ф.; заявка № 2011106409/13 от 21.02.2011; опубл. 10.10.2012.
5. Привалов Ф.И., Надточаев Н.Ф., Лужинский Д.В. Рекомендации по возделыванию кукурузы на зерно и зеленую массу: практическое пособие. Минск: Белорусское сельское хозяйство, 2016. 52 с.
6. Классификация двухдисковых сошников по технологическим и конструктивным параметрам / В.Р. Петровец, Н.И. Дудко, В.В. Амеличев и др. // Технический сервис машин. 2021. Т. 59, № 3(144). С. 56-63.
7. Руденко В.П. Посев под контролем. “Интерграфика”, 2002. 140 с.
8. Определение почвенной прослойки и бороздообразование комбинированными сошниками / О.П. Лабурдов, В.М. Кузюр, С.И. Будко, А.А. Сысоев // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 5 (87). С. 55-59.
9. Астахов В.С., Дрозд В.Г. Результаты испытаний макета пропашной сеялки с пневматической централизованной высевающей системой // Механизация обработки почвы и посева при интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур: сб. науч. трудов БСХА., Горки, 1993. С. 54-60.

10. Астахов В.С. Технология рядового посева семян пропашных культур пневматической сеялкой // Современные технологии в АПК: материалы Межд. науч. техн. конф. Минск: БАТУ, 1997. С. 49-50.

11. Определение уравнения траекторий движения двухдискового сошника с коническими ребордами-бороздообразователями / В.Р. Петровец, Н.И. Дудко, В.В. Амеличев и др. // Технический сервис машин. 2021. № 4 (145). С. 56-61.

12. Добышев А.С., Астахов В.С. Двухстрочный рядовой посев кукурузы // Актуальные проблемы механизации кормопроизводства и животноводства: сб. науч. трудов БГСХА. Горки, 2006. С. 80-85.

УДК 631.8:631.358

***СНИЖЕНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ И ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА  
ВНЕСЕНИЯ ТВЕРДЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ  
ЦЕНТРОБЕЖНЫМИ ДИСКОВЫМИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯМИ***

*к.т.н., Валюженич Г. А., Козека Р.Н.;*

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь;*

***REDUCTION OF UNEVENNESS AND IMPROVEMENT OF THE QUALITY  
OF APPLICATION OF SOLID MINERAL FERTILIZERS BY CENTRIFUGAL  
DISC DISTRIBUTORS***

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Valyuzhenich G. A.,  
g091963@mail.ru;  
engineer Sakhonko D.S.*

*Belarusian State Agricultural Academy, Gorki, Republic Belarus*

**Аннотация.** Обоснована необходимость повышения качества внесения твердых минеральных удобрений центробежными распределителями, разработана и описана конструкция распределительного диска. Предложенная конструкция диска распределителя минеральных удобрений повышает равномерность распределения гранулированных удобрений по площади поля, что в конечном итоге повышает урожайность возделываемых культур.

**Annotation.** The necessity of improving the quality of application of solid mineral fertilizers by centrifugal distributors is substantiated, the design of the distribution disk is developed and described. The proposed design of the mineral fertilizer distributor disk increases the uniformity of the distribution of granular fertilizers over the field area, which ultimately increases the yield of cultivated crops.

**Ключевые слова:** центробежный распределитель, минеральные удобрения, распределительный диск.

**Keywords:** centrifugal distributor, mineral fertilizers, distribution disc.

**Введение.** Реализация интенсивных ресурсосберегающих растениеводческих технологий невозможна без применения высокопроизводительных машин для внесения твердых минеральных удобрений, выполняющих распределение последних по поверхности поля с заданными показателями равномерности [1].

Между тем, часто даже в пределах одной партии, минеральные удобрения

могут различаться по гранулометрическому составу и массе гранул, что в конечном итоге повышает риск возникновения недопустимых показателей равномерности распределения удобрений по ширине захвата распределительных машин. Качественный сев культур зависит от конструкции рабочих органов [2, 3].

**Цель работы** – разработка распределительного диска к машине для внесения твердых минеральных удобрений РУ-7000, снижающего неравномерность распределения гранулированных минеральных удобрений по ширине захвата машины.

### **Материалы и методика исследований.**

Дисковые распределители твердых минеральных удобрений по праву являются наиболее массовыми вследствие простоты конструкции и небольшой стоимости в сравнении с другими типами распределителей, например штанговыми. Результаты работы центробежных дисковых распределителей в большой степени зависят от состояния материала (удобрений) и часто не стабильны по такому показателю, как равномерность распределения по ширине захвата [4].

Повышение равномерности внесения минеральных удобрений не только позволит обеспечить растениям качественное питание в период вегетации, но и увеличит ширину захвата центробежного распределителя за счет уменьшения зон перекрытия в смежных проходах, что в конечном итоге положительно скажется на производительности машины и снизит себестоимость операции внесения удобрений в целом [5, 6, 7].

### **Результаты исследований и их обсуждение.**

Разработанный рабочий орган для распределения удобрений содержит круглый вращающийся в горизонтальной плоскости диск с установленными на нем комбинированными лопатками на одинаковом расстоянии друг от друга, которые выполнены плавно расширяющимися по высоте к периферии диска. Кроме этого, рабочая плоскость лопаток снабжена направляющими пазами вдоль рабочей плоскости. Для тонкой настройки лопатки могут поворачиваться относительно диска и крепиться в трех положениях болтовыми соединениями.

При вращении диска минеральные удобрения поступают на его центральную часть и перемещаются на диске по направлению к комбинированным ло-

паткам и далее по плавно расширяющимся направляющим пазам вдоль рабочей плоскости лопаток к их торцевой части и рассеиваются по полю. При этом на лопатках смесь удобрений может сепарироваться, а значит перемещаться вдоль лопатки с разной линейной скоростью. В целом эффект сепарации приводит к тому, что более легкие и более тяжелые фракции распределяются на одинаковую, установленную ширину захвата с высокими показателями равномерности.

Перемещение лопаток по углу поворота приводит к изменению величины и направления скорости полета частиц и тем самым к обеспечению более равномерного распределения частиц по поверхности поля для разных видов минеральных удобрений. Для смены угла в диске и лопатках предусмотрены отверстия. Все детали распределительного диска изготовлены из нержавеющей кислотостойкой стали [8, 9].

Предложенная конструкция диска распределителя минеральных удобрений повышает равномерность распределения гранулированных удобрений по площади поля, что в конечном итоге повышает урожайность возделываемых культур.

**Заключение.** Таким образом, разработанная конструкция распределительного рабочего органа к машине для внесения твердых минеральных позволяет: улучшить технологические возможности машины за счет увеличения ширины захвата машины; улучшить показатели качества ее работы за счет более равномерного распределения удобрений по ширине захвата.

#### Литература

1. Степук Л.Я., Петровец В.Р., Дудко Н.И. Машины и рабочие органы для химизации земледелия: монография. Горки: БГСХА, 2013. 352 с.
2. Определение уравнения траекторий движения двухдискового сошника с коническими ребордами-бороздообразователями / В.Р. Петровец, Н.И. Дудко, В.В. Амеличев и др. // Технический сервис машин. 2021. № 4 (145). С. 56-61.
3. Классификация двухдисковых сошников по технологическим и конструктивным параметрам / В.Р. Петровец, Н.И. Дудко, В.В. Амеличев и др. // Технический сервис машин. 2021. № 3 (144). С. 56-63.
4. Степук Л.Я., Петровец В.Р., Дудко Н.И. Качественное внесение минеральных и органических удобрений: рекомендации для специалистов сельского хозяйства, слушателей факультета повышения квалификации и переподготовки кадров. Горки: БГСХА, 2018. 24 с.
5. Обзор и сравнительная оценка конструкций почвообрабатывающих агрегатов / С.И. Будко, В.М. Кузюр, Л.С. Киселева и др. // Инновации и технологический прорыв в АПК: сборник научных трудов международной научно-практической конференции. 2020. С. 223-229.
6. Анализ способов основной обработки почвы с модернизацией рабочих органов плуга / С.И. Будко, В.М. Кузюр, И.В. Кузьменко, А.Н. Чайчиц // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2 (78). С. 32-36.

7. Определение почвенной прослойки и бороздообразование комбинированными сошниками / О.П. Лабурдов, В.М. Кузюр, С.И. Будко, А.А. Сысоев // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 5 (87). С. 55-59.

8. Повышение ресурса деталей из средне- и высокоуглеродистых сталей упрочнением их сварочным армированием / А.М. Михальченко, Д.А. Капошко, С.И. Будко, М.М. Пехтерев // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2005. № 1 (4). С. 151-155.

9. Михальченко А.М., Будко С.И. Стойкость к абразивному изнашиванию восстановленных и упрочненных лемешных долот LEMKEN // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 8. С. 45-48.

УДК 631.358

## **КОНСТРУКЦИЯ ГЛУБОКОРЫХЛИТЕЛЯ НА БАЗЕ ПРАВООБОРОТНОГО ПЛУГА**

*к.т.н., Валюженнич Г. А., g091963@mail.ru*

*Сахонько Д.Н.;*

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь;*

## **THE DESIGN OF THE DEEP LOADER ON THE BASE RIGHT-TURNING PLOUGH.**

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Valyuzhenich G. A.,  
g091963@mail.ru; engineer Sakhonko D.S.*

*Belarusian State Agricultural Academy, Gorki, Republic Belarus*

**Аннотация.** Обоснована необходимость применения технологической операции глубокого рыхления в производственных растениеводческих технологиях, разработана и описана конструкция глубокорыхлителя. Предложенная конструкция выполняется на базе рамных элементов правооборотного плуга и рыхлительных лап, изготовление которых возможно в условиях производственной базе даже небольших сельскохозяйственных предприятий.

**Annotation.** *The necessity of applying the technological operation of deep loosening in production plant-growing technologies is substantiated, the design of the deep loosener is developed and described. The proposed design is carried out on the basis of frame elements of a right-turning plow and ripping paws, the manufacture of which is possible in the conditions of the production base of even small agricultural enterprises.*

**Ключевые слова:** глубокорыхлитель, конструкция, плуг.

**Keywords:** *deep loader, construction, plow.*

**Введение.** При ежегодной вспашке на одну и ту же глубину образуется плужная подошва, которая представляют большую опасность для нормального роста растений. Уплотненный подпахотный слой создает серьезные помехи для проникновения корней растений в более глубокие слои почвы, где они могли бы иметь дополнительный источник влаги и питательных элементов, а также затрудняет поступление грунтовой воды в пахотный горизонт [1, 2].

Особенно вредное влияние плужная подошва оказывает на результаты та-

ких прогрессивных технологий обработки почвы и посева как, NO-till и Strip-till. Между тем, чтобы сэкономить затраты на возделывание зерновых культур такие технологии наиболее востребованы. Об этом говорит не только европейский опыт, но и работа фермерских хозяйств Беларуси и Российской Федерации [3]. Для нас сегодня снижение себестоимости продукции растениеводства также актуально. Таким образом, при переходе к минимальной и, особенно, к нулевой обработке почвы, обязательной машиной в технологии становится глубокорыхлитель.

Плужную подошву следует разрушать, применяя специализированные машины – глубокорыхлители, которые должны, кроме того, рыхлить и другие слои почвы на глубину до 50 ... 60 см [4, 5, 6].

**Цель работы** – разработка глубокорыхлителя на базе имеющегося в нашем хозяйстве правооборотного плуга ПЛН-5-35.

#### **Материалы и методика исследований.**

Бытует мнение, что для рыхления плужной подошвы можно применить чизельный культиватор. Однако исследованиями [7] установлено, что чизельные культиваторы не в состоянии разрыхлить плужную подошву.

Выпускаемые в Беларуси и доступные глубокорыхлители мировых производителей, на наш взгляд, необоснованно дороги (до 110 тыс.\$), что делает проблематичным их окупаемость при крайне высоких рисках недополучения урожая культур вследствие природно-климатических факторов.

Поэтому, принимая, что глубокое рыхление – необходимость, а также нуждаясь в специализированных дорожных машинах, следует изыскать возможность разработки и штучного производства глубокорыхлителей на базе сельскохозяйственных предприятий, либо небольших предприятий агросервиса [8, 9]. Как основа для создания глубокорыхлителя, достаточно хорош обычный правооборотный плуг, которые пока еще в хозяйствах имеются, хотя и в небольшом количестве. Множество вполне исправных плугов уже списаны и сда ны на металлолом.

#### **Результаты исследований и их обсуждение.**

Рабочий орган (рисунок 1) глубокорыхлителя состоит из двух С-образных стоек с установленными на них ножом и долотом. Стойки можно использовать серийные от стерневых или паровых культиваторов. Долото и нож выполнены

из рессоры грузового автомобиля, а в стойке предусматривается два отверстия, служащие для установки болтов при монтаже ее на стойку корпуса плуга.

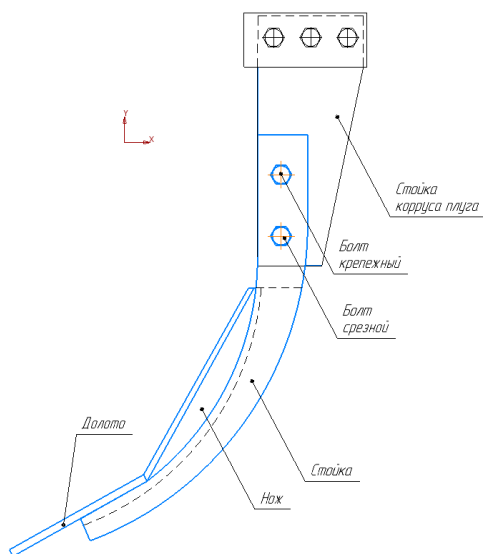


Рисунок 1 - Конструкция рабочего органа глубокорыхлителя

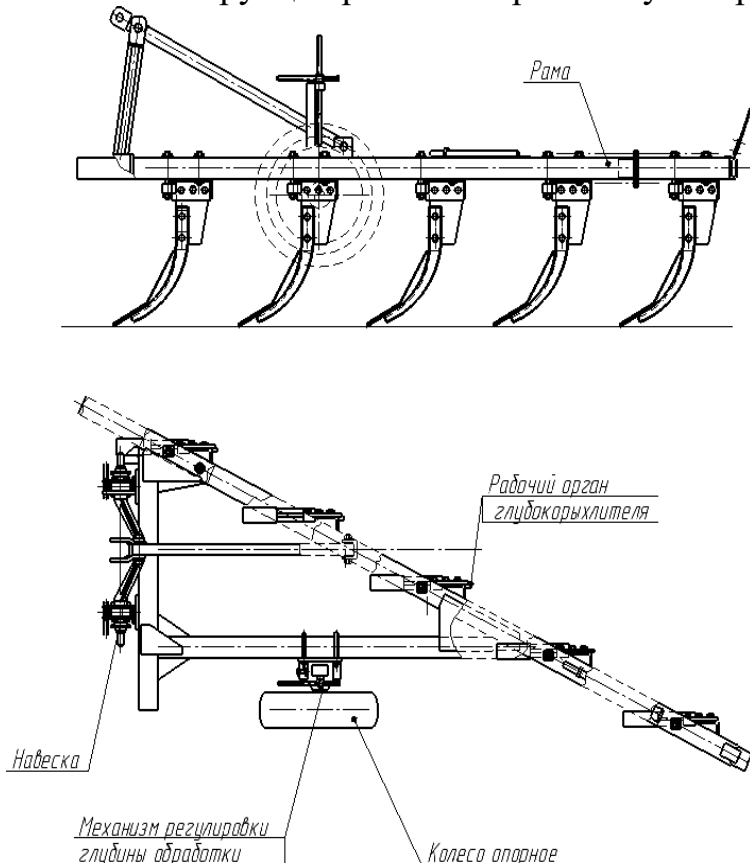


Рисунок 2 - Общий вид глубокорыхлителя на базе правооборотного плуга  
 Стойки и долото соединяются с помощью сварки. Стойки и нож также свариваются, предварительно в каждой стойке выбирается паз под нож. Нож затачивается на  $12^\circ \dots 15^\circ$ . Общий вид глубокорыхлителя представлен на рисунке 2.



Рыхлитель, разрушая плужную подошву, создает гребнистую поверхность дна борозды, что обеспечивает увеличение поступления воды и воздуха к корням растений и улучшает условия для проникновения их в более глубокие слои почвы. Одна из наиболее важных отличительных особенностей рыхлителя - то, что в процессе работы он не выносит разрыхленный подпахотный неплодородный слой на поверхность поля и не смешивает его с пахотным плодородным.

Глубина обработки регулируется положением опорного колеса. Глубококорыхлитель оборудован механической системой защиты от перегрузок «срезной болт».

Основное преимущество разработанного рыхлительного органа в том, что он может использоваться практически на любом правообратном плуге или устанавливаться на сварную рамную конструкцию, изготовить которую можно силами сельскохозяйственного предприятия. Затраты на изготовление рыхлительного рабочего органа предлагаемой конструкции минимальные.

**Заключение.** При использовании разработанного нами рыхлительного рабочего органа к правообратным плугам можно переоборудовать последние в недорогие глубококорыхлители.

#### Литература

1. Обзор и сравнительная оценка конструкций почвообрабатывающих агрегатов / С.И. Будко, В.М. Кузюр, Л.С. Киселева и др. // Инновации и технологический прорыв в АПК: сборник научных трудов международной научно-практической конференции. 2020. С. 223-229.
2. Анализ способов основной обработки почвы с модернизацией рабочих органов плуга / С.И. Будко, В.М. Кузюр, И.В. Кузьменко, А.Н. Чайчиц // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2 (78). С. 32-36.
3. Кокунова И.В., Котов Е.Г. Технология No-till – важнейшее направление ресурсосбережения в растениеводстве // Инновационная наука 2017. № 2. С. 39–41.
4. Михальченков А.М., Будко С.И., Киселева Л.С. Стрельчатая лапа культиватора повышенной износостойкости с эффектом самозатачивания // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2011. № 1 (10). С. 101-103.
5. Кузюр В.М., Будко С.И., Киселева Л.С. Модернизация плуга ППП-7-40 // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3 (85). С. 46-50.
6. Определение почвенной прослойки и бороздообразование комбинированными сошниками / О.П. Лабурдов, В.М. Кузюр, С.И. Будко, А.А. Сысоев // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 5 (87). С. 55-59.
7. Добышев А.С., Зубиков Ф.Ф., Пузевич К.Л. Энергосберегающие технологии и машины для возделывания сельскохозяйственных культур: монография. Горки, 2014. 160 с.
8. Классификация двухдисковых сошников по технологическим и конструктивным параметрам / В.Р. Петровец, Н.И. Дудко, В.В. Амеличев и др. // Технический сервис машин. 2021. № 3 (144). С. 56-63.

9. Определение уравнения траекторий движения двухдискового сошника с коническими ребордами-бороздообразователями / В.Р. Петровец, Н.И. Дудко, В.В. Амеличев и др. // Технический сервис машин. 2021. № 4 (145). С. 56-61.

УДК 631.5 (510)

**АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЕ КАРТОФЕЛЯ В КИТАЙСКОЙ  
НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКЕ ПОД МУЛЬЧИРУЮЩЕЙ  
БИОРАЗЛАГАЕМОЙ ПЛЕНКОЙ**

*м.т.н., Сидоров С.А., tomrr.bgsha@mail.ru*

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки,  
Республика Беларусь*

**ANALYSIS OF POTATO CULTIVATION TECHNOLOGY IN THE PEOPLE'S  
REPUBLIC OF CHINA UNDER MULCH DEGRADABLE FILM**

*Master of Engineering Sciences, assistant Sidorov S.A., tomrr.bgsha@mail.ru  
Belarusian State Agricultural Academy, Gorki, Republic of Belarus*

**Аннотация.** В настоящее время технология возделывания картофеля весьма затратная. При возделывании 1 га затрачивается в среднем 500 чел.-ч. Статья посвящена применению мульчирующей пленки при посеве и посадке сельскохозяйственных культур. Здесь приведены преимущества применения мульчирующей пленки. Также в качестве примера приведены анализ урожайности сельскохозяйственных культур в Китае

*Annotation.* Currently, the technology of potato cultivation is very costly. At cultivation of 1 hectare, it is spent on the average 500 man-hours. The article is devoted to application of mulching film for sowing and planting of agricultural crops. Here are the benefits of using mulch film. Also, as an example, an analysis of crop yields in China.

**Ключевые слова:** Технология, возделывание картофеля, мульча, Китай, сажалка, возделывание, засоренность, комбинированная, фермер, биоразлагаемая пленка, каток, рабочий орган, отверстия, полиэтилен.

**Keywords:** Technology, potato cultivation, mulch, China, planter, cultivation, weediness, combined, farmer, biodegradable film, roller, working body, holes, polyethylene.

**Введение.**

Согласно опубликованному в феврале прошлого года плану «пятилетки» (2016-2020 гг.) в Китайской Народной Республике (далее – КНР), площадь посадок картофеля к 2020 году будет увеличена до 6,67 млн га., по сравнению с 2014 года, когда составляла около 5,64 млн га. По заявлению министерства, в ближайшие годы картофель будет занимать до 30% в продовольственной структуре КНР, став в один ряд с пшеницей, рисом и кукурузой. Согласно данным Национального бюро статистики, сборы зерновых культур в Китае с 2004 по 2014 год увеличились с 411 млн т. до 565 млн т. Однако, такое количество не может покрыть возрастающий рост потребления.

Так по прогнозу Всемирного банка уже в 2020 году Китай будет потреблять 670 млн т. зерна, а к 2030 году эта цифра увеличится до 700 млн т. И если в последнее время урожаи кукурузы, риса и пшеницы ограничены площадью посадок и водными ресурсами, то картофель становится лучшим выходом для дальнейшего обеспечения продовольственной безопасности [1].

### **Основная часть.**

Китайские фермеры, как и любые другие фермеры, при возделывании сельскохозяйственных культур стремятся увеличить их урожайность и уменьшить затраты на их производство [2, 3, 4]. Одним из приемов при возделывании картофеля в Китае фермеры применяют мульчирующую биоразлагаемую пленку.

Мульчирующая пленка – это полиэтилен высокого давления, стабилизированный сажей и уложенный рукавом (ширина 1- 3 м) в рулон. Она нейтрализует сохранившиеся в почве семена и корни сорняков, предотвращает развитие плесеней, подавляет жизнедеятельность вредителей и болезнетворных микроорганизмов. Она отлично сохраняет почвенную влагу, препятствуя испарению и образованию плотной поверхностной корки. Мульчирующая пленка способствует передаче тепла грунту для его дополнительного прогрева. Ее применение уменьшает расходование поливной воды и поддерживает общую чистоту растений [5]. При использовании биоразлагаемого материала происходит наполнение питательных веществ почвы. Это приводит к уменьшению затрат на внесение удобрений и увеличению урожайности сельскохозяйственных культур.

При посадке культур под пленку необходимо, чтобы:

- 1) На пленке должны присутствовать технологические отверстия. При необходимости прорезать их самостоятельно.
- 2) Подготовить землю - перекопать, разрыхлить, разровнять, внести требуемые минеральные и органические удобрения.
- 3) Создать грядки нужной ширины, полить их.
- 4) Уложить пленку для прогрева почвы за несколько дней до высадки клубней.
- 5) В технологические отверстия высадить клубни картофеля [5].

Сеялки для высева в пленку способны одновременно осуществлять высев культур, распылять гербициды по земле и закрывать посев биоразлагаемым материалом. Двухрядная пневматическая модель 2200 с семенным баком на 200 л при работе с трактором мощностью от 50 до 80 л.с. способна обеспечить производительность до 5 га посевов в день. Она оборудована 3 точечной навеской, системой легкой регулировки нормы высева, настраиваемыми дисками для обеспечения глубины засыпки пленки [6].

Применение сеялок для высева в пленку позволяет их владельцам приступать к более раннему севу, предотвращать развитие сорняков, снизить объемы потребных удобрений и гербицидов, защитить землю от возникновения почвенной корки, способствовать быстрому развитию, экономить порядка 60 % оросительной воды и в целом повысить урожайность на 40-60 % [7].

Сажалка для высева в пленку относится к сельскохозяйственным машинам для посадки семян в ранее сформированные ряды сельскохозяйственных культур, которые покрыты пластиковой пленкой, известной как «пластиковой мульчи».

Высев сельскохозяйственных культур, как правило, осуществляется путем формирования ряда поднятого грунта и посадки либо рассады или семян на определенном расстоянии друг от друга вдоль рядов [8, 9, 10, 11]. Вода, удобрение, и (или) другие добавки, могут быть применены к области рассады и семян.

В последние годы посев семян через пластиковые мульчи становится более популярным. Капельная лента, удобрения и другие жидкости могут быть помещены под пленочную мульчу для питания и защиты почвы и растений [12].

Под пластиковой мульчей снижаются потери влаги. Пленочная мульча также имеет тенденцию сдерживать рост сорняков в области пластика.

При посеве отверстия формируются сеялкой с интервалами в пленке, и семена проходят через отверстия в почву.

Круглые или другие пробивки сеялки могут быть образованы в поперечном сечении в геометрической форме, которая улучшает проникновение через пластиковую мульчу, такие как треугольная, прямоугольная, и других многочисленных сторон, таких как шестиугольные и восьмиугольные формы, кото-

рые имеют углы, которые имеют тенденцию к более легкому проникновению в пластиковую мульчу, чем круглым поперечным сечением [13].

### **Заключение.**

По мнению ученых и практиков, использующих мульчирующую пленку в выращивании сельскохозяйственных культур, увеличение урожайности культур при мульчировании почвы пленкой, происходит за счет лучшего сохранения влаги в верхних горизонтах почвы, улучшения теплового режима припочвенного слоя воздуха и верхнего слоя почвы, слабой засоренности посевов, сохранения верхних горизонтов почвы в более рыхлом состоянии.

Применение мульчирующей полиэтиленовой пленки, а вместе с тем создание и использование машин, осуществляющих укладку пленки и посев под нее, дает большое преимущество по сравнению с традиционной технологией выращивания сельскохозяйственных культур. Отмечено раннее цветение культур по сравнению с контрольными образцами, экономия поливной воды, уменьшение затрат на обработку междурядий во время вегетации, а также повышение выхода продукции.

### **Литература**

1. Еда будущего: Китай делает ставку на картофель [электронный ресурс] // «ЭКД», 2012-2022. – Режим доступа: <http://ekd.me/2017/05/kitaj-v-poiskax-edy-budushhego/> – Дата доступа: 25.02.2022.
2. Анализ способов основной обработки почвы с модернизацией рабочих органов плуга / С.И. Будко, В.М. Кузюр, И.В. Кузьменко, А.Н. Чайчиц // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2 (78). С. 32-36.
3. Обзор и сравнительная оценка конструкций почвообрабатывающих агрегатов / С.И. Будко, В.М. Кузюр, Л.С. Киселева и др. // Инновации и технологический прорыв в АПК: сборник научных трудов международной научно-практической конференции. 2020. С. 223-229.
4. Эффективность использования МТА на посевах зерновых культур / А.Е. Улахович, Н.В. Улахович, В.М. Кузюр и др. // Состояние, проблемы и перспективы развития современной науки: сборник научных трудов национальной научно-практической конференции. 2021. С. 133-138.
5. Мульчирующая пленка [электронный ресурс]// ООО «НТА» 2016-2017г. – Режим доступа: <http://www.plenkoukladchik.ru/mulchiryushaya-plenka.html> – Дата доступа: 25.02.2022.
6. Сеялки для высева в пленку [электронный ресурс] // ООО «НТА» 2016-2017г. – Режим доступа: [http://www.plenkoukladchik.ru/catalog/sejalki\\_dlya\\_vjseva\\_v\\_plenku.html](http://www.plenkoukladchik.ru/catalog/sejalki_dlya_vjseva_v_plenku.html) – Дата доступа: 25.02.2022.
7. Перспективные технологии при интегрированном земледелии в Республике Беларусь / В.И. Клименко, В.Р. Петровец, Н.И. Дудко, С.А. Сидоров // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. Горки: БГСХА, 2020. Вып. 5. С. 19-22.

8. Плужный лемех (лемех конструкции Брянской ГСХА): пат. 95285 U1, Рос. Федерация / Михальченков А.М., Будко С.И., Кожухова Н.Ю., Анисин А.Н.; заявка № 2010105296/22 от 15.02.2010; опубл. 27.06.2010.

9. Кузюр В.М., Будко С.И., Киселева Л.С. Модернизация плуга ППП-7-40 // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3 (85). С. 46-50.

10. Стрельчатая лапа культиватора: пат. 2462852 С1 Рос. Федерация / Михальченков А.М., Ковалев А.П., Будко С.И., Комогорцев В.Ф.; заявка № 2011106409/13 от 21.02.2011; опубл. 10.10.2012.

11. Михальченков А.М., Будко С.И., Киселева Л.С. Стрельчатая лапа культиватора повышенной износостойкости с эффектом самозатачивания // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2011. № 1 (10). С. 101-103.

12. Сеялки для высева в пленку [электронный ресурс] // ООО «НТА» 2016-2017г. – Режим доступа: [http://www.seialka.ru/catalog/seyalki\\_dlya\\_vjseva\\_v\\_plenku.html](http://www.seialka.ru/catalog/seyalki_dlya_vjseva_v_plenku.html) – Дата доступа: 25.02.2022.

13. Определение почвенной прослойки и бороздообразование комбинированными сошниками / О.П. Лабурдов, В.М. Кузюр, С.И. Будко, А.А. Сысоев // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 5 (87). С. 55-59.

УДК 631.333.44

## ***ИССЛЕДОВАНИЕ МАШИН ДЛЯ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ ЖИДКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ***

***м.т.н., ассистент Сидоров С.А., tomrr.bgsha@mail.ru***

***Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки, Республика Беларусь***

## ***STUDY OF MACHINES FOR IN-SOIL APPLICATION OF LIQUID ORGANIC FERTILIZERS***

***Master of Engineering Sciences, assistant Sidorov S.A., tomrr.bgsha@mail.ru***

***Belarusian State Agricultural Academy, Gorki, Republic of Belarus***

**Аннотация.** В статье обосновываются методики внутрипочвенного внесения жидких органических удобрений в почву в системе точного земледелия. Предложены рабочие органы для внутрипочвенного внесения удобрений.

**Annotation.** The article substantiates the methods of subsurface application of liquid organic fertilizers in the soil in the system of precision agriculture. Working tools for subsurface application of fertilizers are proposed.

**Ключевые слова:** Удобрения, почва, распределение, рабочий орган, культиватор, технология внесения, комбинированный, закрытие.

**Keywords:** Fertilizer, soil, distribution, implement, cultivator, application technology, combined, closure.

### **Введение.**

Для своей жизнедеятельности растения нуждаются в питательных веществах, которые можно вносить в почву как в виде минеральных, так и в виде органических удобрений, содержащих элементы питания растений преимуще-

ственно в форме органических соединений [1, 2, 3]. Органические удобрения кроме основных (азот, фосфор, калий) содержат и другие элементы питания растений, а также органическое вещество, которое положительно влияет на свойства почвы. Внесение органических удобрений повышает микробиологическую активность почвы, увеличивает содержание гумуса в почве, улучшает структурное состояние почвы, оказывая положительное влияние на водный, воздушный и тепловой режим [4]. В зависимости от места хранения навоза или приготовления компоста, удаленности полей, на которые вносятся органические удобрения, технических данных машин для погрузки, транспортировки и внесения, обеспеченности хозяйств этими машинами и т. д. применяют прямоточную (ферма-поле) и перевалочную (ферма-бурт-поле) технологии внесения. [5]

#### **Цель работы.**

Обоснование методики внутрипочвенного внесения жидких органических удобрений (ЖОУ).

#### **Методика исследований.**

Описание и технологический процесс внутрипочвенного внесения (ЖОУ).

#### **Результаты исследований и их обсуждение.**

Внедрение новых технологий в животноводстве позволило интенсифицировать отрасль, но при этом возросли объемы и концентрация навоза, создающие угрозу окружающей среде. Процесс утилизации навоза можно разделить на переработку, хранение, транспортировку и внесение. Особое внимание стоит уделять оценке способов внесения органических удобрений, оказывающих существенное влияние не только на экологическую безопасность, но и на эффективность сельскохозяйственного производства в целом.

**Способ внутрипочвенного внесения.** Жидкие органические удобрения считаются наиболее безопасным видом стимулятора роста для растений. Внесение органических удобрений в почву позволяет ощутимо повысить урожайность. К сожалению, с каждым разом возделывания почвы, она истощает свои ресурсы и питательные вещества. При прикорневой подпитке растения способны получить более высокую концентрацию полезных веществ. С помощью ма-

шин мы можем равномерно распределять дозу удобрений, с максимальной пользой для почвы и минимальным риском загрязнения участка.

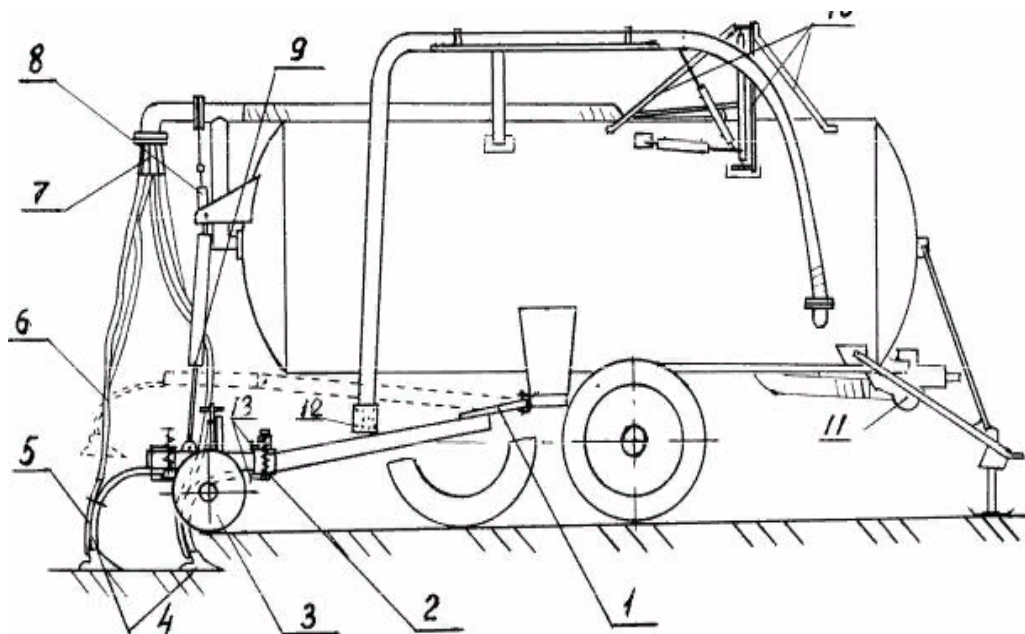


Рис. 29. Общий вид и схема агрегата АВВ-3,61 – шарнир центральный прицепа; 2 – брус поперечной рамы; 3 – опорно-копирующее колесо; 4 – стойка рабочих органов; 5 – труба; 6 – рукав (шланг); 7 – распределитель прямоточный; 8 – цилиндр управления задвижкой; 9 – шток гидроцилиндра подъема и опускания приспособления; 10 – кронштейн поворотный с растяжками; 11 – насос центробежный; 12 – патрубок заборного рукава; 13 – болты регулировочные

Агрегат АВВ-3,6 работает следующим образом : при подъезде к агрегату транспортировщика-заправщика машинист переводит штангу из транспортного в рабочее положение, поднимает её и вводит заборный патрубок 12 в Агрегат АВВ-3,6 (рисунок 29) [6] предназначен для тех же целей, что и АВО-Ф-2,8,но в отличие от него оснащен приспособлением, которое центральным шарниром 1 крепится к поперечной балке машины МЖТ-10,а двумя боковыми проушинами - к штокам гидроцилиндров 9 закрепленных на кронштейнах торцевой части цистерны. К раме приспособления крепятся девять пружинных стоек 4, унифицированных с культиватором КПЭ-3,8А, к стойкам которых закреплены криволинейные двухдюймовые трубки 5 с дефлекторами. Переключающее устройство машины МЖТ-10 развёрнуто на 180 и к патрубку напорной маги-



страли закреплен распределитель 7 с девятью патрубками, которые гибкими рукавами соединены с трубами 5 внутрпочвенного разлива. [7]

Для установки заданной глубины внесения (заделки) удобрений имеются два опорно-копирующих колеса 3 с винтовыми механизмами. Выравнивание рамы в продольно-вертикальной плоскости производится винтами 13 на кронштейнах крепления рамы к сцепному устройству. Для обеспечения само заправки агрегата АВВ-3, кронштейн 10 заправочной штанги перемещен выше и закреплен на цистерне растяжками. При ограниченном числе золотников распределителя трактора Т-150К в систему управления рабочими органами включен электро-золотниковый переключатель. [7]

Машина состоит из цистерны вместимостью 10,4 м<sup>3</sup>, центробежного насоса, вакуумной установки, заправочного рукава, смонтированного на поворотной штанге, напорного трубопровода, переключающего и разливочного устройств, предохранительных вакуумного и жидкостного 4 клапанов и гидросистемы. Цистерна снабжена верхним и нижним люками с крышками и поплавковым уровнемером. [8]

Для внутрпочвенного внесения ЖОУ применяют различные почвообрабатывающие орудия (чизели, культиваторы, дискаторы и т.д.). Наиболее широко в качестве рабочих органов применяют стрельчатые лапы и комбинированные рабочие органы [9].

### **Заключение.**

Применение органических удобрений важнейшее средство повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Жидкий навоз, компосты, навозная жижа богатые источники питательных веществ, способствующие повышению воздушного и водного режимов в почве и ее биологической активности. Органические удобрения, содержащие органические вещества животного или растительного происхождения, имеют почти все элементы питания растений. Навоз перепревший, жидкий, навозную жижу собирают на животноводческих фермах с применением способов, обеспечивающих сохранение питательных элементов и получение массы, наиболее пригодной для механизированного

разбрасывания по полю. Основной способ внесения органических удобрений, как и минеральных разбрасывание по поверхности поля и заделка в почву до посева.

### Литература

1. Анализ способов основной обработки почвы с модернизацией рабочих органов плуга / С.И. Будко, В.М. Кузюр, И.В. Кузьменко, А.Н. Чайчиц // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2 (78). С. 32-36.
2. Обзор и сравнительная оценка конструкций почвообрабатывающих агрегатов / С.И. Будко, В.М. Кузюр, Л.С. Киселева и др. // Инновации и технологический прорыв в АПК: сборник научных трудов международной научно-практической конференции. 2020. С. 223-229.
3. Эффективность использования МТА на посевах зерновых культур / А.Е. Улахович, Н.В. Улахович, В.М. Кузюр и др. // Состояние, проблемы и перспективы развития современной науки: сборник научных трудов национальной научно-практической конференции. 2021. С. 133-138.
4. Определение почвенной прослойки и бороздообразование комбинированными сошниками / О.П. Лабурдов, В.М. Кузюр, С.И. Будко, А.А. Сысоев // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 5 (87). С. 55-59.
5. Рунчев М.С., Губарев Е.А., Вялков В.И. Комплексная механизация внесения удобрений. М.: Россельхозиздат, 1986. 191 с.
6. Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины. М.: Колос, 2003.
7. Листопад Г.Е. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. М.: Агропромиздат, 1990.
8. Обзор и анализ машин, используемых в сельском хозяйстве Республики Беларусь для внесения минеральных и органических удобрений / В.Р. Петровец, Д.В. Греков, С.А. Сидоров // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства: сб. науч. трудов. Горки: БГСХА, 2020. С. 268-278.
9. Личман Г.И., Марченко Н.М., Марченко А.Н. Проблемы и пути решения внутривидового дифференцированного применения жидких органических удобрений в системе точного земледелия // Техника и технологии в животноводстве. 2011. № 3 (3). С. 95-100.

УДК 633.2

## ***СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ УБОРКИ СЕМЕННЫХ ПОСЕВОВ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО***

***к.т.н. Улахович А.Е.,***

***Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Беларусь***

## ***COMPARATIVE ANALYSIS OF TECHNOLOGIES FOR HARVESTING SEED CROPS OF MEADOW CLOVER***

***Candidate of Technical Sciences Ulakhovich A.E.,  
Belarusian State Agricultural Academy, Belarus***

**Аннотация.** Представлены результаты исследований различных технологий уборки семенных посевов клевера лугового. В частности, рассмотрены пять технологических приемов, применяемых на уборке клевера на семена, определена их эффективность.

*Annotation. The results of studies of various technologies for harvesting seed crops of meadow clover are presented. In particular, five technological techniques used in the harvesting of clover for SEEDS are considered, their effectiveness is determined.*

**Ключевые слова:** клевер, солома, полова, пыжина, уборка, посевы, зерноуборочный комбайн, обмолот, потери семян, энергозатраты, производительность, затраты труда.

**Keywords:** clover, straw, floor, pyzhin, harvesting, crops, combine harvester, threshing, seed loss, energy costs, productivity, labor costs.

## **Введение**

Клевер луговой, как и все многолетние бобовые травы, предназначен главным образом для кормовых целей. Он отличается повышенным содержанием аминокислот и по данному показателю превосходит злаковые травы в 1,5–2 раза. Его выращивание позволяет увеличить продуктивность поля до 100–120 ц/га корм. ед. (эквивалентно аналогичной урожайности зерна овса). При этом качество корма, получаемого из клевера, значительно выше, чем из других кормовых культур.

Важное агротехническое значение клевера обусловлено его способностью вовлекать симбиотический азот (до 170–200 кг/га). Это позволяет не только практически исключить из их агротехники азотные удобрения, но и значительно уменьшить нормы внесения последних под последующие культуры в севообороте [1]. Клевер является лучшим предшественником для большинства других культур, включая озимую пшеницу и тритикале, урожайность которых увеличивается на 20–25 % по сравнению с посевами по другим предшественникам [2].

Однако потребность с.х. предприятий в высококачественных семенах до настоящего времени удовлетворяется неполностью [3].

## **Постановка задачи**

Значительным резервом в увеличении производства семян клевера является ликвидация их потерь при уборке и переработке, которые достигают в отдельные годы до 80 % от биологического урожая [3]. Такие потери обусловлены тем, что семена клевера значительно отличается от семян зерновых культур по своим биологическим признакам и физико-механическим свойствам. Для клевера характерны следующие отличия:

– значительная неравномерность созревания семян;

- повышенная влажность стеблей и листьев растений во время уборки;
- низкое содержание семян в общей массе;
- малые размеры семян;
- большая засоренность посевов сорняками и другими кормовыми культурами.

Сократить потери семян клевера при производстве можно перенеся все операции по переработке клеверной пыжины на стационар. Это, в свою очередь, расширит возможность повышения производительности уборочных машин, облегчит автоматизацию процесса переработки, обеспечит лучшие, более стабильные условия работы [4].

### **Основная часть**

В зависимости от метеорологических условий и состояния семенных посевов клевера могут применяться следующие технологии уборки: прямое, раздельное, двухфазное комбайнирование и уборка всего биологического урожая семенных посевов с последующей обработкой полученного вороха на стационаре (таблица 1).

Равномерно созревающие, чистые от сорняков посевы в сухую погоду, когда полностью побуреет 90...95 % соцветий, убирают прямым комбайнированием зерноуборочными комбайнами любого производителя. Однако лучше всего клевер убирать комбайнами, оборудованными приспособлениями для уборки семенных посевов трав ПСТ-10.

Прямое комбайнирование имеет очевидные преимущества перед другими способами, поскольку обеспечивает уборку в сжатые сроки, с наименьшими затратами труда и энергии (табл. 1). Основным недостатком прямого комбайнирования является вероятность увеличения потерь семян в результате перезревания и осыпания, особенно при неблагоприятных погодных условиях, сдерживающих начало уборки. Так, на 10-й день после наступления уборочной спелости потери от осыпания соцветий и семян достигают 20...25 %, а на 16-й – 40...45 % [6]. Во многих случаях прямое комбайнирование затруднено из-за наличия зеленой массы стеблей и листьев, которые ухудшают обмолот и сепарацию вороха. Стремление обеспечить полное вытирание пыжины в молотиль-

ном аппарате приводит к возврату большой массы половы с пыжиной на повторный обмолот и к многократной циркуляции ее в молотильном устройстве комбайна. В результате система очистки комбайна перегружается, на верхнем решете находится значительный слой вороха, большая часть пыжины вместе с половой транспортируется с соломой клавишами соломотряса к заднему капоту, с которого в расстил укладывается на скошенное поле. При комплектации комбайна соломоизмельчителем солома вместе с половой и пыжиной, в зависимости от необходимости, формируется в валок или измельчается ротором соломоизмельчителя и через дефлектор разбрасывается по полю [7].

Использование зерноуборочных комбайнов с приспособлениями ПСТ-10 в производственных условиях дает некоторый эффект, однако в целом работа таких устройств далека от совершенства. Даже при благоприятных условиях потери составляют 15...20 % от обмолачиваемой массы.

Наиболее прогрессивный способ уборки семенного травостоя клевера – прямое комбайнирование с предварительной десикацией.

Как показывает опыт, потери семян при уборке семенных посевов клевера после десикации остаются в пределах 10...20 % [6]. Это объясняется тем, что десиканты, разгружая работу сепарирующих органов комбайна, не повышают степень обмолота семян из бобиков.

Таблица 1 – Техничко-экономические показатели различных технологий уборки семенных посевов клевера лугового

Показатели	Технология					
	Прямое комбайнирование		Раздельное комбайнирование	Двухфазное комбайнирование	Уборка всего биологического урожая	Очес соцветий на корню
	без десикации	с десикацией				
Количество побуревших соцветий к моменту уборки, %	90...95	70...80	60...80	60...70	80...90	80...90
Погодные условия	Благоприятные	Благоприятные	Благоприятные	Благоприятные	Любые	Любые
Состояние семенных посевов	Равномерно созревающие, чистые от сорняков	Равномерно созревающие, чистые от сорняков, влажные	Неравномерно созревающие, засоренные, влажные	Неравномерно созревающие, засоренные, влажные	Неравномерно созревающие, засоренные, влажные	Любые, в том числе сильно полеглые

Продолжение таблицы 1

Основные применяемые машины	Зерноуборочный комбайн с комплектом ПСТ-10	Зерноуборочный комбайн с комплектом ПСТ-10	КС-100, зерноуборочный комбайн с комплектом ПСТ-10	Зерноуборочный комбайн с комплектом ПСТ-10	КВК-800, КВК-8060	Беларус-82.1+ФН-1,4
Затраты труда, ч/га	10,9	11,2	10,2	11,1	19,3	10,2
Энергозатраты, кВт·ч/т	154,8	173,1	180,8	243,9	315,1	159,2
Потери семян, %	15...25	10...20	30...50	10...20	5...10	До 5

К недостаткам этого способа уборки можно отнести то, что десиканты положительно действуют только при благоприятных погодных условиях.

Снизить потери семян позволяет технология уборки семенных посевов клевера зерновыми комбайнами без приспособлений со сбором пыжины в зерновой бункер [8]. При этом молотильное устройство комбайна регулируют так, чтобы были оборваны и раздроблены соцветия, а стебли измельчались минимально. Кроме того, увеличивают частоту вращения зернового шнека и линейную скорость движения зернового элеватора.

Из пыжины на стационаре сначала выделяют свободные семена, затем ее высушивают и пропускают через клеверотерку К-0,5, молотилку МВ-2,5А [6] или зерноуборочный комбайн с клеверотерочным приспособлением.

Недостатком прямого комбайнирования со сбором пыжины в бункер является значительное увеличение простоев при выгрузке, обусловленное плохой сыпучестью пыжины. При этом, несмотря на сокращение потерь семян при уборке, увеличиваются затраты труда в 3 раза по сравнению с прямым комбайнированием [5].

Сбора семян клевера с минимальными потерями при уборке зерноуборочными комбайнами можно достичь применением прямого комбайнирования с одновременным сбором семян в бункер, а половы и пыжины – в транспортное средство [6].

Раздельное комбайнирование применяется при благоприятных погодных условиях для уборки влажных, засоренных, неравномерно созревающих семен-

ных посевов с сильно развитой вегетативной массой [5]. Вначале, когда побуреет 50...70 % головок, проводят скашивание травостоя в валки самоходными косилками КС-100 «Палессе GS100» или КС-200 «Палессе GS200». Затем, после подсушивания, валки обмолачивают комбайнами с подборщиками и клеверотерочными приспособлениями.

Применение отдельного способа уборки позволяет по сравнению с прямым комбайнированием повысить концентрацию семян в бункерном ворохе и увеличить их жизнеспособность, так как созревшие в валках семена меньше травмируются и имеют высокие посевные качества. Однако этот способ сопровождается еще большими потерями семенного материала (табл. 1). Многолетний опыт показывает, что затяжная дождливая погода не только значительно задерживает процесс сушки, но и создает опасность потери всего урожая семян клевера, уложенного в валки.

В случае неравномерного созревания семенных травостоев клевера и наступления оптимальных для данного региона календарных сроков уборки наиболее целесообразно применение двухфазного комбайнирования [6]. Первую фазу уборки раннеспелых сортов клевера лугового с первого укоса начинают при побурении 60...70 % головок, со второго укоса – 50 %. Позднеспелые сорта убирают при 70%-ном побурении соцветий. Обмолот ведется при уменьшенных кинематических и силовых характеристиках технологического процесса. При этом обмолачиваются и собираются в бункере комбайна наиболее спелые семена, а стебли с недозревшими семенами укладываются за комбайном в валок. При втором проходе (через 3...4 дня после первого) после созревания семян и подсыхания травостоя массу из валков подбирают комбайнами, оборудованными приспособлениями ПСТ-10 и подборщиками. Режим работы комбайнов аналогичен режиму работы их при прямом комбайнировании.

Двухфазное комбайнирование, по сравнению с прямым, имеет следующие преимущества. В связи с ранним началом уборки ликвидируются потери семян от самоосыпания на корню. При больших зазорах между декой и барабаном семена меньше дробятся. Молотильный аппарат обладает повышенной пропуск-

ной способностью, система очистки и соломотряс оказываются неперегруженными, и потери семян за молотилкой сокращаются. При этом не теряются семена, оставшиеся в соцветиях. Они дозревают в валках и становятся биологически ценными. Потери семян, по сравнению с отдельным комбайнированием, сокращаются на 10...25 % [6].

Однако такой способ уборки не лишен и недостатков. Затраты труда и энергии при этом возрастают в 1,6 раза по сравнению с прямым комбайнированием. При неблагоприятных погодных условиях, когда выпадают осадки, увеличиваются потери семян, не обмолоченных во время первого прохода, а отрастание отавы усложняет работу подборщика.

Из приведенного обзора следует, что существующие технологии уборки семенников клевера зерноуборочными комбайнами не в полной мере соответствуют особенностям этой культуры. В условиях неустойчивой погоды со значительным выпадением осадков и при высокой влажности головок клевера, исключаящей их отрыв от стеблей и разрушение на мелкую пыжину бичами молотильного барабана, необходимо переходить на уборку всего биологического урожая семенных посевов с их переработкой на стационаре [5, 6]. В данном случае клевер скашивают кормоуборочными комбайнами КВК-800 «Палессе FS80», КВК-8060 «Палессе FS8060» и др. с погрузкой в транспортные средства.

Для сушки массы используются площадки активного вентилирования, конвейерные или карусельные сушилки. Просушенная масса подается транспортирующими рабочими органами к молотилке-веялке МВ-2,5А или к подготовленному для работы на стационаре зерноуборочному комбайну, оборудованному приспособлением ПСТ-10. Применение такой технологии позволяет все операции по переработке растительной массы перенести на стационар или полустационар [9]. Эта технология расширяет возможности повышения производительности уборочных машин и облегчает автоматизацию процесса послеуборочной обработки вороха. Качество его переработки при этом становится значительно лучше, чем при комбайновых технологиях. Сокращаются многочисленные перевалочные операции а, следовательно, и потери семян [6].



Однако, как показывает анализ достоинств и недостатков данной технологии, использование ее ведет к значительному увеличению трудовых и энергетических затрат, обуславливает переработку большого количества растительной массы, требует на каждый гектар 100 м<sup>2</sup> сушильного хозяйства [6] и, следовательно, не решает задачи получения наибольшего количества семян при наименьших затратах.

С целью снижения энергоемкости уборочных машин и вместе с тем упрощения и облегчения их рабочего процесса все более широкое применение находят технологии уборки сельскохозяйственных культур, основанные на очесе соцветий с растений на корню [5].

В Белорусской сельскохозяйственной академии проводились исследования по разработке технологии уборки клевера на семена, базирующейся на очесе растений на корню. Применение такой технологии позволяет отделить продуктивную часть урожая и перенести все операции по переработке получаемого вороха на стационар или полустационар [5].

На основании результатов исследований было разработано приспособление к фуражиру ФН-1,4 для уборки клевера на семена методом очеса растений на корню (таблица 1).

### **Выводы**

Использование технологий уборки клевера лугового на семена с применением зерноуборочных комбайнов, оборудованных приспособлениями ПСТ-10, эффективно только на чистых семенных посевах клевера лугового и при благоприятных погодных условиях. Однако и в этом случае не удастся избежать значительных потерь семян. При неблагоприятных погодных условиях наиболее целесообразно применять технологию, основанную на очесе соцветий на корню. При этом затраты труда и энергозатраты сопоставимы с прямым комбайнированием, однако потери урожая в 3...5 раз ниже.

### **Литература**

1. Эффективность использования МТА на посевах зерновых культур / А.Е. Улахович, Н.В. Улахович, В.М. Кузюр и др. // Состояние, проблемы и перспективы развития современной науки: сборник научных трудов национальной научно-практической конференции. 2021. С. 133-138.

2. Камасин С.С., В.Г. Таранухо Растениеводство. Кормовые травы полевого травосеяния. Практикум. – Горки: БГСХА, 2015. – 64 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pdf.knigi-x.ru/21selskohozyaistvo/152613-1-s-kamasin-taranuho-rastenievodstvo-kormovie-travi-polevogo-travoseyaniya-rekomendovano-uchebno-metodi.php>.

3. Основные приемы технологии возделывания клевера гибридного и лугового на дерново-подзолистой супесчаной почве Западной части Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://earthpapers.net/osnovnye-priemy-tehnologii-vozdelyvaniya-klevera-gi-bridnogo-i-lugovogo-na-dernovo-podzolistoy-supeschanoy-pochve-zapadnoy>.

4. Развернутый структурный анализ систем автоматизации сельскохозяйственной техники / С.И. Козлов, С.А. Бортник, В.М. Кузюр, С.И. Будко // Технический сервис машин. 2021. № 4 (145). С. 62-68.

5. Ковалёв В.Г. Уборка клевера лугового на семена методом очёса растений на корню: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Белорус. с.-х. акад. Горки, 1985. 16 с.

6. Улахович А.Е. Обмолот семенного вороха клевера вальцовым молотильным аппаратом с эластичными рабочими поверхностями.: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Белорус. с.-х. акад. Горки, 1989. 16 с.

7. Повышение эффективности работы соломоизмельчителя комбайна / С.И. Будко, В.М. Кузюр, А.Е. Кузнецов, А.Н. Чайчиц // Сельский механизатор. 2020. № 7. С. 7-9.

8. Кузюр В.М., Будко С.И., Киселева Л.С. Обоснование предлагаемой конструкции транспортера загрузки бункера // Инновации и технологический прорыв в АПК: сборник научных трудов международной научно-практической конференции. 2020. С. 235-239.

9. Разработка конструкции универсального измельчителя кормов / В.И. Самусенко В.М. Кузюр С.И. Будко и др. // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2021. № 1 (20). С. 191-195.

УДК 631.171

***О ТЕХНИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ СФЕРЫ МЕХАНИЗАЦИИ  
ПРОЦЕССОВ ХИМИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ БЕЛАРУСИ И РОССИИ***

*д. т. н., профессор Степук Л.Я., к.т.н., Бегун П.П., д. т. н., профессор  
Петровец В.Р.*

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» г. Минск,  
Республика Беларусь e-mail: [Behun@mail.ru](mailto:Behun@mail.ru)*

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Могилевская область, Беларусь.*

*к.т.н. В.М. Кузюр,*

*ФГБУВО «Брянский государственный аграрный университет»*

***ABOUT THE TECHNICAL SUPPORT OF THE SPHERE OF  
MECHANIZATION OF THE PROCESSES OF CHEMICALIZATION  
OF AGRICULTURE IN BELARUS AND RUSSIA***

*Doctor of Technical Sciences, Professor Stepuk L.Ya., Ph.D., Begun P.P., Doctor  
of Technical Sciences, Professor*

*Petrovets V.R.*

**Аннотация.** Рассмотрена в общем ситуация с техническим обеспечением процессов применения органических и минеральных удобрений, известковых материалов и пестицидов в Беларуси и России. Показан ряд новых приоритетных машин, приборов востребованных сельхозпроизводством. Предложено активизировать организацию совместного производства

в рамках Союзного государства, что особенно актуально в связи с последними событиями в отношениях России с Украиной и западно-европейскими странами.

*Annotation. The situation with the technical support of the processes of application of organic and mineral fertilizers, lime materials and pesticides in Belarus and Russia is considered in general. A number of new priority machines and devices in demand by agricultural production are shown. It is proposed to intensify the organization of joint production within the framework of the Union State, which is especially important in connection with the latest events in Russia's relations with Ukraine and Western European countries.*

**Ключевые слова:** механизация, удобрения, известковые материалы, пестициды, машины, стенд, прибор.

**Keywords:** *mechanization, fertilizers, lime materials, pesticides, machines, stand, device.*

В современном мире, в том числе и в Республике Беларусь, и в России, есть все основания для того, чтобы рассматривать средства химизации земледелия, включающие минеральные и органические удобрения, известковые материалы и пестициды, в качестве главного материального ресурса сельского хозяйства. Разумно применяя его, белорусские и российские аграрии в состоянии совершить настоящий прорыв в развитии сельхозпроизводства и оздоровить экономику своих отечественных аграрных отраслей. Что это так доказывают следующие факты и аргументы.

Названные средства химизации – чрезвычайно эффективны и применяются при возделывании, всех без исключения, сельскохозяйственных культур. Совокупное влияние только минеральных удобрений и гербицидов на их урожайность достигает 60 %. По оценкам ФАО потери из-за болезней и вредителей сельскохозяйственных растений составляют 35 % потенциального урожая мира.

В мировом земледелии наблюдается прямая зависимость уровня сельскохозяйственного производства от уровня применения минеральных удобрений и пестицидов.

Сказанное делает очевидным факт, что оптимизация сферы применения средств химизации земледелия позволит сохранить и приумножить плодородие почв и в 1,5 – 2,0 раза повысить продуктивность полей и снизить себестоимость получаемой растениеводческой продукции. А поскольку животноводство является основным потребителем этой продукции (более 60%), то и эта отрасль сельского хозяйства соответственно улучшит свои результаты [1, 2, 3, 4].

В совокупности все средства химизации земледелия даже в Республике Бе-

ларусь составляют многие миллионы тонн, не говоря уже о России с ее масштабами.

Разумеется, чтобы применить десятки миллионов тонн этих, чрезвычайно эффективных и разнообразных ресурсов надо иметь в достатке различные комплексы современных машин.

Следует отметить, что один килограмм действующего вещества минеральных удобрений (НРК) в условиях Республики Беларусь и России должен окупаться 8 – 10 кг зерна. Пестициды при хозяйском их применении должны приносить на 1 долл., вложенный в эту сферу, не менее 10 долл. чистого дохода. Применение известковых материалов – неперенное условие повышения плодородия почв, эффективности применяемых минеральных и органических удобрений. Каждая тонна органических удобрений (навоза) должна окупаться не менее, чем 25 кг зерна [5].

Однако на практике потенциальные возможности, перечисленных средств химизации земледелия, на протяжении многих лет в Беларуси используются недостаточно эффективно. Судя по имеющейся информации, то же самое можно сказать и о России.

Одной из главных причин такого положения дел в сфере применения средств химизации земледелия являлось качественное и количественное несоответствие парка машин, оборудования и приборного обеспечения данной сферы требуемым объемам работ. Именно это несоответствие не позволяло реализовать потенциальные возможности отечественных и приобретаемых зарубежных сортов сельскохозяйственных культур и пород животных более, чем наполовину. Той же причиной объясняется и высокая себестоимость производимой сельскохозяйственной продукции.

Особенно сложная ситуация с техническим обеспечением сельского хозяйства Республики Беларусь и России наблюдалась после распада СССР.

Общеизвестно, что в 1990 годы сельскохозяйственному машиностроению России также был нанесен серьезный урон, что негативно отразилось в последующие годы на техническом обеспечении сельского хозяйства.

Поэтому белорусское государство вынуждено было безотлагательно решать проблему технического обеспечения сельского хозяйства собственными силами, по существу – с нуля. Ибо на закупку зарубежной техники не было достаточных валютных средств [6, 7, 8].

Эта проблема решалась в рамках государственных научно-технических программ и в тесном сотрудничестве с ОАО «Бобруйскагромаш» (ныне ОАО «Управляющая компания холдинга «Бобруйскагромаш»»).

В самом общем виде организационно данная работа выполнялась следующим образом. Агроинженерная наука в лице РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» совместно с профильными технологическими институтами НАН Беларуси определяла актуальные проблемы, разрабатывала исходные требования к процессам, машинам, изыскивала принципиальные технологические схемы машин и их рабочие органы, проводила теоретические и экспериментальные исследования по обоснованию рациональных параметров, разрабатывала конструкторскую документацию на экспериментальный образец, изготавливало экспериментальные и опытные образцы, проводила исследовательские, предварительные и приемочные испытания.

Производство в лице ОАО «Управляющая компания холдинга «Бобруйскагромаш»» адаптировала конструкторскую документацию под свои технологические возможности, разрабатывала оснастку, организовывало серийное производство, квалификационные испытания и реализацию готовой продукции.

Внедрение в сельскохозяйственное производство техники в России осуществляла российская сторона через многочисленные дилерские центры, организованные ОАО «Управляющая компания холдинга «Бобруйскагромаш»» во многих регионах Российской Федерации.

При этом приоритет отдавался машинам общего назначения.

Сегодня можно с удовлетворением констатировать, что за последние два десятилетия разработана отечественная система прогрессивных импортозамещающих комплексов машин для эффективного применения твердых и жидких

минеральных, органических удобрений, известковых материалов и пестицидов. Многие из них освоены производством и серийно выпускаются для нужд страны и продаются за рубеж. Ряд машин находится в стадии освоения производством. Ведется работа по созданию машин более далёкой перспективы. Иными словами, созданы все технические предпосылки для обеспечения собственными силами полной потребности сельского хозяйства Беларуси и России в машинах химизации, что исключает необходимость тратить валютные ресурсы на приобретение их по импорту [9, 10].

Учитывая всё выше сказанное и принимая во внимание, что машины для внесения твёрдых и жидких минеральных удобрений, известковых материалов, пестицидов в республике не выпускались вовсе, создание и внедрение в сельскохозяйственное производство Республики Беларусь и России системы комплексов машин и оборудования нового поколения для эффективного применения названных средств химизации земледелия позволит вывести растениеводство, а, следовательно, и животноводство Союзного государства на качественно новый более высокий уровень развития. Настоящее утверждение бесспорно, так как без этого никакие достижения агрономической, агрохимической, экономической и иных наук, работающих на сельское хозяйство союзного государства, не могут быть материализованы в полной мере [11, 12].

Из сказанного следует, что данной проблеме в рамках Союзного государства – Беларусь, Россия – необходимо уделить большое внимание организации совместных производств. Кроме того, Белорусская сторона имеет большие возможности по удовлетворению заявок России на поставку готовой уже техники. Ниже приводим информацию о некоторых архи востребованных машинах, как в Беларуси, так и в России.

Машина для поверхностного внесения твердых минеральных удобрений МТТ-4У. Предназначена для поверхностного внесения основных доз твердых минеральных удобрений грузоподъемностью 4т.

Выполнена в виде одноосного полуприцепа. Состоит из шасси, кузова, рассеивающих механизмов, подающих транспортеров с гидроприводом, туконаправителя, электрооборудования и тента.

Распределитель минеральных удобрений РУ-7000. Предназначен для транспортирования и поверхностного внесения твердых минеральных удобрений грузоподъемностью 7 тонн.

В конструкции машины применены современные технические решения, позволяющие повысить качество внесения удобрений, и тем самым, их окупаемость урожаем.

Отличительная особенность данной машины от аналогов – наличие выравнивающего устройства потока удобрений, препятствующего преждевременному обрушению и падению их на диски. Тем самым обеспечивается равномерное и непрерывное поступление туков на них, что в свою очередь, способствует снижению неравномерности рассева удобрений по поверхности поля.

Транспортировщик-загрузчик минеральных удобрений ТЗУ-9. Предназначен для транспортирования твердых минеральных удобрений на поле и перегрузки их в навесные технологические средства внесения. При установке центробежного адаптера может быть использована в качестве машины для внесения удобрений.

Транспортировщик-загрузчик минеральных удобрений позволяет почти в 2 раза повысить сменную производительность навесных рассеивателей минеральных удобрений.

При установке дискового адаптера от РУ-7000 для внесения минеральных удобрений вместо адаптера загрузки, транспортировщик-загрузчик используется как рассеиватель. В этом случае удобрения питающими транспортерами выносятся через дозирующие заслонки и подаются по туконаправителям на дисковые рабочие органы, которые распределяют их по поверхности поля.

Машина для внесения жидких минеральных удобрений АПЖ-12. В республике Беларусь для внесения КАС используют дорогостоящие полевые опрыскиватели, которых крайне не хватает для их прямого назначения – внесения пестицидов. Для решения данной проблемы разработана штанговая машина

АПЖ-12 и ОАО “Управляющая компания холдинга «Бобруйскагромаш»” освоено её производство.

Предназначена для транспортирования и поверхностного внесения основных доз жидких минеральных удобрений (КАС, ЖКУ) и внекорневой подкормки ими вегетирующих культур. Грузоподъемность 4т., ширина захвата 12 м.

Отличительной особенностью машины является её работоспособность и высокое качество распределения даже загрязненных удобрений посторонними включениями размером до 5 мм.

Распределитель штанговый РШУ-18. Машина предназначена для высокоточного внесения подкормочных доз минеральных удобрений.

По показателю неравномерности распределения удобрений РШУ-18 не имеет аналогов в мире. Агрегатируется с тракторами класса 2,0, грузоподъемность 1200 кг, рабочая ширина захвата 18м, дозы внесения удобрений 70-400 кг/га, неравномерность внесения гранулированных и кристаллических удобрений до 7 %.

Аэратор-смеситель компостов АСК-3,5. Предназначен для осуществления активной аэрации (перебивки) компостной массы (торфо-соломенно-навозной смеси) путем частичного измельчения, перемешивания компонентов и формирования буртов шириной захвата до 4 м. Использование аэрата-смесителя позволяет готовить качественные органические компосты, сокращая сроки их биотермического созревания до 1,5-2 месяцев.

Машина для поверхностного и внутрипочвенного внесения жидкого навоза МПВУ-16. Предназначена для самозагрузки, транспортирования, поверхностного и внутрипочвенного внесения жидких органических удобрений. Грузоподъемность 16 т.

МПВУ-16 с адаптером для мульчирования стерневых фонов с одновременным внутрипочвенным внесением жидкого навоза.

Машина для внесения полужидкого навоза МПН-16. Предназначена для самозагрузки, транспортирования и поверхностного внесения полужидкого навоза. Грузоподъемность 16 тонн. Производительность внесения навоза за 1 час основного времени 390 т. Производительность насоса при загрузке 190 т/ч.

Машина штанговая для внесения пылевидных химмелиорантов МШХ-9.



Предназначена для транспортирования и поверхностного внесения пылевидных химических мелиорантов.

Работоспособна на химмелиорантах с повышенной влажностью.

Экономия средств при эксплуатации машины МШХ-9 достигается в результате уменьшения потерь удобрений по причине выноса их за пределы поля, а также прибавкой урожая за счет равномерного внесения химмелиорантов. По сравнению с пневматическими машинами РУП-8, АРУП-8 обеспечивает в 3-5 раз более высокую равномерность распределения мелиорантов по полю. Состоит из шасси на колесном ходу «тандем», кузова, штанговых и дисковых распределяющих рабочих органов, дозирующего механизма, питающих транспортеров и светосигнального оборудования.

Машина может работать как по прямоточной, так и по перегрузочной технологиям. Загрузка машины удобрениями может осуществляться из силосов стационарных складов, а так же путем перегрузки из автомобильных разбрасывателей АРУП-8.

Машина химизации самоходная МХС-10. Состоит из самоходного шасси МАЗ, кузова, двух цепочно-планчатых транспортеров, дозирующего устройства, распределяющих штанг, центробежных распределяющих рабочих органов, системы гидропривода всех рабочих органов машины. Грузоподъемность 16 тонн.

Самоходное шасси представляет собой серийный высокопроходимый, большегрузный автомобиль МАЗ-631705-262.

При внесении пылевидных химмелиорантов последние из кузова подаются питающими транспортерами через дозирующее устройство в заднем борту в загрузочные горловины штанг или на диски. Шнек, вращаясь, перемещает мелиоранты к концу штанги. Мелиоранты, проходя над высежными отверстиями, просыпаются на поверхность поля.

Химмелиоранты с ухудшенными физико-механическими свойствами и минеральные удобрения вносятся центробежными дисками при этом штанги

складываются в транспортное положение.

Самоходный опрыскиватель ОСШ-2500. Одним из перспективных направлений решения проблемы рационального, эффективного применения химических средств защиты растений является организация межхозяйственных специализированных отрядов по выполнению химзащитных работ в сельском хозяйстве, которые должны быть оснащены высокопроизводительной, высокопроходимой современной техникой. С этой целью на базе самоходного модернизированного шасси ШУ-356 "Беларус" РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» совместно ПО "МТЗ" разработан самоходный опрыскиватель ОСШ-2500.

Предназначен для обработки полевых культур пестицидами, а также для внесения жидких минеральных удобрений путем поверхностного опрыскивания растений. Может работать со всеми видами пестицидов, применяемых в сельском хозяйстве в виде растворов и эмульсий, транспортировать их и направлять технологические машины.

Состоит из модернизированного самоходного шасси ПО «МТЗ» с увеличенным клиренсом, бака для рабочей жидкости и промывочной воды, размывателя концентрата пестицида, штанги, состоящей из центральной, двух средних и двух крайних секций, насоса, гидроцилиндров для раскладывания и складывания штанг, гидроцилиндра для подъема и опускания штанг, устройства самозаправки, регулирующей и запорной арматуры.

С этой целью нами разработан, новый стенд СИ-10, оборудованный электронным устройством обработки исходных данных.

Комплект приборов для тестирования, регулировки и настройки полевых опрыскивателей ПДО-1. Установка селективно подобранных распылителей на штанге опрыскивателя не снимает необходимости постоянного контроля за их состоянием в процессе эксплуатации, так как возможен неравномерный их износ, повреждение выходных отверстий. С этой целью нами разработан портативный прибор для тестирования, регулировки и настройки всех узлов опрыскивателей, как на стационаре, так и в полевых условиях. С помощью его стало

возможным проверять исправность манометра, производительность насоса, величину полууглов факела распыла и его симметричность относительно выходного отверстия распылителя, а также фактический расход рабочей жидкости через каждый распылитель.

Остальные машины грузоподъемностью от 15 до 25 т, изготавливаемые серийно ОАО «Управляющая компания холдинга «Бобруйскагромаш» хорошо известны российским потребителям.

Всего же в Российскую Федерацию Беларусь поставила только машин химизации земледелия около 2000 единиц, на сумму, превышающую 15 млн. долл. США. И в том, что в последние годы Россия из импортера зерна превратилась в страну экспортера его, несомненно, есть доля, приходящаяся на белорусские комплексы машин.

В заключении надо сказать, что авторы убеждены в том, что на данный момент созданы технические предпосылки для обеспечения сельского хозяйства Беларуси и России полностью отечественными машинами. В этой связи авторы считают целесообразным ознакомить руководство Союзного государства с сущностью упомянутых выше предпосылок.

### Литература

1. Степук Л.Я., Самосюк В.Г., Азаренко В.В. Механизация – приоритет № 1 в развитии сельского хозяйства нашей страны на нынешнем этапе // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. 2012. № 4. С. 89–99.
2. Обзор и сравнительная оценка конструкций почвообрабатывающих агрегатов / С.И. Будко, В.М. Кузюр, Л.С. Киселева и др. // Инновации и технологический прорыв в АПК: сборник научных трудов международной научно-практической конференции. 2020. С. 223-229.
3. Анализ способов основной обработки почвы с модернизацией рабочих органов плуга / С.И. Будко, В.М. Кузюр, И.В. Кузьменко, А.Н. Чайчиц // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2 (78). С. 32-36.
4. Эффективность использования мта на посеве зерновых культур / А.Е. Улахович, Н.В. Улахович, В.М. Кузюр и др. // Состояние, проблемы и перспективы развития современной науки: сборник научных трудов национальной научно-практической конференции. 2021. С. 133-138.
5. Степук Л.Я., Самосюк В.Г. Экологические, экономические, технические и организационные аспекты применения пестицидов в условиях Республики Беларусь // Белорусское сельское хозяйство. 2011. № 1. С. 34–39.
6. Самосюк В.Г., Степук Л.Я. О реальном энергосбережении в сельском хозяйстве // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. 2008. № 4. С. 85-93.
7. Классификация двухдисковых сошников по технологическим и конструктивным параметрам / В.Р. Петровец, Н.И. Дудко, В.В. Амеличев и др. // Технический сервис машин. 2021. № 3 (144). С. 56-63.

8. Развернутый структурный анализ систем автоматизации сельскохозяйственной техники / С.И. Козлов, С.А. Бортник, В.М. Кузюр, С.И. Будко // Технический сервис машин. 2021. № 4 (145). С. 62-68.

9. Степук Л.Я., Дашков В.Н., Петровец В.Р. Машины для применения средств химизации в земледелии: конструкция, расчет, регулировки: учеб. пособие. Мн.: Дикта, 2006. 448 с.

10. Степук Л.Я., А.А. Жешко Построение машин химизации земледелия. 2012. 443 с.

11. Машины и оборудование в растениеводстве. Механизация применения органических удобрений: технологии, машины экология: учеб. пособие / Л.Я. Степук, Н.И. Дудко, В.Р. Петровец, П.П. Бегун. Горки: УО БГСХА, 2021. 233 с.

12. Кузюр В.М., Будко С.И., Киселева Л.С. Обоснование предлагаемой конструкции транспортера загрузки бункера // Инновации и технологический прорыв в АПК: сборник научных трудов международной научно-практической конференции. 2020. С. 235-239.

УДК 631. 331. 024.2/3

## ***АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ХОДА НА ЗАДАННОЙ ГЛУБИНЕ И ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО СОШНИКА***

***к.т.н., Лабурдов О.П., tomrr.bgsha@mail.ru***

***магистр техн. наук, Сысоев А.А.***

***Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Беларусь***

## ***ANALYSIS OF THE STABILITY OF THE TRAVEL AT A GIVEN DEPTH AND THE TRACTION RESISTANCE OF THE COMBINED SHEETER***

***Laburdov O.P., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,***

***tomrr.bgsha@mail.ru***

***Sysoev A.A., Master of Engineering Sciences, Senior Lecturer***

***Belarusian State Agricultural Academy, Republic of Belarus***

**Аннотация.** Представлены результаты анализа устойчивости хода и тягового сопротивления комбинированного сошника с разновеликими дисками. Полученные графические зависимости момента реактивных сил комбинированного сошника позволяют установить параметры рабочего органа, при которых обеспечивается устойчивость хода на заданной глубине. Анализ тягового сопротивления комбинированного сошника позволяет выделить параметры, оказывающие существенное влияние на энергоёмкость технологического процесса посева.

**Annotation.** The results of the analysis of the stability and traction resistance of a combined coulter with different-sized discs are proposed. Obtaining graphical dependences of the reactive indicators of the power combined coulter allows you to set the parameters of the working body when motion is detected at a given depth. The analysis of the traction resistance of the combined coulter makes it possible to identify the parameters that have a significant impact on the energy intensity of the sowing process.

**Ключевые слова:** глубина хода, комбинированный сошник, сила, график, тяговое сопротивление.

**Keywords:** travel depth, combined coulter, force, graph, traction resistance.

На рисунке 1 изображена схема к определению моментов, действующих на комбинированный сошник. Известно, что момент, выглубляющий сошник из почвы, создаёт силы ее реакции  $R_x$  (направлена против движения) и  $R_z$  (направ-

лена вертикально вверх [1, 2]. Уравновешивание момента реактивных сил почвы, обеспечивающее устойчивость хода сошника на заданной глубине, создают заглубляющие моменты сил  $P$ -веса сошника и  $G$ -заглубляющей пружины. На схеме также введены обозначения:

$l$  - расстояние от точки подвеса  $O$  до оси сошника, м;

$l_1$  - расстояние от точки подвеса до точки воздействия пружины, м;

$\gamma$  - угол между поводком сошника и горизонтом, град.

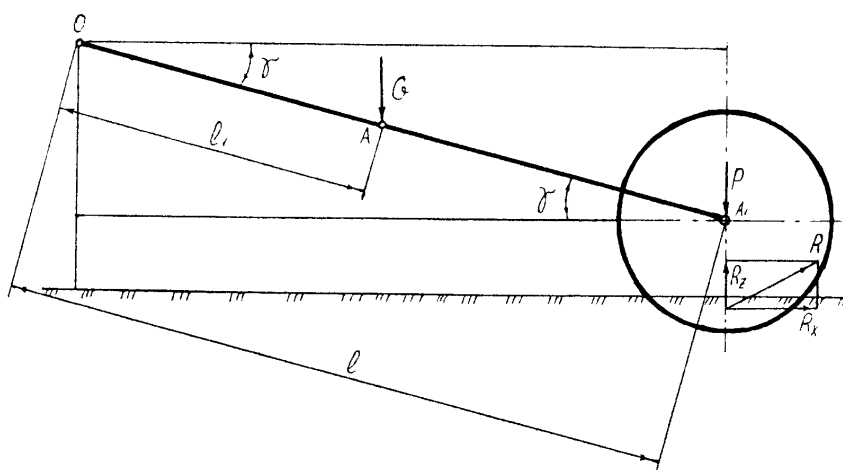


Рисунок 1 - Схема определения моментов

Из (рисунок 1) можно определить, что заглубляющий момент

$$M_3 = P \cdot \cos \gamma + G \cdot l_1 \cdot \cos \gamma \quad (1)$$

Следует отметить, что соединение пружины с поводком в точке  $A$  выполнено так, что второе слагаемое формулы (1) может иметь отрицательное значение, когда необходимо компенсировать действие силы веса, при малых значениях глубины хода сошника.

Рассчитаем выглубляющий момент реактивных сил  $M_R$ . Для этого определим точку приложения сил и соответственно длину плеч относительно точки крепления поводка.

Из литературных источников [3] известно, что точка приложения реактивных сил находится на расстоянии трети глубины хода от дна бороздки. Тогда

плечо приложения силы  $R_x$  будет составлять  $l \cdot \sin \gamma + r - \frac{h}{3}$ , а для  $R_z$  плечо составит  $l \cdot \cos \gamma$ . Отсюда

$$M_R = R_x \left( l \cdot \sin \gamma + \frac{D}{2} - \frac{H}{3} \right) + R_y \cdot \cos \gamma. \quad (2)$$

С учетом того, что комбинированный сошник имеет два разновеликих диска формула (2) запишется в виде:

$$M_R = (R_{x1} - R_{x2})l \cdot \sin \gamma + R_{x1} \left( \frac{D_1}{2} - \frac{h_1}{3} \right) + R_{x2} \left( \frac{D_2}{2} - \frac{h_2}{3} \right) + (R_{z1} + R_{z2})l \cdot \cos \gamma. \quad (3)$$

В связи с тем, что значения  $\frac{D_1}{2} - \frac{h_1}{3}$  и  $\frac{D_2}{2} - \frac{h_2}{3}$  разнятся не на много и обозначив  $\frac{D}{2} = \frac{D_1+D_2}{4}$ ;  $h = \frac{h_1+h_2}{2}$  получим:

$$M_R = (R_{x1} - R_{x2}) \left( l \cdot \sin \gamma + \frac{D}{2} - \frac{h}{3} \right) + (R_{z1} + R_{z2})l \cdot \cos \gamma. \quad (4)$$

Условие равновесия комбинированного сошника с учетом (1) и (4) будет выглядеть

$$P \cdot l \cdot \cos \gamma + G \cdot l_1 \cdot \cos \gamma = (R_{x1} + R_{x2}) \left( l \cdot \sin \gamma + \frac{D}{2} - \frac{h}{3} \right) + (R_{z1} + R_{z2})l \cdot \cos \gamma. \quad (5)$$

Анализируя формулу (5), отметим, что нельзя подобрать такие значения конструктивных параметров сошника, при которых сохранилось бы равновесие несмотря на изменение технологических условий работы в широких пределах. Поэтому конструктивные параметры следует подбирать так, чтобы в наиболее часто возникающих условиях обеспечивалось равновесие без работы нажимной пружины [4].

Приняв наиболее реальные значения величины угла трения  $25...30^\circ$ , путем подбора, на основе анализа данных известных аналитических выражений [5] были получены формулы для расчета реактивных моментов сопротивления почвы  $R_x$  и  $R_z$ :

$$R_X = 0,13K\sqrt{D \cdot c} \frac{\sqrt[3]{h^2(h+c)^4 \tan \psi}}{(\cos 2\alpha)^2} + 0,713\rho \cdot V^2 \cdot \sqrt[3]{\frac{h}{D^4} \cdot c(h+c)^2}. \quad (6)$$

$$R_Z = 0,25K\sqrt{D \tan \psi \cdot h} \cdot \sqrt[3]{c^2(h+c)^4} + 0,12\rho \cdot V^2 \cdot h^2 \tan \psi \cdot \sqrt[3]{(\sin 2\alpha)^4} \cdot \sqrt[4]{\frac{D}{c}}. \quad (7)$$

Построим график зависимости реактивных моментов сошников переднего и заднего ряда от глубины хода большого диска (рисунок 2) для следующих конструктивных параметров: большой диск –  $D_1 = 0,35$  м,  $c_1 = 0,003$  м,  $\alpha_1 = 5^\circ$ ; меньший диск –  $D_2 = 0,275$  м; передний ряд –  $\gamma = 28^\circ$ ,  $l = 0,55$  м,  $l_1 = 0,2$  м; задний ряд –  $\gamma = 18^\circ$ ,  $l = 0,84$  м,  $l_1 = 0,33$  м.

Некоторые значения  $\alpha_2$  и  $c_2$  найдены из условия равновесия боковых реакций [6].

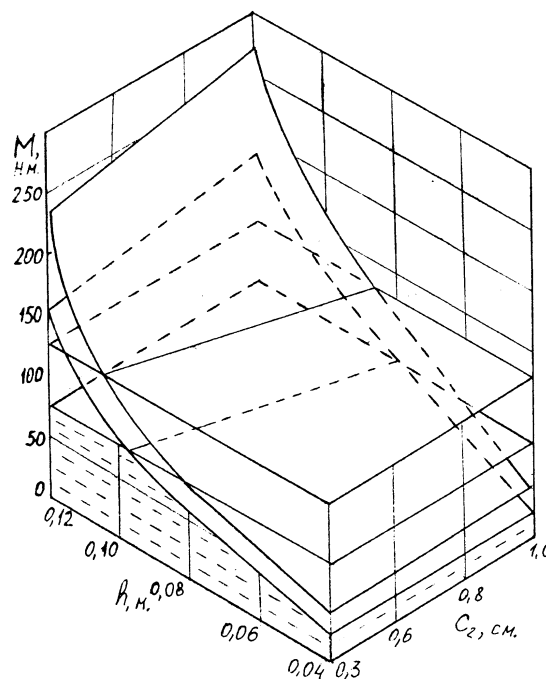


Рисунок 2 - Зависимость момента реактивных сил комбинированного сошника от глубины хода и толщины диска

Анализ графика показывает, что с увеличением глубины хода сошников увеличивается углубляющий момент реактивных сил и разница между моментами переднего и заднего ряда, вызванная различной длиной плеч приложения реакций. Естественно, что углубляющий момент силы веса сошника не зависит от глубины хода [7], и поэтому на графике он представлен в виде прямой, па-

параллельной оси X. Таким образом, что условие равновесия приложенных моментов, при минимальном воздействии уравнивающей дружины будет выполняться, если глубина хода большего диска будет находиться в пределах 0,079...0,087 м. Очевидно, что при уменьшении глубины хода сошника для равновесия потребуется отрицательный момент воздействия пружины, а при увеличении глубины пружина будет работать на сжатие, то есть приложенный момент будет положительным [8, 9].

Из графика также видно, что изменение угла атаки и толщины малого диска не оказывает существенного влияния на величину моментов.

В процессе работы сошника, в любой момент времени должно выполняться равенство:

$$F + P + G + R = 0, \quad (8)$$

где F – сила тяги;

P – вес сошника;

G – усилие пружины;

R – реакция почвы.

Спроектировав равенство (8) на ось X, получим:

$$F = R_x. \quad (9)$$

С учетом того, что комбинированный сошник имеет два различных диска

$$F = R_{x1} + R_{x2}. \quad (10)$$

Значения  $R_{x1}$  и  $R_{x2}$  рассчитываются по формуле (8).

При помощи графиков зависимости тягового усилия от скорости движения, угла атаки, глубины хода сошников (рисунок 3, 4, 5), полученных аналитическим путем [10], установим влияние конструктивных и технологических параметров на тяговое сопротивление сошника.



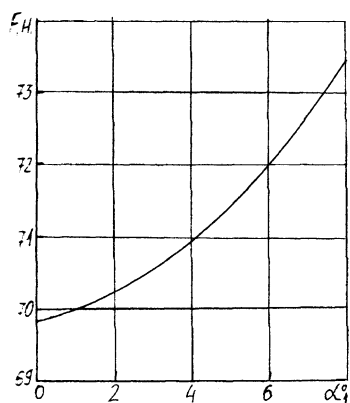


Рисунок 3 - Зависимость тягового сопротивления сошника от угла атаки большего диска

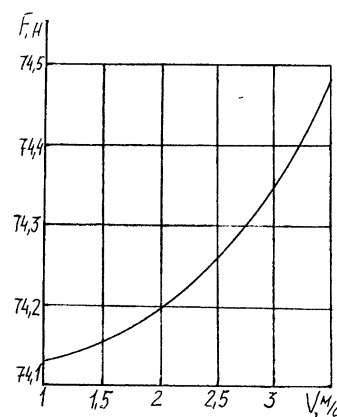


Рисунок 4 – Зависимость тягового сопротивления сошника от скорости движения

Влияние изменения скорости движения в пределах агротехнически допустимых оказывается несущественным (рисунок 4), максимальное и минимальное значения  $F$  разнятся не более чем на 1%.

Изменение тягового сопротивления в зависимости от изменения угла атаки большего диска  $\alpha_1$  от  $0^\circ$  до  $9^\circ$  также не является значительным (рисунок 3) и составляет порядка 5%.

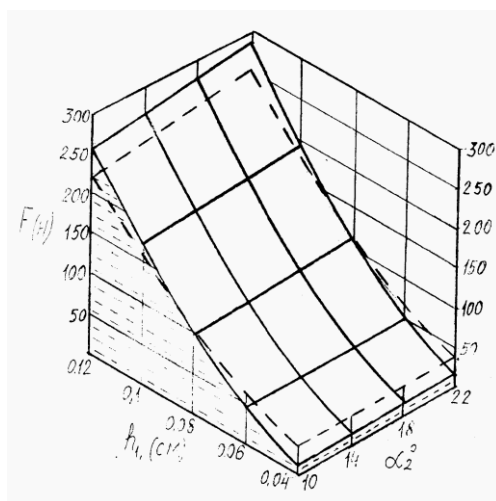


Рисунок 5 - Зависимость тягового сопротивления сошника от глубины хода большего диска. Штриховой линией показана опытная зависимость

Наиболее значимым фактором, определяющим тяговое сопротивление сошника, оказывается глубина хода дисков [11]. Так, изменение глубины хода

большого диска  $h_1$  от 0,04 до 0,12 м (рисунок 5) увеличивает тяговое сопротивление более чем в 10 раз. Влияние толщины и угла атаки малого диска в этом случае на тяговое сопротивление несущественно.

На рисунке 5 штриховой линией обозначена зависимость, полученная на Белорусской МИС опытным путем. Следует отметить хорошее совпадение опытных и теоретических данных при значениях  $h_1$  от 0,07 до 0,1 м. При увеличении глубины хода опытные значения меньше теоретических, и наоборот – уменьшение глубины увеличивает значения опытных данных.

**Выводы.** Аналитические зависимости, полученные на основании анализа взаимодействия бороздообразующих элементов дисков с почвой, позволяют определить соответствующие параметры комбинированного сошника. Расстояние между туковыми и семенными дисками сошника должно находиться в пределах В (5...8 см). Полученные математические модели силовых характеристик комбинированного сошника позволяют определить конструктивные параметры, имеющие постоянные значения при изменяющихся условиях использования. Полученные графические зависимости момента реактивных сил комбинированного сошника позволяют установить параметры рабочего органа, при которых обеспечивается устойчивость хода на заданной глубине. Анализ тягового сопротивления комбинированного сошника позволяет выделить параметры, оказывающие существенное влияние на энергоемкость технологического процесса.

### Литература

1. Петровц В. Р., Лабурдов О.П. Устойчивость хода на заданной глубине и анализ тягового сопротивления комбинированного сошника // Повышение эффективности использования сельскохозяйственной техники: материалы междунар. науч.-практ. конф. Ч. 1. Горки, 1998. С. 64-67.
2. Определение уравнения траекторий движения двухдискового сошника с коническими ребордами-бороздообразователями / В.Р. Петровец, Н.И. Дудко, В.В. Амеличев, В.М. Кузюр, С.И. Будко // Технический сервис машин. 2021. № 4 (145). С. 56-61.
3. Горячкин В.П. Собрание сочинений. В 3-х т. М.: Колос, 1965. Т. 1. 720 с.; Т. 2. 459 с.; Т. 3. 384 с.
4. Классификация двухдисковых сошников по технологическим и конструктивным параметрам / В.Р. Петровец, Н.И. Дудко, В.В. Амеличев, В.М. Кузюр, С.И. Будко // Технический сервис машин. 2021. № 3 (144). С. 56-63.
5. Точинский А.А. Изыскание и исследование сошников к зернотуковым сеялкам для посева в торфяных почвах: дис. ... канд. техн. наук. Минск, 1981. 206 с.
6. Лабурдов О.П. Повышение эффективности припосевного внесения минеральных

удобрений комбинированными сошниками с разновеликими дисками // Дисс. канд. техн. наук. – Горки, 2002. – 168 с.

7. Определение почвенной прослойки и бороздообразование комбинированными сошниками / О.П. Лабурдов, В.М. Кузюр, С.И. Будко, А.А. Сысоев // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 5 (87). С. 55-59.

8. Михальченко А.М., Будко С.И., Киселева Л.С. Стрельчатая лапа культиватора повышенной износостойкости с эффектом самозатачивания // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2011. № 1 (10). С. 101-103.

9. Обзор и сравнительная оценка конструкций почвообрабатывающих агрегатов / С.И. Будко, В.М. Кузюр, Л.С. Киселева и др. // Инновации и технологический прорыв в АПК: сборник научных трудов международной научно-практической конференции. 2020. С. 223-229.

10. Развернутый структурный анализ систем автоматизации сельскохозяйственной техники / С.И. Козлов, С.А. Бортник, В.М. Кузюр, С.И. Будко // Технический сервис машин. 2021. № 4 (145). С. 62-68.

11. Анализ способов основной обработки почвы с модернизацией рабочих органов плуга / С.И. Будко, В.М. Кузюр, И.В. Кузьменко, А.Н. Чайчиц // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2 (78). С. 32-36.

12. Михальченко А.М., Феськов С.А. Износы культиваторных лап посевного комплекса "моррис" // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 10. С. 55-58.

УДК 681.5

## ***ПОНЯТИЕ КОНТУРА АВТОМАТИЗАЦИИ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ***

***к.т.н., Козлов С.И.***

***Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Беларусь  
Бортник С. А.***

***Белорусский государственный аграрный технический университет,  
Беларусь***

***к.т.н., Кузьменко И.В.***

***Брянский государственный аграрный университет, Брянск,  
Российская Федерация***

## ***THE CONCEPT OF AN AUTOMATION CIRCUIT IN AUTOMATION SYSTEMS***

***Candidate of Engineering Sciences, S.I. Kozlov,  
Belarusian state agricultural Academy, Belarus  
engineer, S. A. Bortnik***

***Belarusian state agrarian technical University, Belarus***

***Candidate of Engineering Sciences, Igor V. Kuzmenko,  
Bryansk State Agrarian University, Bryansk, Russian Federation***

**Аннотация.** Определенная количественная совокупность структурных элементов и функциональная последовательность их расположения в автоматических регуляторах различного назначения обеспечивает в системах автоматизации конкретного каждого вида выполнение конкретной функциональной задачи. Такая работа направлена на вполне осмысленное понимание эксплуатационного содержания и сущности систем автоматизации. Большое количество разнообразных систем автоматизации, которые отличаются между собой

назначением, конструктивным выполнением структурных элементов автоматических регуляторов и рабочим процессом. Несмотря на столь значительное разнообразие систем автоматизации и отличительные особенности, по указанным параметрам их можно разделить по определенному конструктивному признаку. Таким конструктивным признаком в автоматических системах является контур автоматизации

***Annotation.** A certain quantitative set of structural elements and the functional sequence of their arrangement in automatic regulators for various purposes ensures the performance of a specific functional task in automation systems of each specific type. Such work is aimed at a completely meaningful understanding of the operational content and essence of automation systems. A large number of various automation systems that differ in their purpose, the constructive implementation of the structural elements of automatic regulators and the workflow. Despite such a significant variety of automation systems and distinctive features, according to these parameters, they can be divided according to a certain design feature. Such a design feature in automatic systems is the automation circuit.*

**Ключевые слова:** автоматизация, объект автоматизации, автоматическое регулирование, контур автоматизации.

**Keywords:** automation, automation object, automatic regulation, automation circuit.

### **Введение. Постановка задачи.**

В сфере сельскохозяйственного производства эксплуатируется большое количество разнообразных систем автоматизации, которые отличаются между собой назначением, конструктивным выполнением структурных элементов автоматических регуляторов и рабочим процессом [1]. Несмотря на столь значительное разнообразие систем автоматизации и отличительные особенности, по указанным параметрам их можно разделить по определенному конструктивному признаку. Таким конструктивным признаком в автоматических системах является контур автоматизации [2, 3, 4].

Термин «контур автоматизации» является обобщающим и разделяется с учетом каждого вида систем автоматизации и функционального признака на соответствующие разновидности: контур автоматического регулирования, контур автоматического управления, контур автоматического контроля, контур автоматической сигнализации.

Контур (от фр. contour) означает очертания какого-либо предмета или линию, которая очерчивает форму предмета.

Контуром в системах автоматизации называется непрерывный канал, который образуется совокупностью определенных и конкретных технических средств, выполняющих различные функции.

Технические средства, выполняющие в контурах автоматизации различные

по содержанию функции, являются структурными элементами. Между структурными элементами, которые входят в состав контура автоматизации, осуществляется физическая связь.

### **Результаты эксперимента. Анализ эксперимента.**

Контур автоматизации образуется различными по функциональному назначению и конструктивному выполнению техническими средствами, которые могут иметь различную физическую природу. Контур автоматизации может формироваться техническими средствами электрической, гидравлической, пневматической и механической природы. В одной системе автоматизации, как правило, используются технические средства различной физической природы в их определенном и конкретном количественном сочетании.

По степени использования наиболее широко применяются технические средства автоматизации электрической природы.

Взаимодействие технических средств в контуре автоматизации осуществляется благодаря физической связи между ними. Физическая связь проявляется в том, что выходной сигнал в виде определенных физических параметров предыдущего технического средства является входным сигналом последующего технического средства. Одновременно с прохождением сигнала от одного технического средства к другому в каждом из них может происходить изменение физической природы входного сигнала [4, 6, 7].

Между терминами «сигнал» и «параметр» существует определенное различие. Сигнал может характеризоваться одним или несколькими физическими параметрами. Например, электрический сигнал в виде мощности может характеризоваться двумя или тремя электрическими параметрами. Так, выходной сигнал одной пары вспомогательных контактов электромагнитного пускателя характеризуется мощностью  $P=U \cdot I$ , где одним параметром является фазное или линейное напряжение  $U$ , вторым параметром является ток  $I$ . В то же время выходной сигнал асинхронного трехфазного электродвигателя характеризуется активной мощностью  $P_2 = \sqrt{3}UI \cdot \cos \varphi$ , где одним параметром является линейное напряжение  $U$ , вторым параметром – ток  $I$ , третьим параметром – коэффициент

мощности  $\cos \varphi$ . В случае использования выходного сигнала электродвигателя в виде вращающегося момента  $M$  на его валу выходной сигнал характеризуется одним параметром.

Если сигнал характеризуется одним физическим параметром, то сигнал и параметр имеют одинаковое содержание. Если сигнал характеризуется двумя или большим количеством параметров, то содержание сигнала оценивается совокупностью физических параметров.

По характеру действия контура автоматизации реально действующие системы автоматизации разделяются на две разновидности. Каждая разновидность систем автоматизации характеризуется наличием замкнутого или разомкнутого контура автоматизации. Это означает, что в одной разновидности систем автоматизации действует главная обратная связь, в другой разновидности систем автоматизации отсутствует главная обратная связь. Наличие главной обратной связи в системе автоматизации означает, что в ней действует замкнутый контур автоматизации. Отсутствие главной обратной связи в системе автоматизации означает, что в ней действует разомкнутый контур автоматизации [4, 5, 9].

С точки зрения функционального назначения и цели применения контур автоматизации в реально действующих системах автоматизации может выполнять функциональную задачу регулирования (управления), контроля или сигнализации. В связи с этим одни контуры автоматизации являются в системах автоматизации контурами автоматического регулирования (управления), а другие контуры автоматизации являются в системах автоматизации контурами автоматического контроля и автоматической сигнализации. Контур автоматического регулирования действует в САР, контур автоматического управления – в САУ, контур автоматического контроля - в САК, контур автоматической сигнализации могут действовать во всех видах систем автоматизации.

Между терминами «контур автоматического регулирования» и «контур автоматического управления» отсутствует принципиальное различие, поскольку слова «регулирование» и «управление» имеют по своей сути одинаковое содержание, поэтому одно слово может употребляться вместо другого при объяс-

нении структуры систем автоматизации и их рабочего процесса. Понятие «регулирование» означает «приводить механизмы и их части в такое состояние, которое обеспечивает нормальную и правильную их работу». Слово «управление» означает «совокупность приборов, приспособлений и устройств, посредством которых управляется ход машины, механизма».

Замкнутый контур автоматизации представляет собой непрерывный и одновременно закольцованный канал в системе автоматизации, который создается в ней техническими средствами и обеспечивает контролирование только одного управляемого параметра объекта автоматизации. Замкнутый контур автоматизации в виде непрерывного кольцевого канала носит автономный и независимый характер и действует в системе автоматизации отдельно для каждого управляемого параметра объекта автоматизации. Автономность и независимость замкнутого контура автоматизации означает, что изменение одного управляемого параметра объекта относительно его заданного значения приводит к появлению управляющего сигнала и управляющей команды. Управляющий сигнал действует по каналу только своего замкнутого контура, не смешиваясь с управляющими сигналами других контуров автоматизации одной и той же системы автоматизации. Замкнутый контур автоматизации имеет в своем составе необходимые структурные элементы нужной функциональной направленности.

Функциональная направленность означает, что каждый структурный элемент целенаправленно и однозначно выполняет в системе автоматизации свою конкретную функцию. В общем случае функциональная направленность каждого структурного элемента выражается в конкретном преобразовании входного сигнала в выходной с конкретной целью. Преобразование входного сигнала в выходной может сопровождаться в большинстве структурных элементов количественно и качественно, а в некоторых структурных элементах только количественно. Это означает, что в одних структурных элементах преобразование входного сигнала в выходной сопровождается увеличением численного значения, а также с одновременным изменением физической природы входного сиг-

нала. Это означает количественное и качественное преобразование входного сигнала. В других структурных элементах преобразование входного сигнала в выходной сопровождается только увеличением численного значения входного сигнала без изменения физической природы. Это означает количественное преобразование входного сигнала [4, 6, 7].

Непрерывный и закольцованный канал в замкнутом контуре автоматизации образуется техническими средствами, которые имеют, как правило, различное конструктивное исполнение и могут иметь различную физическую природу. Несмотря на такие различия технически средства согласованно работают в контуре, который они образуют. Согласованная работа технических средств в контуре достигается посредством их конструктивного исполнения. Это позволяет рационально соединять технические средства между собой и обеспечивать эффективное взаимодействие между ними.

Выходной сигнал одного технического средства в контуре является входным сигналом другого технического средства. Такая физическая связь между техническими средствами замкнутого контура обеспечивается тем, что выходной сигнал одного технического средства и входной сигнал последующего технического средства имеют одинаковую физическую природу и одинаковое численное значение. Выходной сигнал одного технического средства и входной сигнал последнего технического средства, каждое из которых располагается последовательно в контуре одно за другим, являются по сути одними и теми же физическими параметрами.

Каждое техническое средство в замкнутом контуре автоматизации имеет свой внутренний канал. Такой канал образуется деталями конструкции технического средства и является составной частью замкнутого контура системы автоматизации. Технические средства имеют также входной (вход) и выходной (выход) каналы, которые являются их конструктивными деталями. Входной канал обеспечивает прием входного сигнала, который передается последующими деталями технического средства к выходному его каналу. Передача входного сигнала к выходному сигналу технического средства может сопровождаться



изменениями его численного значения, а также изменениями вида и физической природы. Характер изменения входного сигнала в выходной зависит от конструктивных особенностей каждого технического средства.

В общем случае замкнутый контур автоматизации может включать в свой состав следующие функционально необходимые структурные элементы: измерительный преобразователь или чувствительный элемент (ИП или ЧЭ), сравнивающий (СЭ) и задающий (ЗЭ) элементы, усилительный орган (УО), исполнительный механизм (ИМ), регулирующий орган (РО). Структурными элементами являются технические средства автоматизации конкретного конструктивного исполнения. Замкнутый контур автоматизации, состоящий из указанной последовательности структурных элементов, эффективно и целенаправленно выполняет свою конкретную функциональную задачу. Содержание функциональной задачи заключается в автоматическом поддержании заданного состояния равновесия объекта автоматизации. Такой номинально необходимый количественный состав структурных элементов характеризуется традиционной элементной базой и образует автоматический регулятор управления [4, 5, 8].

Словосочетание «из указанной последовательности структурных элементов» означает, что замкнутый контур в системах автоматизации образуется структурными элементами в их изложенной последовательности.

Выполнение функциональной задачи сводится к измерению параметра управления объекта автоматизации, последующему преобразованию и передаче информации о его отклонении относительно заданного значения по каналу замкнутого контура во вход объекта. На основе такой информации формируются управляющие воздействия в виде сигнала определенной физической природы. Управляющие воздействия устраняют возникающие отклонения параметра управления объекта, что стабилизирует его заданное состояние равновесия.

В случае управления объектом по двум и большему количеству управляемых параметров обеспечение его заданного состояния равновесия осуществляется по каждому параметру. Это означает, что по каждому параметру управления формируются управляющие сигналы, которые проходят по индивидуаль-

ному и независимому каналу своего замкнутого контура. Количество замкнутых контуров в системе автоматизации соответствует количеству параметров управления объектом.

Разомкнутый контур автоматизации представляет собой непрерывный, но незакольцованный канал в системе автоматизации. Такой контур создается в системе автоматизации техническими средствами и обеспечивает управление объектом по одному управляемому (регулируемому) параметру.

Разомкнутый контур автоматизации отличается от замкнутого контура. Физический параметр, который используется в разомкнутом контуре для автоматического управления механизмами технологического оборудования (объекта), не является параметром состояния объекта управления. Непрерывный, но незакольцованный канал в разомкнутом контуре автоматизации обеспечивает физическую связь в САР и САУ только выхода автоматического регулятора управления со входом объекта автоматизации. В системах автоматизации с разомкнутым контуром отсутствует главная обратная связь. Это обусловлено тем, что не обеспечивается физическая связь выходного канала объекта со входным каналом контура автоматизации (автоматического регулятора управления).

Непрерывный, но незакольцованный канал в разомкнутом контуре автоматизации имеет в основном электрическую, механическую и гидравлическую природу. Технические средства электрической природы, как правило, целенаправленно разрабатываются для формирования разомкнутого контура в системах автоматизации. Технические средства механической и гидравлической природы часто являются механизмами и соответственно узлами технологического оборудования, которые выполняют определенный технологический процесс. Разомкнутый контур автоматизации дополнительно оснащается техническими средствами автоматизации электрической природы [5, 7, 8].

Несмотря на различия в конструктивном исполнении и в физической природе технические средства автоматизации согласованно работают в разомкнутом контуре, который они образуют. Технические средства своим закономерным и последовательным расположением одного относительно другого обеспе-

чивают физическую связь между выходом предыдущего и входом последующего технического средства. Выходной и входной сигналы двух соседних последовательно расположенных технических средств в контуре имеют одинаковую физическую природу и характеризуются одними и теми же физическими параметрами.

В каждом техническом средстве разомкнутого контура осуществляется преобразование входного сигнала в выходной за счет действия деталей и элементов каждого технического средства, образующих внутри такого средства непрерывный канал. В результате определенного расположения технических средств одного относительно другого в системе автоматизации образуется непрерывный канал, по которому проходят управляющие сигналы и преобразуются в управляющие воздействия. Незакольцованность непрерывного канала в системе автоматизации характеризуется тем, что управляющие сигналы проходят только в одном направлении, достигая объекта автоматизации в виде управляющих воздействий и целенаправленно действуя в него. Действие управляющих воздействий в объект направлено на выполнение заданного алгоритма функционирования.

В разомкнутом контуре автоматизации применяются такие же по функциональному признаку и названию структурные элементы, что и в замкнутом контуре автоматизации. Однако разомкнутый контур автоматизации отличается от замкнутого контура автоматизации количественным составом однотипных и разнотипных по функциональному признаку структурных элементов. Это зависит от вида систем автоматизации.

В системах автоматизации различного вида (САР, САУ, САК) действует определенное количество разомкнутых контуров автоматизации. В каждой системе автоматизации одного вида количество разомкнутых контуров автоматизации зависит от ее конструктивного исполнения и количества физических параметров, которые используются для автоматического управления или автоматического контроля [6, 10].

В САР действует, как правило, один разомкнутый контур автоматизации.

В САУ чаще всего действует один разомкнутый контур автоматизации, но может действовать и большее количество разомкнутых контуров автоматизации. В САК может действовать один разомкнутый контур автоматизации или большее количество разомкнутых контуров автоматизации, что определяется только количеством физических параметров, используемых для контроля за состоянием объекта.

Разомкнутый контур автоматизации в виде непрерывного незакольцованного канала носит автономный и независимый характер. Такой контур действует в системе автоматизации отдельно для каждого физического параметра, согласно которому осуществляется автоматическое управление или автоматический контроль. Разомкнутый контур автоматизации включает в свой состав необходимые структурные элементы в нужном количестве. Их оптимальный состав обеспечивает выполнение заданного алгоритма функционирования объекта.

**Вывод.** Исходя и вышеизложенного можно сделать следующие заключения – это что замкнутый и разомкнутый контуры автоматизации характеризуются определенной общностью. Общность обоих контуров автоматизации имеет конкретное содержание, которое выражается в следующем.

Замкнутый контур автоматизации, образующий главную обратную связь в системах автоматизации, может иметь в своем составе местную обратную связь. В то же время разомкнутый контур автоматизации также может иметь в своем составе местную обратную связь. Местная обратная связь в обеих разновидностях контуров автоматизации может быть присуща одному структурному элементу (техническому средству одного вида) или может быть образована несколькими структурными элементами (техническими средствами различных видов).

Замкнутый и разомкнутый контур автоматизации в САР и САУ, образованный определенной совокупностью технических средств, представляет собой автоматический регулятор управления (АРУ). Разомкнутый контур автоматизации в САК, образованный конкретной совокупностью технических средств, представляет собой последовательно соединенные автоматический регулятор контроля (АРК) и автоматический регулятор сигнализации (АРС).

## Литература

1. Обеспечение микроклимата на животноводческих объектах / С.И. Козлов, С.А. Бортник, В.М. Кузюр и др. // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2021. № 1 (20). С. 195-201.
2. Бородин И.Ф., Недилько Н.М. Автоматизация технологических процессов. М.: Агропримиздат, 1987.
3. Бородин И.Ф., Судник Ю.А. Автоматизация технологических процессов. М.: Колос, 2004.
4. Головинский О.И. Основы автоматики. М.: Высшая школа, 1987.
5. Проектирование систем автоматизации технологических процессов / А. С. Ключев и др. М.: Энергоатомиздат, 1990.
6. Автоматика и автоматизация производственных процессов / И.И. Мартыненко и др. М.: Агропримиздат, 1985.
7. Радченко Г.Е. Автоматизация сельскохозяйственной техники. Минск: Технопринт, 2005.
8. Развернутый структурный анализ систем автоматизации сельскохозяйственной техники / С.И. Козлов, С.А. Бортник, В.М. Кузюр, С.И. Будко // Технический сервис машин. 2021. № 4 (145). С. 62-68.
9. Ревин Ю.Г., Костенко Ю.В. Основы автоматизации производственных процессов. М.: Агропромиздат, 1991.
10. Шавров А.В., Коломиец А.П. Автоматика. М.: Колос, 2000.

УДК 637.116.4

### **ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВОДОКОЛЬЦЕВОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА ДОИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ**

**Крупенин Ю. А.; к. т. н., доцент Крупенин П. Ю., [pavel@krupenin.com](mailto:pavel@krupenin.com),  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Республика Беларусь**

**DIAGNOSING OF THE VACUUM PUMP OF THE MILKING MACHINE**  
**Krupenin Yu. A.; Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor**  
**Krupenin P. Yu., Belarusian State Agricultural Academy, Republic of Belarus**

**Аннотация.** Своевременная диагностика и обслуживание доильного оборудования позволяют избежать негативных последствий, проявляющихся в падении продуктивности животных и росте числа заболеваний. Решению этой проблемы должно содействовать расширение практики диагностирования доильного оборудования с использованием специализированного оборудования, позволяющего с высокой точностью определять ключевые параметры технического состояния узлов доильной установки.

**Annotation.** Timely diagnostics and maintenance of milking equipment can avoid negative consequences, manifested in a drop in animal productivity and an increase in the number of cases of the disease. The solution to this problem should be assessed by expanding the diagnostics of milking equipment using specialized equipment, which allows, with exceptional uniqueness, the characteristic parameters of the technical condition of the units of the milking installation.

**Ключевые слова:** диагностирование, доильная установка, вакуумная насосная станция, неисправность, водокольцевой насос.

**Keywords:** diagnostics, milking machine, vacuum pumping station, malfunction, water ring pump.

## **Введение. Постановка задачи**

Животноводство является важнейшим звеном агропромышленного комплекса. Рост производства продукции животноводства, снижение затрат кормов и труда на единицу продукции немислимы без рационального использования средств механизации технологических процессов на животноводческом предприятии [1].

К сожалению, в ряде сельскохозяйственных предприятий все еще сохраняется поверхностный подход к средствам механизации животноводческих ферм и комплексов [2, 3]. Решению этой проблемы может содействовать расширение практики диагностирования доильного оборудования с использованием специализированного оборудования [4, 5].

## **Методика проведения исследований**

Целью диагностирования вакуумной насосной станции доильной установки является оценка показателей ее работы на предмет соответствия требованиям нормативно-технической документации. Для определения подачи вакуумного насоса могут применяться как простейшие расходомеры, например, индикатор производительности вакуумных насосов КИ-4840 [2], так и современные диагностические комплексы. Из отечественных образцов диагностического оборудования следует отметить прибор проверки доильных установок ППДУ-01, включенный в Государственный реестр средств измерений Республики Беларусь [6]. Прибор состоит из блока измерительного функционального БИФ-01, датчика расхода воздуха ДРВ-01, датчика частоты вращения ДСВ-01, комплекта принадлежностей и пластикового кейса.

Датчик расхода воздуха ДРВ-01 (рисунок 1) предназначен для измерения объемного расхода воздуха. Датчик представляет собой полый цилиндрический корпус 3, с одной стороны которого закреплен уплотняющий конус 4, используемый для присоединения (присасывания) датчика к трубопроводам различных диаметров, с другой – блок первичных преобразователей 1 с установленными внутри него датчиками давления 5, 7 и температуры 6. Подключение дат-

чика ДРВ-01 к измерительному блоку осуществляется посредством коммутационного разъема 8.

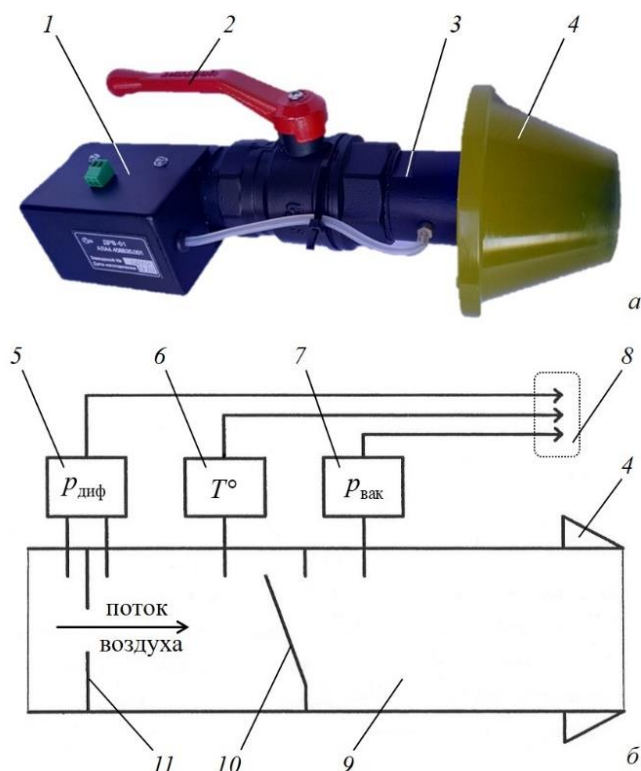


Рисунок 1 - Датчик расхода воздуха ДРВ-01: *а* – общий вид; *б* – структурная схема; 1 – блок первичных преобразователей; 2 – рукоятка крана; 3 – корпус датчика; 4 – уплотняющий конус; 5 – датчик дифференциального давления; 6 – датчик температуры; 7 – датчик вакуумметрического давления; 8 – коммутационный разъем; 9 – полость; 10 – кран; 11 – диафрагма

Принцип работы датчика ДРВ-01 заключается в следующем. При протекании воздуха через внутреннюю полость 9 корпуса датчика диафрагма 11 создает перепад давлений, величина которого пропорциональна квадрату скорости движения воздуха. На основании величины дифференциального давления, регистрируемого датчиком 5, измерительный блок прибора рассчитывает и выводит на экран значение расхода воздуха. Кран 10 служит для регулирования притока воздуха, поступающего через датчик в доильную установку, что необходимо при измерении расхода воздуха при разном вакуумметрическом давлении в системе, текущее значение которого определяется датчиком 7.

## Результаты экспериментов и их обсуждение

В связи с тем, что объем воздуха, как и любого другого газа, зависит от температуры и давления, измеренные значения расхода должны быть приведены к некоторым стандартным условиям. В технических характеристиках вакуумных насосных станций производства стран СНГ подача приводится для стандартных условий по ГОСТ 2939-63 «Газы. Условия для определения объема» [7], иностранного производства – по международному стандарту ISO 6690:2007 «Установки доильные. Механические испытания» [8, 9].

Для приведения фактически измеренной подачи вакуумного насоса к стандартным по ГОСТ 2939-63 «Газы. Условия для определения объема» значениям давления (101,325 кПа) и температуры (293,15 К) используют формулу:

$$Q_{ст} = Q_{изм} \frac{p_{атм} - p_{сисг}}{101,325} \cdot \frac{293,15}{T}, \quad (1)$$

где  $Q_{изм}$  – измеренное значение подачи, л/мин;

$p_{атм}$  – атмосферное давление, кПа;

$p_{сисг}$  – давление во входном патрубке вакуумного насоса, кПа;

$T$  – температура воздуха, К.

При диагностировании вакуумных насосных станций иностранного производства следует ориентироваться на требования стандарта ISO 6690:2007 «Установки доильные. Механические испытания», учитывающего возможность использования частотного регулирования подачи вакуумного насоса. Стандарт предписывает определять значения подачи при разрежении во входном патрубке вакуумного насоса равном рабочему вакуумметрическому давлению доильной установки и при вакуумметрическом давлении –50 кПа. Приведение результатов измерений к стандартным условиям по температуре, давлению и географической высоте расположения доильной установки над уровнем моря осуществляют по формулам:

– измерение при рабочем вакуумметрическом давлении



$$Q_{\text{прив}} = Q_{\text{изм}} \frac{p_{\text{max}} - p_{\text{сист}} p_{\text{атм}} / p'_{\text{атм}}}{p_{\text{max}} - p_{\text{сист}}} \cdot \frac{293,15}{T}, \quad (2)$$

– измерение при вакуумметрическом давлении –50 кПа

$$Q_{\text{прив}} = Q_{\text{изм}} \frac{p_{\text{max}} - 50 p_{\text{атм}} / 101,33}{p_{\text{max}} - 50} \cdot \frac{n_{\text{ном}}}{n_{\text{изм}}} \cdot \frac{293,15}{T}; \quad (3)$$

где  $p_{\text{max}}$  – максимальное давление, развиваемое насосом, кПа;

$p'_{\text{атм}}$  – стандартное атмосферное давление для высоты расположения доильной установки над уровнем моря, кПа;

$T$  – температура воздуха, К;

$n_{\text{ном}}$  – номинальная частота вращения вакуумного насоса, об/мин;

$n_{\text{изм}}$  – частота вращения вакуумного насоса при –50 кПа, об/мин.

Вычислительный блок прибора проверки доильных установок ППДУ-01 осуществляет приведение измеренного расхода воздуха к стандартным условиям по ГОСТ 2939-63 или ISO 6690:2007.

При диагностировании вакуумных насосных станций иностранного производства в меню прибора ППДУ-01 активируют режим «ПРИ РАБОЧЕМ ДАВЛЕНИИ» или «ПРИ ДАВЛЕНИИ –50 кПа», в которых осуществляется приведение расхода воздуха по формуле (2) или (3), соответственно.

Рассмотрим методику анализа диагностических данных на примере вакуумной насосной станции СН-60А с водокольцевым вакуумным насосом.

Согласно технической характеристики насосной станции СН-60А максимально развиваемое ею вакуумметрическое давление [ $p$ ] составляет –80 кПа [10]. Фактическое значение разрежения  $p$  может быть ниже допустимого [ $p$ ] из-за утечек воздуха, которые подразделяются на внешние и внутренние.

При внешней утечке воздух поступает внутрь насоса через неплотности всасывающего патрубка 6 (рисунок 2), изношенное торцевое уплотнение ротора 10 или негерметичные соединения подпиточной трубки 11.

Внутренняя утечка обусловлена перетеканием воздуха внутри корпуса 7 насоса из выходного патрубка 4 во всасывающий патрубок 6 вследствие увели-

ченного зазора между ротором *10* и торцевой крышкой с выходным *5* и всасывающим *9* окнами. Утечка также происходит в случае нарушений герметичности отдельных полостей, образующихся между лопастями вращающегося ротора *10* и поверхностью водяного кольца *8*. Ее причинами могут являться как механические повреждения ротора (облом, трещины, сколы лопастей), так и недостаточная толщина водяного кольца вследствие засорения подпиточной трубки *11* или недостаточного уровня воды в баке *1* насосной станции.

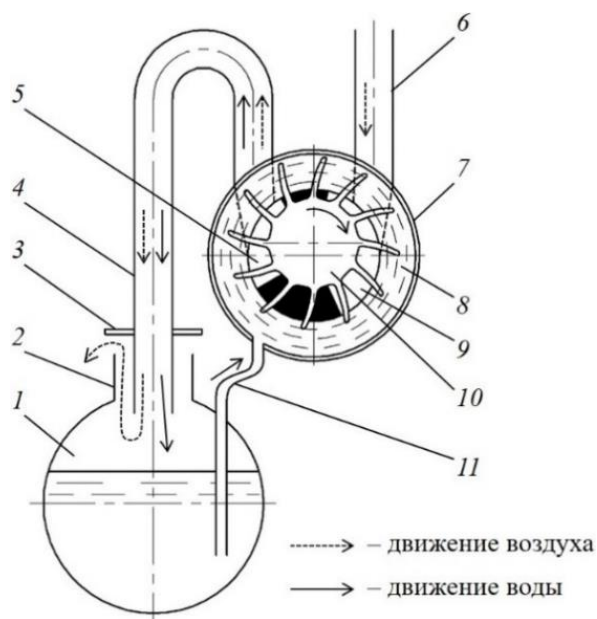


Рисунок 2 - Конструктивно-технологическая схема вакуумной насосной станции СН-60А: *1* – бак; *2* – горловина; *3* – брызгозащитный диск; *4* – выходной патрубков; *5* – выходное окно; *6* – всасывающий патрубок; *7* – корпус; *8* – водяное кольцо; *9* – всасывающее окно; *10* – ротор; *11* – подпиточная трубка

Номинальная подача насосной станции СН-60А при вакуумметрическом давлении  $-50$  кПа составляет  $(65 \pm 5)$  м<sup>3</sup>/ч. Проверка фактической подачи осуществляется при проведении технического обслуживания ТО-2, выполняемого через каждые 1200 часов работы. Вакуумная станция считается технически исправной, если фактическое значение подачи  $Q$  составляет не менее 80 % от номинального, т. е. не менее 48 м<sup>3</sup>/ч или 800 л/мин [10].

Факторами, приводящими к снижению подачи вакуумного насоса, помимо вышеописанных механических повреждений ротора *10* и засорения подпиточ-

ной трубки 11, могут являться крупные отложения накипи в пространстве между лопастями ротора, повышенная температура воды в баке 1 и чрезмерное сопротивление движению воздуха в выходном патрубке 4.

Образование толстого слоя накипи на лопастях ротора водокольцевого вакуумного насоса происходит по причине высокой концентрации солей кальция и магния в воде. Чем больше этих солей, тем более «жесткой» является вода. Крупные отложения накипи сокращают полезный объем полостей между лопастями ротора. Покрытый накипью ротор за один оборот перемещает меньший объем воздуха, что закономерно приводит к снижению подачи вакуумного насоса в целом.

Также негативное влияние на подачу водокольцевого вакуумного насоса оказывает повышение температуры воды в баке насосной станции. Увеличение температуры водяного кольца приводит к большему нагреву воздуха внутри насоса, что, в соответствии с законами термодинамики, влечет за собой увеличение его объема. Тепловое расширение воздуха внутри вакуумного насоса неизбежно приводит к снижению эффективности его работы. Например, подача вакуумной насосной станции СН-60А снижается на 20 % при повышении температуры воды в ее баке с 20 до 50 °С [10].

При этом следует отметить, что нагрев воды в баке во время работы водокольцевого вакуумного насоса неизбежен. Для технически исправной вакуумной насосной станции СН-60А рост температуры воды со скоростью 30 С за 1 час работы является нормой [11]. Более быстрый нагрев воды может происходить из-за неправильной сборки насоса, в результате которой не обеспечивается необходимый зазор между торцом ротора 10 и крышкой с всасывающим 9 и выходным 5 окнами. Отсутствие зазора вызывает трение деталей друг о друга с выделением дополнительной теплоты.

Скорость нагрева воды также зависит от ее количества в баке: чем меньше объем воды, тем быстрее она будет нагреваться. Оптимально бак вакуумной насосной станции всегда должен быть заполнен водой до метки «МАХ» на его боковой поверхности.

Третьим фактором снижения подачи является избыточное сопротивление движению воздуха в выходном патрубке насоса. Вместе с воздухом в выходной патрубок водокольцевого насоса также поступает и некоторое количество воды. С целью уменьшения расходования воды при работе насоса, конец выходного патрубка 4 заведен в горловину 2 водяного бака 1, внутри которого происходит разделение воздушно-водяной смеси: вода остается в баке, а воздух выходит наружу через Г-образный зазор между патрубком, горловиной и брызгозащитным диском 3. Сокращение проходного сечения этого зазора, например, по причине слишком низкого расположения брызгозащитного диска, создает избыточное давление (противодавление) в выходном патрубке, что, в свою очередь, приводит к уменьшению подачи вакуумного насоса.

### **Выводы**

Применение современных диагностических комплексов обеспечивает комплексную оценку технического состояния вакуумных насосных станций доильных установок, что позволяет на раннем этапе выявлять возможные неисправности и продлевать срок службы оборудования. Однако, ввиду различий в нормативно-технической документации стран СНГ и дальнего зарубежья, при анализе результатов диагностирования доильного оборудования, и особенно вакуумных насосных станций с частотным регулированием величины создаваемого разрежения, следует использовать соответствующие методы интерпретации получаемых экспериментальных данных.

### **Литература**

1. Китун А.В., Бусел И.П., Передня В.И. Организационно-экономическая оценка машин и машинных технологий в животноводстве и птицеводстве: учебно-методическое пособие. Минск, 2008. 123 с.
2. Обеспечение микроклимата на животноводческих объектах / С.И. Козлов, С.А. Бортник, В.М. Кузюр и др. // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2021. № 1 (20). С. 195-201.
3. Рекомендации по техническому сервису доильного оборудования / М-во сельского хозяйства и продовольствия Респ. Беларусь, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»; подгот.: С.К. Карпович и др.; под общ. ред. С.К. Карповича. Минск: БГАТУ, 2015. 124 с.
4. Китун А.В., Крупенин П.Ю. Методика анализа результатов диагностирования вакуумных насосных станций доильных установок // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. 2021. № 3. С. 136–140.
5. Модернизация охладителя молока сезонного / С.И. Козлов, С.А. Бортник, В.М. Ку-

зюр, С.И. Будко // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2021. № 1 (20). С. 207-212.

6. Приборы проверки доильных установок ППДУ-01 // Государственный информационный фонд по обеспечению единства измерений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://oei.by/grsi/view?id=4391357>. – Дата доступа: 04.04.2021.

7. Газы. Условия для определения объема: ГОСТ 2939-63. Введ. 01.01.1964. М.: ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», 1965. 4 с.

8. Установки доильные. Механические испытания: ISO 6690:2007. Введ. 15.02.2007. Женева: Международная организация по стандартизации, 2007. 48 с.

9. Развернутый структурный анализ систем автоматизации сельскохозяйственной техники / С.И. Козлов, С.А. Бортник, В.М. Кузюр, С.И. Будко // Технический сервис машин. 2021. № 4 (145). С. 62-68.

10. Станция насосная СН-60А. Технический паспорт / ОАО «Гомельский мотороремонтный завод». Гомель, 2014. 16 с.

11. Крупенин П.Ю., Гупало Д.К. Экспериментальное определение тепловых потерь вакуумного насоса водокольцевого типа // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сб. науч. работ. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2019. С. 287–291.

УДК 631.3:547.992

## ***БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ***

***Кулик А.М.***

***Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Беларусь  
к.т.н., Крупенин П.Ю.***

***Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Беларусь***

## ***BIOCHEMICAL PREREQUISITES FOR IMPROVING TECHNOLOGIES FOR OBTAINING HUMIC ACIDS***

***assistant, A.M. Kulik***

***Belarusian state agricultural Academy, Belarus  
Candidate of Engineering Sciences, P.Y. Krupenin  
Belarusian state agricultural Academy, Belarus***

**Аннотация.** В статье рассмотрены предпосылки к совершенствованию технологий получения гуминовых кислот в контексте факторов воздействия этих веществ на объекты живой природы и имеющегося практического опыта их использования в сельском хозяйстве.

**Annotation.** *The article discusses the prerequisites for improving the technologies for obtaining humic acids.*

**Ключевые слова:** гумус, гуминовые кислоты, применение, животноводство, растениеводство.

**Keywords:** *humus, humic acids, application, animal husbandry, crop production.*

### **Введение. Постановка задачи.**

Гуминовые вещества возникают в результате природных процессов разложения органических остатков в почве. Именно эти вещества являются накопи-

телями плодородия почв, обладают способностью влиять на обменные процессы, выделяя в почвенный субстрат физиологически активные вещества и элементы питания, обеспечивающие интенсивное развитие почвенной микробиоты, растительных организмов и биоценозов в целом [1].

### **Результаты эксперимента. Анализ эксперимента.**

В настоящее время отсутствует полное понимание причин и механизмов воздействия гуминовых кислот на объекты живой природы, но вместе с тем большинство ученых сходятся во мнении, что эти вещества обладают аккумуляторной, транспортной, регуляторной, протекторной и физиологической функциями.

*Аккумуляторная функция* в наибольшей степени характерна для гуминовых кислот и гумина. Ее сущность заключается в накоплении и связывании молекулами гуминовой кислоты наиболее важных элементов питания живых организмов [2].

*Транспортная функция* заключается в формировании водных геохимических потоков минеральных и органических веществ за счет образования устойчивых, но сравнительно легкорастворимых комплексных соединений гумусовых кислот с катионами металлов или гидроксидами. Данная функция в некоторой степени противоречит аккумулятивной функции, поскольку их результаты прямо противоположны, что лишнее раз подчеркивает многообразие свойств гуминовых веществ [2].

В *регуляторной функции* гуминовых веществ можно выделить несколько главных составляющих: 1) формирование почвенной структуры и водно-физических свойств почв; 2) регулирование реакций ионного обмена между твердыми и жидкими фазами; 3) влияние на кислотно-основные и окислительно-восстановительные режимы; 4) регулирование условий питания живых организмов путем изменения растворимости минеральных компонентов; 5) регулирование теплового режима почв и атмосферы, включая проявления парникового эффекта [2].

*Протекторная функция* позволяет гуминовым веществам связывать ток-

сичные вещества (пестициды, углеводороды, фенолы), а также радиоактивные элементы, в малоподвижные или трудно диссоциируемые соединения. Защитная функция гуминовых веществ настолько велика, что богатые ими почвы могут полностью предотвратить поступление в грунтовые воды ионов свинца и других токсичных веществ [2].

Многими исследователями установлено, что гуминовые кислоты и их соли оказывают *физиологическое воздействие* на живые организмы, заключающееся в стимулировании прорастания семян, активизации дыхания растений, повышении продуктивности крупного рогатого скота, свиней и птицы [2].

Вышеперечисленные функции гуминовых кислот обуславливают их практическое применение в качестве удобрений и стимуляторов роста растений, кормовых добавок для животных и птицы, почвенных активаторов и сорбентов тяжелых металлов и нефтепродуктов [3].

Имеющийся опыт применения гуминовых кислот в растениеводстве показывает, что они не только благотворно влияют на рост и развитие растений, но также повышают их устойчивость к неблагоприятным условиям и стрессам.

Многолетними исследованиями установлено, что использование жидкого гуминового препарата Биовермтехно для некорневой подкормки озимой пшеницы способствует раннему и равномерному появлению всходов, обеспечивает формирование более мощной корневой системы, что повышает уровень перезимовки растений на 5,5 %. В совокупности это повысило плотность стеблестоя на 38...77 шт./м<sup>2</sup> и обеспечило прирост урожайности на 2,3...5,0 ц/га по сравнению с контролем. Также имеются экспериментальные данные о том, что при опрыскивании озимой пшеницы растворами гуматов в 0,01%-ной концентрации повышает содержание клейковины в зерне на 2 % [3].

Эффективным приемом для зерновых культур является предпосевная обработка семян гуматом натрия. Например, при протравливании семян зерновых культур прибавка урожая для озимой пшеницы составила в среднем 2,6 ц/га, для ячменя и овса – 2,7 ц/га. Предпосевная обработка семян кукурузы гуминовыми препаратами повышает урожай зерна в среднем на 3,2 ц/га, силосной массы – на 20 ц/га.

Комплексное использование гуминовых препаратов при возделывании сельскохозяйственных культур по сравнению с их однократным применением обеспечивает больший эффект. Например, использование гуминового препарата Гуматадор только для предпосевной обработки семян или некорневой подкормки кукурузы позволило получить прибавку к урожайности зеленой массы в 45,36 и 64,28 ц/га, соответственно. При использовании этого же препарата одновременно для протравливания семян и подкормки растений при возделывании кукурузы на зеленую массу обеспечило прибавку урожайности в 90,66 ц/га [4].

Также эффективно использование жидких комплексных гуминовых удобрений при выращивании овощных культур. В условиях закрытого грунта они обеспечивают прибавку урожая огурцов на 10...15 %, томатов – 4,0...9,5 %, сладкого перца – 5...16 %, лука на перо и салата кочанного – 16...25 % [5].

Применение гуминовых удобрений повышает урожайность картофеля на 32...45 ц/га для сорта Сантэ и 13...45 ц/га для сорта Орбита. При этом также улучшается качество сельскохозяйственной продукции, что выражается в увеличении содержания крахмала в клубнях картофеля на 1,8...2,7 %. Также отмечается пролонгирование действия таких удобрений в последующие годы.

Гуминовые препараты показывают свою эффективность и в садоводстве [6]. Например, внекорневые подкормки яблонь 0,005%-ным раствором гумата натрия повышают урожай в зависимости от сорта на 7...12 %, а при его одновременном внесении с 0,5%-ным раствором мочевины – на 21...28 %. Расход рабочей жидкости при опрыскивании составляет 1200 л/га.

Протекторная функция гуминовых веществ может быть использована для снижения угнетающего воздействия на растения пестицидов, накапливающихся в почве при интенсивном использовании химических средств защиты. Имеются результаты исследований, что при обработке предшествующей культуры гексахлораном с нормой внесения 24 кг/га всходы ячменя отставали на 2...5 дней от контроля, а урожайность снижалась с 47,2 ц/га до 37,2 ц/га. Однако, при внесении гуминового препарата Гумофос в количестве 20 т/га, угнетающее воздействие гексахлорана блокируется и урожайность ячменя повышается до 45,6



ц/га, т. е. практически до уровня контрольного участка, на котором обработка пестицидами предшествующей культуры не проводилась. Это позволяет судить о том, что гуминовые препараты ускоряют разложение гексахлорана, что уменьшает его поступление в растения, а следовательно, и их угнетение.

Гуминовые препараты могут использоваться не только в растениеводстве, но и на животноводческих предприятиях в качестве кормовых добавок для животных и птицы. Имеются экспериментальные данные об их положительном влиянии на скорость роста животных, сопротивляемость заболеваниям и устойчивость к неблагоприятным условиям внешней среды. Также гуминовые препараты могут быть использованы в качестве адсорбентов микотоксинов в кормах.

При добавлении гумата калия в рацион дойных коров среднесуточный надой увеличился на 18...20% с одновременным сокращением расхода обменной энергии и сырого протеина сухого вещества корма на 13,5-14,5%, по сравнению с контрольной группой животных [7, 8].

Скармливание нитрогуминового препарата в порошкообразном и жидком виде поросётам-сосунам способствовало повышению среднесуточного прироста по сравнению с контрольной группой на 20,6 и 42,8 г, соответственно.

Применение малых доз гуминовых кислот в качестве биологически активных добавок к кормам птицы улучшает обмен веществ, увеличивает прирост массы и повышает сопротивляемость организма к неблагоприятным условиям

При вводе гуминовых добавок в рацион бройлеров прирост живой массы увеличивается на 2,60...2,85 % при снижении потребления кормов на 2,3...6,4 %. При этом сохранность поголовья повышается на 5,72...8,57 %. Достаточной дозой для обеспечения указанного эффекта является 200...400 г гуминового препарата на 1 т корма.

Биологическая активность гуминовых кислот, характеризующаяся положительным влиянием на рост и развитие растений, обусловлена активизацией их биохимических и биофизических процессов. Гуминовые кислоты также повышают устойчивость растений к неблагоприятным условиям и защищают их от угнетающего воздействия пестицидов. При поглощении растениями гумино-

вых кислот они могут экономить собственную энергию, что обуславливает лучшее их развитие и устойчивость перед болезнями.

В животноводстве гуминовые препараты применяются в качестве кормовых добавок ускоряющих рост животных и птицы, повышающих их продуктивность и снижающих показатели заболеваемости и падежа.

Анализ биохимических функций и опыта применения гуминовых кислот в сельском хозяйстве позволяет сделать вывод о том, что использование этой группы гуминовых веществ в составе комплексных удобрений, а также в качестве стимуляторов роста растений или кормовых добавок, обеспечивает положительный практический эффект. Возрастающий интерес к технологиям органического сельского хозяйства в совокупности с имеющимся положительным эффектом использования гуминовых веществ, могут послужить факторами увеличения спроса на такие препараты, что потребует совершенствования технологий их производства.

#### Литература

1. Кулик А.М., Крупенин П.Ю., Курзенков С.В. Результаты отсеивающего эксперимента по обработке торфа кавитационным диспергатором при получении гуминовых кислот // Вестник БГСХА / редкол.: Е.П Савчиц (гл. редактор) и др. Горки, 2021. 220 с.
2. Горовая А.И., Орлов Д.С., Щербенко О.В. Гуминовые вещества. Киев: Наук. думка, 1995. С. 304.
3. Гаврилов С.В. Комплексная переработка торфа на биопродукты: дис. ... канд. техн. наук : 05.21.03. Казань, 2017. 152 с.
4. Мустафаева Ф.С. Агроэкологическое обоснование приемов применения гуминовых микроудобрений в технологии возделывания кукурузы и яровой пшеницы на кормовые цели в условиях центрального района нечерноземной зоны России: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 ; Твер. гос. с.-х. акад. Караваево, 2017. С. 121.
5. Торфогуминовые удобрения и их использование в овощеводстве: рекомендации. Л. : ВНИИТП, 1990. 33 с.
6. Кузюр В.М., Будко С.И., Киселева Л.С. Обоснование предлагаемой конструкции транспортера загрузки бункера // Инновации и технологический прорыв в АПК: сборник научных трудов международной научно-практической конференции. 2020. С. 235-239.
7. Разработка конструкции универсального измельчителя кормов / В.И. Самусенко В.М. Кузюр С.И. Будко и др. // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2021. № 1 (20). С. 191-195.
8. Микитюк В.В., Цап С.В., Бегма Н.А. Использование гумата калия в кормлении продуктивных животных // Гуминовые вещества и фитогормоны в сельском хозяйстве. Днепропетровск, 2010. С. 176-177.

**СКАРИФИКАЦИИ СЕМЯН ГАЛЕГИ, КАК ПУТЬ ПОВЫШЕНИЯ  
ПРОДУКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВ**

*м.т.н., К.А. Мачёхин*

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Беларусь*

**SCARIFICATION OF GALEGA SEEDS, AS A WAY TO INCREASE PRODUCTIVITY  
FEED PRODUCTION**

*Master of Technical Sciences, teacher, K. Machokhin*

*Belarusian state agricultural Academy, Belarus*

**Аннотация.** В статье описаны перспективы использования «Галеги Восточной» в качестве комовой культуры для кормления сельскохозяйственных животных, необходимость скарифицирования посевного материала с плотной оболочкой семян. Рассмотрены применяемые методы скарификации семенного материала.

**Annotation.** *The article describes the prospects of using "Galega Vostochnaya" as a lump crop for feeding farm animals, the need for scarification of seed material with a dense seed shell. The applied methods of scarification of seed material are considered.*

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, галега, скарификация, комовая культура, всхожесть, зеленая масса.

**Keywords:** *agriculture, galega, scarification, lump culture, vsho-tin, green mass.*

**Введение.** Основной стратегической целью отечественного агропромышленного комплекса является обеспечение населения основными продуктами питания (зерном, молоком, мясом и др.) за счет собственного производства, по доступным ценам для населения. Отдавая приоритеты развитию животноводства, следует выделить слабые места в этой отрасли и рассмотреть пути снижения их отрицательного влияния на рентабельность производства.

В проблеме обеспечения населения продуктами животноводства главным является система кормопроизводства – заготовки и использования кормов. Это определяет необходимость обеспеченности животных качественными кормами и организацию бесперебойных зеленых конвейеров в летнее время [1].

Увеличение в рационах крупного рогатого скота высококачественного сена и сенажа из однолетних и многолетних злаково-бобовых смесей позволит повысить обеспеченность животных белком, минеральными и витаминными компонентами, что положительно скажется на продуктивности животных в виде молочной продукции и продуктивной массы.

Высокоэффективное производство бобовых и злаковых трав является сего-

дня одной из важных задач в кормопроизводстве. Многолетние травы – это не только высокоэкономичный резерв создания качественной и сбалансированной по элементам питания кормовой базы, но и элементы системы земледелия, улучшающие структуру почвы и обеспечивающие сохранность ее плодородия, что в условиях дефицита ресурсов становится условием высокоэффективного хозяйствования.

**Основная часть.** При выращивании многолетних трав важное значение имеет качество семян, а именно состояние их оболочки. В среднем около 10...15 % семян бобовых трав имеют труднопроницаемую для воды и воздуха оболочку, которая препятствует их набуханию в почве. Как следствие семена с такой оболочкой позже всходят и дают меньший урожай, а при недостаточной влажности почвы вообще не всходят. Наличие плотной оболочки приводит к торможению всходов и безвозвратной потере части высеянных дефицитных семян бобовых высокобелковых культур. Кроме того, неравномерные всходы значительно снижают урожайность и общую продуктивность растительной массы.

Для предотвращения негативного влияния плотной оболочки семян на рост и развитие растения необходимо перед посевом выполнить скарификацию, т. е. частично разрушить твердую оболочку семян, под действием термического, механического или химического воздействия. В результате скарификации на твердой оболочке семян образуются царапины и трещины, через которые проходит влага и воздух, в следствии чего семена быстрее набухают и прорастают. Всхожесть семян и скорость их прорастания при этом существенно увеличивается. Получаемые всходы выравниваются и дают больший урожай.

При термической скарификации семена помещают сначала в кипяток, а затем в ледяную воду. Процедуру повторяют несколько раз. Оболочка семени постепенно разрушается, внутрь проникает влага, и весной, при наступлении постоянных положительных температур, семя быстрее прорастает.

При химической скарификации оболочку размягчают, воздействуя на нее концентрированными кислотами.

При механической скарификации оболочка семени подвергается воздействию рабочего органа шлифовальной машины, скарификатора [2].

Необходимо отметить, что механическая скарификация нашла более широкое применение для семян сельскохозяйственных культур, поскольку такая технология является наиболее безопасной и производительной по сравнению с другими. Однако при работе механического скарификатора необходимо очень точно настроить рабочий орган во избежание чрезмерного разрушения оболочки и повреждения зародыша семени, что может привести к гибели семени.

На современном этапе возделывания многолетних бобовых кормовых культур в странах СНГ набирает популярность культура – «Галега восточная». Эта культура должна занять достойное место на отечественном «кормовом поле».

Если при посеве галеги выполнить правильно все необходимые технологические процессы, то на поле можно приезжать лишь за кормами. Галега не требует ни ядохимикатов, ни удобрений, а наоборот, насыщает почву азотом. Она единственная бобовая культура, у которой при сушке не облетает лист. Вегетационные возможности культуры позволяют практически сразу после весенней посевной кампании начинать кормозаготовку.

Преимущества выращивания галеги еще в том, что ею можно занимать малоконтурные и закамененные поля, непригодные для выращивания других культур. Зачем несколько раз в год гонять технику и нести немалые расходы на участках в 2...5 га, если можно посеять высокопродуктивную многолетнюю культуру, такую как галега, и забыть о них. На одном из полей галега росла двадцать лет подряд и все это время давала достойный урожай [3].

Данный показатель заставляет специалистов задуматься о скарификации семян данной культуры, с целью увеличения всхожести. Использование скарифицированного посевного материала, по предварительной оценке, позволит повысить всхожесть семян на 12-17% по сравнению с базовым вариантом.

### **Заключение.**

Производство кормов для отечественного аграрного сектора является одной из ключевых задач. Перспективной кормовой культурой с большим потенциалом для Республики Беларусь является «Галега Восточная». Для получения выровненных всходов и как следствие хорошего урожая семени этой культуры

нуждаются в скарификации. Для ее осуществления с высокой эффективностью необходимо планомерно разработать конструкцию и подобрать оптимальные режимы работы механического скарификатора. Высев скарифицированных семян «Галеги Восточной» на территории Республики Беларусь позволит повысить рентабельность производства кормов в нашей стране.

#### **Литература**

1. Разработка конструкции универсального измельчителя кормов / В.И. Самусенко В.М. Кущюр С.И. Будко и др. // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2021. № 1 (20). С. 191-195.
2. Михеев Д.А. Дрожирование семян сахарной свеклы центробежным дрожиратором с лопастным отражателем: монография / под ред. Д.А. Михеева. Горки. 2017. 180 с
3. Областная газета Витебские вести [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vitvesti.by/economy/samye-bolshie-ploshchadi-galegi-v-belarusi-nakhodiatsia-v-krestianskom-khoziaistve-rodnik-shumilinskogo-raiona.html>, свободный. – (дата обращения: 20.10.2021).

УДК 631.53.01:533.9.082.74

### ***ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА ПРИ ЕГО СТИМУЛИРОВАНИИ СВЧ ПОЛЕМ***

***Симченков А.С.***

***Белорусская государственная сельскохозяйственная академия  
Республика Беларусь***

### ***INFLUENCE OF TEMPERATURE REGIMES ON THE QUALITATIVE INDICATORS OF SEED MATERIAL WHEN ITS STIMULATION BY A MW FIELD***

***Simchenkov A.S.***

***Belarusian State Agricultural Academy  
Republic of Belarus***

**Аннотация.** Повышение урожайности сельскохозяйственных культур - одна из важнейших задач, которую вместе с селекционерами и агрономами в последние годы успешно решают физики, биофизики и инженеры. Материалом для опытов служил ячмень «Гонар» кондиционной влажности 14%. Для проведения опытов разработана и изготовлена лабораторная установка на основе конструкции микроволновой печи Samsung M1712NR с рупором разработанным ООО НПП «Белама плюс».

**Annotation.** Increasing the yield of agricultural crops is one of the most important tasks that, together with breeders and agronomists, has been successfully solved in recent years by physicists, biophysicists and engineers. The material for the experiments was Gonar barley with a standard moisture content of 14%. To carry out the experiments, a laboratory setup was developed and

*manufactured based on the design of the Samsung M1712NR microwave oven with a horn developed by LLC NPP Belama Plus.*

**Ключевые слова:** урожайность, ячмень, микроволновая печь.

**Keywords:** yield, barley, microwave.

### **Введение. Постановка задачи.**

Воздействие электромагнитных полей на семенной материал может приводить к различным эффектам, проявление которых зависит в основном от частоты, мощности излучения и времени воздействия. К таким эффектам можно отнести: стимуляцию семян; их возбуждение или подавление [1, 2]. В режиме стимуляции происходит небольшая прибавка по проценту всхожести семян (порядка 2,5%) и более быстрое их развитие. В режиме возбуждения происходит максимальная прибавка по проценту всхожести, а в режиме подавления процент всхожести ниже контрольного, и растения развиваются медленнее, или вообще не развиваются [2].

Обработка зернового материала сверхвысокими частотами (СВЧ) приводит к стимуляции метаболизма биоклеток семян: повышению активности ферментов (в частности амилазы), активизации всхожести, энергии прорастания и силы роста. С увеличением доз вначале наблюдаются стрессовые явления в биоклетках, а затем их агония и некроз (гибель) [3].

### **Аналитический обзор.**

Установлено [4], что нагрев семян в ЭМП СВЧ до 35-45°C не приводит к снижению их посевных качеств. Дальнейшее увеличение температуры нагрева семян влечет уменьшение этих показателей, причем особенно резко в области температур свыше 50-60°C. Первое явление объясняется термоактивацией биологических процессов в семенах, второе - необратимыми температурными изменениями (денатурацией) белков.

Установлено, что технологический процесс обработки семян определяется совокупностью следующих параметров: частота, мощность (или энергия) на единицу массы, время обработки, время отлежки, температура нагрева [5].

Исследования, которым посвящена данная статья, направлены на изучение влияния температуры нагрева семян при СВЧ-обработке зернового материала

на качественные показатели посевного материала: активизацию всхожести, энергию прорастания и силу роста.

С целью изучения влияния температуры нагрева зернового материала был изготовлен специальный прямоугольный контейнер размером (2,0x2,0x30 см), который заполнялся зерновым материалом и помещался в лабораторную установку. Контейнер разделялся на 8 секций. Температура контролировалась с помощью термодатчика. После обработки проба извлекалась для проведения всхожести, энергии прорастания и силы роста.

Всхожесть и энергию прорастания определяли согласно ГОСТ 10467-91.

Таблица 1 - Энергия прорастания и всхожесть семян (средние значения по 4-м повторностям)

Вариант опыта	Количество зерен, проросших через 3 суток, шт.	Энергия прорастания, %	Количество зерен, проросших через 7 суток, шт.	Всхожесть, %
Контроль (без обработки)	34	34	46	46
Режим ( $t_{M,}$ - 30°C)	42	42	52	52
Режим ( $t_{K,}$ - 34°C)	43	43	52	52
Режим ( $t_{KO,}$ - 37°C)	43	43	53	53
Режим ( $t_{O,}$ - 40°C)	41	41	48	48
Режим ( $t_{KO,}$ - 42°C)	38	38	43	43
Режим ( $t_{K01}$ - 49°C)	34	34	36	36
Режим ( $t_{,}$ - 52°C)	33	33	35	35
Режим ( $t_{,H}$ - 56°C)	32	32	35	35

Результаты исследований влияния СВЧ-обработки на посевные качества семян приведены в таблицах 1 и 2.

Анализ таблицы 1 показывает, что наибольшее энергии прорастания наблюдается в диапазоне изменения температуры 30...40°C, увеличение всхожести наблюдается в диапазоне температур 30...42°C. Дальнейшее увеличение температуры приводит к снижению всхожести и энергии прорастания, что связано с денатурацией белка и подтверждается в работе [4].

Анализ таблицы 2 показывает, что наибольшая интенсивность роста про-



ростков, главного корешка и других корешков наблюдается в диапазоне температур 30...42°C. Дальнейшее увеличение температуры приводит к снижению интенсивности роста.

Таблица 2 - Всхожесть семян и интенсивность роста корешков и проростков (средние значения по 4-м повторностям)

Вариант	Всхожесть, %	Интенсивность роста, см / 7 дней		
		проросток	главный корешок	другие корешки
Контроль (без обработки)	46	6,24	8,98	6,71
Режим ( $t_{КО,}$ - 30°C)	52	8,54	11,90	8,46
Режим ( $t_{КО,}$ -34°C)	52	10,11	12,90	8,79
Режим (и, - 37°C)	53	9,92	13,88	10,32
Режим (U, - 40°C)	48	9,76	12,60	9,35
Режим ( $t_{КО,}$ - 42°C)	43	9,52	11,46	8,42
Режим ( $t_{,,,,}$ - 49°C)	36	7,15	9,38	6,88
Режим ( $t_{,,,,}$ -52°C)	35	6,73	9,23	6,57
Режим ( $t_{ral}$ - 56°C)	35	6,70	9,14	7,01

### Выводы.

1. Исследованы температурные режимы обработки семенного материала СВЧ полем в результате которых определен диапазон рабочих температур при предпосевной обработке семян 30...45°C.

2. Анализ экспериментальных исследований показывает, что наблюдаются режимы стимуляции, активизации и угнетения при обработке СВЧ полем в зависимости от конечной температуры обработки.

### Литература

1. Барышев М.Г., Касьянов Г.И. Воздействие электромагнитных полей на биохимические процессы в семенах растений // Известия вузов. Пищевая технология. 2002. № I. С. 21-23.
2. Кондратьева Н.П. Предпосевная обработка семян зерновых культур // МЭСХ. 2002. № 8. С. 9-10.
3. Пахомов В.И., Ионова Е.В. Активизация посевных свойств семян СВЧ-обработкой // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. 2004. № 4. С 5-6.

4. Ионова Е.В. Влияние электромагнитного поля сверхвысокой частоты на посевные, биохимические и физиологические качества семян сорго и других культур: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Дон. зон. НИИСХ. пос. Рассвет, 2003. 26 с.

5. Изаков Ф.Я. Направления и результаты исследований по использованию энергии СВЧ в сельскохозяйственном производстве // Использование СВЧ энергии в сельскохозяйственном производстве. Зериоград, 1989. С. 14-18.

УДК 621.516

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ ВАКУУМНЫХ ВОДОКОЛЬЦЕВЫХ НАСОСОВ**

**Нащинцев А.И. м.т.н., Мачёхин К.А.**

**Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Беларусь**

## **MODERNIZATION OF VACUUM WATER RING PUMPS**

**Engineer A. Naschintsev**

**Master of Technical Sciences, teacher, K. Machokhin**

**Belarusian state agricultural Academy, Belarus**

**Аннотация.** Работая много лет с водокольцевыми насосами, эксплуатируя их при проведении занятий со студентами подталкивает нас к модернизации этих насосов. В этой статье представлены наиболее важные проблемы и пути предполагаемого их решения, которые возникают в процессе работы водокольцевых насосов. Ведущее предприятие ОАО «Гомельагрокомплект» по производству водокольцевых насосов приняло во внимание все эти усовершенствования, тем самым продлив срок эксплуатации насосных установок и сэкономив на этом денежные и материальные средства.

**Annotation.** Having worked with water ring pumps for many years, operating them during classes with students pushes us to modernize these pumps. This article presents the most important problems and ways of their proposed solutions that arise during the operation of water ring pumps. The leading enterprise of JSC "Gomelagrocomplect" for the production of water-ring pumps took into account all these improvements, thereby extending the service life of pumping units and saving money and material resources on this.

**Ключевые слова:** вакуум, водокольцевой насос, насосная станция, бак, фильтр, модернизация.

**Keywords:** vacuum, water ring pump, pumping station, tank, filter, modernization.

**Введение.** Без вакуума невозможно производить машинное доение коров. Насос, который вырабатывает вакуум, является одним из главных элементов любой доильной установки. Нет вакуума – нет доения. Сейчас невозможно представить, когда дойное стадо осталось не выдоенным по причине отсутствия вакуума. Надежность в работе вакуумных насосов – это залог успешной работы целой отрасли в сельском хозяйстве.

**Основная часть.** В настоящее время водокольцевые насосы получили широкое применение на молочных фермах и комплексах с целью обеспечения доиль-

ных установок вакуумом. Это вызвано рядом особенностей как с экологической точки зрения, так и с практической. Кроме того, они менее прихотливы в техническом обслуживании. Большим достоинством этих насосов является отсутствие трущихся деталей и незначительный уровень шума при работе. Во время эксплуатации износу подвергается только вал, подшипники и уплотнения вала.

Ценным свойством водокольцевых вакуумных насосов для применения на доильных установках является их повышенная экологическая безопасность. При использовании ротационных насосов во время работы на пластины подается масло. Высокая температура пластин вызывает крекинг масла испарение продукции разложения. Молекулы масел испаряются и распространяются во всех направлениях. Поскольку вакуумный трубопровод доильной установки соединяется с молочным трубопроводом, то пары масел попадают и в молокопровод, и далее в молоко.

Принцип работы водокольцевого вакуумного насоса показан на рисунке 1. Сначала в корпус вакуумного насоса заливается вода. При вращении ротора, лопатками создается вращающееся водяное кольцо. Поскольку ось ротора расположена эксцентрично по отношению к оси корпуса, между лопатками ротора и водяным кольцом образуются воздушные камеры. Объем воздуха между лопатками ротора будет постепенно увеличиваться от области всасывания и уменьшаться в области нагнетания.

Забор воды из водяного бака насоса осуществляется через заборную трубку 7 (рисунок 1). Диаметр трубки 8-10 мм. Это обусловлено объемом воды, которая находится во вращающемся водяном кольце.

Изменение диаметра заборной трубки вызывает изменение объема воды в насосе и объема воздушных камер, а, следовательно, и его производительность.

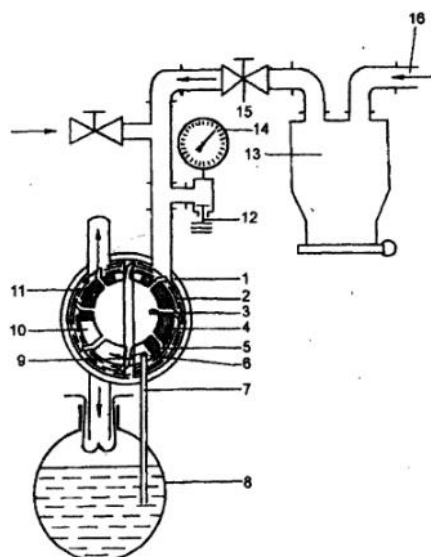


Рисунок 1 - Технологическая схема работы вакуумной станции:

1- корпус; 2 – водяное кольцо; 3 – рабочее колесо; 4 – всасывающее окно; 5 – лопатки рабочего колеса; 6 – всасывающая полость; 7 – трубка; 8 – бак; 9 – отверстие в диске; 10 – нагнетательная полость; 11 – нагнетательное окно; 12 – регулятор вакуума гравитационного типа; 13 – вакуум-баллон; 14 – вакуумметр; 15 – кран; 16 – вакуум-провод.

Во время работы вода, циркулирующая в насосе, нагревается до температуры 60-65 °С. Этот процесс способствует интенсивному образованию накипи (отложению солей, железа на стенках заборной трубки).

Не менее важным фактором, влияющим на этот процесс, является качество используемой воды и время непрерывной работы насоса. В среднем насос работает не менее 6-ти часов в сутки. Таким образом, проходное сечение заборной трубки уменьшается до критического диаметра 5 мм, при этом воды уже недостаточно для образования водяного кольца. Края лопаток не погружаются в водяное кольцо, а значит не изменяются воздушные камеры. Насос прекращает свою работу. В этом случае, как показала практика, начинают разбирать сам насос. Проблема возникает при сборке. Это обусловлено минимальными зазорами ( $0,1 \pm 0,05$  мм) между торцом рабочего колеса и лобовиной. Для этой цели, как правило, нужно использовать специнструмент и стенд.

Прочистить заборную трубку проблематично, так как она вварена сваркой в водяной бак и в конце имеет изогнутую часть.

Предлагается усовершенствовать эту часть насоса. Трубка должна иметь

фланец, который позволит извлекать ее при периодическом техническом обслуживании ТО-1, проводимым через 200-240 часов работы (рисунок 2).

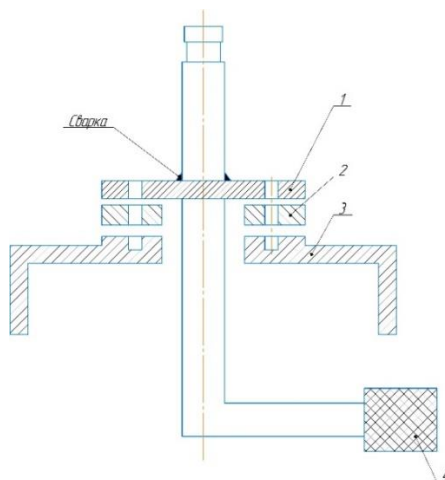


Рисунок 2 - Модернизируемая часть насоса: 1- трубка с фланцем; 2 – резиновая прокладка; 3 – корпус бака; 4 – заборный сетчатый фильтр

Дополнительно на конце заборной трубки необходимо установить съемный, сетчатый фильтр. Это позволит осуществлять забор воды очищенной от механических примесей, образующихся при коррозии стенок бака. В результате продлим срок службы сальника на валу ротора.

Вторым существенным недостатком этих насосов, выпускаемых в Республике Беларусь, является сам водяной бак, а точнее материал из которого он изготовлен. Объем воды составляет  $0,06 \text{ м}^3$  (рисунок 3). Бак 1 представляет собой сварную конструкцию, на опорах 2, опор 3, 4 для крепления рамы, глушителя II, угольников III, IV для подсоединения водомерной трубки 5, трубки подвода воды к насосу, сливной пробки 7.

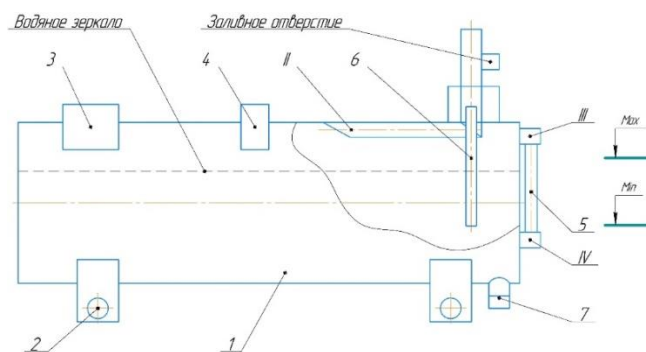


Рисунок 3 - Водяной бак: 1- бак; 2 – опоры; 3, 4 – опоры крепления рамы; 5 – водомерная трубка; 6 – трубка подвода воды; 7 – сливная пробка

Поскольку этот бак заполнен водой до определенного уровня, то по линии водяного зеркала идет интенсивная коррозия металла. Все это сказывается на качестве воды, циркулирующей в насосе. Наблюдая за работой двух насосов, мы установили, что целостность бака сохраняется 5-6 лет. Количество сквозных отверстий достигало 37-40 шт. Применять сварку было нецелесообразно.

Исходя из вышесказанного, мы предлагаем заменить металлический бак на полимерный, тем самым продлим срок эксплуатации и улучшим техническое состояние насосов данного типа. В связи с этим необходимо внести изменения в регламент технического обслуживания.

Техническое обслуживание во время эксплуатации вакуумной установки должно включать:

— ежедневное обслуживание (ЕТО). Проверить уровень воды. При необходимости долить воду;

— периодическое обслуживание ТО-1 (200-240 ч). Проверить уровень воды в баке, при необходимости долить воду. Проверить уровень масла в подшипниковом узле, при необходимости долить. Очистить насос и электродвигатель от загрязнений. Снять заборную трубку и прочистить, промыть фильтр. Проверить надежность соединения контактов заземления. Во время работы насоса необходимо периодически проверять нагрев корпуса подшипников. При нормальной работе подшипника температура корпуса подшипника может быть выше температуры окружающей среды на 20-30 °С. Допускается и более высокая температура при условии, что она устанавливается на одном уровне и дальнейшее ее повышение не наблюдается. Максимальный нагрев подшипников не должен превышать 70 °С;

— периодическое техническое обслуживание ТО-2 (1200 часов). Выполнить техническое обслуживание ТО-1. Проверить производительность насоса. Насос считается работоспособным при снижении производительности до 20% от нормальной. При необходимости разобрать насос и произвести очистку от накипи. Выполнить профилактическое техническое обслуживание электродвигателя согласно норматива (ППРЭСХ). После 4000 ч работы смазать подшипники электродвигателя смазкой ЦИАТИМ-203

## **Заключение.**

Представленные в статье пути решения проблем возникающих при эксплуатации водокольцевых насосов являются неоспоримым фактом эффективного сотрудничества вузовского образования, науки и производства.

УДК 637.05

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСТИТЕЛЬНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЗРАЗ**

*к.с.-х.н., Емельянов А. М., [emelyanoff.lexa2017@yandex.ru](mailto:emelyanoff.lexa2017@yandex.ru)  
Овчинников Д. Д. [ovchinnikoff.dmitrij2014@yandex.ru](mailto:ovchinnikoff.dmitrij2014@yandex.ru)  
Донской государственной аграрной университет, Россия*

**USING HERBAL INGREDIENTS IN  
PRODUCTION TECHNOLOGIES OF ZRAZ**  
*Candidate of Agricultural Sciences, Emelyanov A.M.  
postgraduate student, Ovchinnikov D. D.  
Don State Agrarian University, Russia*

**Аннотация.** Для расширения ассортимента, повышения пищевой и биологической ценности в полуфабрикаты добавляют различные растительные добавки. Одним из таких компонентов в рецептурах мясных полуфабрикатов может быть шпинат. В статье представлены данные о влиянии шпината на органолептические, физико-химические и функционально-технологические свойства разработанных зраз. Доказано положительное влияние шпината на значение влагоудерживающей и влагосвязывающей способности.

**Annotation.** *To expand the assortment, increase the nutritional and biological value, various vegetable additives are added to semi-finished products. Spinach can be one of such components in the recipes of meat semi-finished products. The article presents data on the effect of spinach on the organoleptic, physico-chemical and functional-technological properties of the developed zraz. The positive effect of spinach on the value of moisture-retaining and moisture-binding capacity has been proven.*

**Ключевые слова:** рубленые, полуфабрикаты, зразы, шпинат, рецептура, показатели качества, свинина, говядина.

**Keywords:** *chopped, semi-finished products, zrazy, spinach, recipe, quality indicators, pork, beef.*

## **Введение. Постановка цели или задачи.**

Шпинат (*Spinacia oleracea*) относится к листовым овощам. Он обладает низкой калорийностью и является источником биофлавоноидов, витаминов, минеральных веществ и антиоксидантов, достаточно стойких при тепловой обработке. Среди них можно выделить бета каротин, лютеин, которые являются

активными антиоксидантами. Также в шпинате содержатся витамины группы В, Е, К, кальций, железо [1].

Шпинат широко распространен во многих странах мира, однако в России его употребляют в пищу значительно меньше. Листья шпината широко используются в производстве различных полезных пищевых продуктов, напитков, хлебобулочных изделиях, а также некоторых видов мясных продуктов в качестве пищевой добавки, структурообразующих агентов или красителей [3].

Введение шпината в рецептуру и технологию мясных изделий позволяет получить продукцию с высокими органолептическими свойствами, а содержание в нем вышеназванных пищевых веществ позволяет отнести данные изделия к функциональным [2].

Цель работы заключалась в разработке рецептур и оценке потребительских свойств мясных рубленых полуфабрикатов (зраз) с добавлением шпината. Задачи исследования: разработать рецептурные композиции обогащенных мясных полуфабрикатов (зраз); оценить органолептические показатели качества готовых полуфабрикатов (зраз).

#### **Методика проведения исследований.**

Для определения качественных показателей зраз с добавлением шпината были использованы органолептические методы исследования готовых изделий согласно ГОСТ 50454-93. Объектами исследования были зразы из мяса свинины и говядины с добавлением шпината. Введение шпината, проводили в концентрациях 5, 10 и 15 % к массе мясного сырья. Контрольный образец приготовлен по традиционной рецептуре [4]. Рецептуры контрольного и опытных образцов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Рецептура мясных полуфабрикатов (зраз)

Наименование	Контроль-ный образец	Варьирование дозировки ингредиентов, кг на 100 кг		
		рецептура 1	рецептура 2	рецептура 3
Говядина (котлетное мясо)	30	28	27	25
Свинина (котлетное мясо)	28	26	23	20
Хлеб пшеничный	8	8	8	8
Яйца куриные	10	10	10	10



## Продолжение таблицы 1

Лук репчатый	10	10	10	10
Шпинат	-	10	15	20
Сухари панировочные	6	6	6	6
Соль, г на 100 кг	1000	1000	1000	1000
Перец черный, г на 100 кг	85	85	85	85

Оценка органолептических показателей качества образцов зраз осуществлялась согласно ГОСТ 9959-2015 «Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки» и ГОСТ 31986-2012 «Услуги общественного питания. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания».

### Результаты экспериментов и их обсуждение.

Для оценки качества зраз по органолептическим показателям была разработана 5-балльная шкала. Контрольный и опытные образцы оценивались по органолептическим показателям (таблица 2).

Таблица 2 – Органолептические показатели качества зраз

Наименование показателя	Контрольный образец	Полученный результат
Вкус и запах	Свойственный готовому изделию	Свойственная готовому изделию со вкусом растительного компонента шпината
Внешний вид и консистенция	Сформированная масса округлой формы, гладкая поверхность	Сформированная масса округлой формы, поверхность без разорванных и ломаных краев
Вид фарша на разрезе	Фарш серо-розового цвета	Фарш розового цвета

В ходе проведенного эксперимента установлено, что наилучшим по органолептическим показателям оказался опытный образец с 15 % добавлением шпината (опытный образец №2). Физико-химические показатели и функционально-технологические свойства разработанных зраз представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-химические и функционально-технические свойства зраз с добавлением 15% шпината

Показатель	Контрольный образец	Зраза с добавлением 15% шпината
Влажность, %	76,8	78,3
Содержание поваренной соли, %	1,5	1,5
Влагоудерживающая способность, % к влаге	61	66,8
Жироудерживающая способность, % к жиру	76,5	82, 4
Видимая усадка, %	20,6	16,8

Установлено, что добавление шпината в рецептуру зраз, увеличивает влагоудерживающую и жироудерживающую способность, что влияет на технологические и органолептические свойства готового продукта, а также позволяет снизить видимую усадку, что позволяет уменьшить потери массы при тепловой обработке. Таким образом, применение шпината при производстве рубленых полуфабрикатов (зраз) позволяет не только получить продукт питания высокого качества, но дополнительно обогатить продукт биофлавоноидами, витаминами, минеральными веществами.

### **Выводы.**

Разработана рецептура рубленого полуфабриката (зраз) с добавлением шпината. Определена его дозировка (15 % взамен мясного фарша), обеспечивающая наилучшие органолептические показатели продукта. Использование в рецептуре рубленых мясных полуфабрикатов в качестве функционально значимого компонента шпината способствует расширению их ассортимента.

### **Литература**

1. Александрова Е.Н., Сташ Р.И. Обзор современных проблем и тенденций развития отрасли пищевой промышленности России // Экономика устойчивого развития. 2018. № 4 (36). С. 99-102.
2. Копчено-запеченные и запеченные изделия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://meat-and-spices.com/tekhnologiya/103-kopcheno-zapechennye-i-zapechennye-izdeliya>.
3. Биотехнологические аспекты в технологии функциональных мясных изделий / Н.В. Широкова, П.В. Скрипин, П.С. Кобыляцкий и др. // Научная жизнь. 2018. № 4. С. 6-13.
4. Овчинников Д.Д., Емельянов А.М. Использование вторичных продуктов переработки растительного сырья с целью обогащения мясopодуKтов пищевыми волокнами // Акту-

альные проблемы инновационного развития животноводства: сборник трудов международной научно-практической конференции. Брянск, 2020. С. 280-284.

УДК 641.56

**ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МЯСНОЕ ИЗДЕЛИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ  
ВТОРИЧНОГО ЯГОДНОГО СЫРЬЯ**

*к.с.-х.н. Емельянов А. М., [emelyanoff.lexa2017@yandex.ru](mailto:emelyanoff.lexa2017@yandex.ru)  
аспирант, Овчинников Д.Д. [ovchinnikoff.dmitrij2014@yandex.ru](mailto:ovchinnikoff.dmitrij2014@yandex.ru)  
Донской государственный аграрный университет, Россия*

**FUNCTIONAL MEAT PRODUCT WITH THE USE OF SECONDARY BERRY  
RAW MATERIALS**

*Candidate of Agricultural Sciences, Emelyanov A.M.  
postgraduate student, Ovchinnikov D. D.  
Don State Agrarian University, Russia*

**Аннотация.** В статье изучена возможность использования вторичного ягодного сырья в технологии приготовления мясного рубленого изделия. Были проведены исследования физико-химических, органолептических показателей изделия, доказано положительное влияние клюквенного жома на готовый продукт. На основе проведенных исследований сделаны соответствующие выводы готового мясного продукта.

**Abstract.** The article examines the possibility of using secondary berry raw materials in the technology of cooking chopped meat products. Studies of physico-chemical, organoleptic parameters of the product were carried out, the positive effect of cranberry pulp on the finished product was proved. On the basis of the conducted research, the relevant conclusions of the finished meat product are made.

**Ключевые слова:** колбаски, клюквенный жом, состав, польза, аминокислоты, витамины.  
**Key words:** sausages, cranberry pulp, composition, benefits, amino acids, vitamins.

**Введение. Постановка цели или задачи.**

Значение мясных продуктов и мяса для питания человека чрезвычайно велико. В них содержатся все основные вещества, необходимые для жизнедеятельности организма, в том числе: белки, жиры, углеводы, экстрактивные и минеральные вещества, витамины и т. д.

Несмотря на богатство химического состава, мясо и мясные продукты содержат недостаточное количество питательных микроэлементов, которые организм человека должен регулярно получать на протяжении всей жизни в соответствии с его физиологическими потребностями.

Сегодня общепризнанная потребность в обогащении мясных продуктов

микроэлементами. Как известно, он должен, в первую очередь, обогащать продукты, которые доступны всем слоям населения и регулярно используются в повседневном питании, в частности, это мясные полуфабрикаты.

В связи с тем, что отечественными и зарубежными учеными доказана актуальность комплексного использования продуктов животного и растительного происхождения, в настоящее время исследуются возможности использования вторичного сырья из дикорастущих фруктов при производстве мясных полуфабрикатов.

Основой стали колбаски из свинины и индейки как источник белка, липидов, экстрактивных веществ, а также мякоть клюквы, которая содержит физиологически активные компоненты - пищевые волокна, витамины, минеральные элементы и полифенольные соединения.

Мясо индейки славится своей пользой для здоровья: его рекомендуют при аллергии и на низкокалорийных диетах. Благодаря тому, что мясо практически не содержит жира, но при этом богато белком, оно быстро переваривается и легко усваивается. По сравнению с говядиной индюшати́на обладает отличными вкусовыми и диетическими свойствами.

Плоды клюквы содержат большое количество органических кислот, пектиновых веществ и витаминов С, В1, В2, В5, В6, РР.

Цель работы: Разработать новые виды обогащенных мясных изделий на основе анализа рынка, структуры спроса и изучения витаминного статуса.

#### **Методика проведения исследований.**

Для определения качественных показателей колбасок из свинины и индейки с добавлением мякоти клюквы были использованы органолептические методы исследования готовых изделий согласно ГОСТ 50454-93. Введение клюквы, проводили в концентрациях 5, % к массе мясного сырья. Контрольный образец приготовлен по традиционной рецептуре [4]. Оценка органолептических показателей качества образцов зраз осуществлялась согласно ГОСТ 9959-2015 «Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки» и ГОСТ 31986-2012 «Услуги общественного питания. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания».

## Результаты экспериментов и их обсуждение.

Таблица 1 - Органолептическая оценка изделия

Органолептические показатели качества вареных колбас	Образцы	
	контрольный	опытный (с использованием клюквенного жома)
Внешний вид	Поверхность чистая, сухая, без повреждения оболочки	Чистая, сухая поверхность, с однородной структурой, без наплывов фарша, слипов, бульонных и жировых отеков
Запах и вкус	Свойственные данному виду продукта с ароматом пряностей, в меру соленый, без посторонних привкуса и запаха	Свойственные данному виду продукта с ароматом пряностей, в меру соленый, мясной
Вид фарша на разрезе	Серо-красный фарш, равномерно перемешан	Серо-красный фарш, равномерно перемешан, видны включения растительного ингредиента

Результаты органолептической оценки показали, что колбаски приобретает лучшие цвет и специфический вкус (таблица 1).

Физико - химические показатели состава колбасок с добавлением растительного сырья представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Физико - химические показатели колбасок

Показатель	Контрольный	Опытный
Массовая доля белка, %	15	24
Массовая доля жира, %	35	31,9
Массовая доля влаги, %	39	46,2

В результате проведенных исследований было установлено, что опытные образцы обладали хорошими органолептическими, физико-химическими и микробиологическими показателями; повышенной пищевой и биологической ценностями, повышенным выходом готовой продукции. Все это свидетельствует о целесообразности использования жома клюквы при производстве колбасок. Эти обстоятельства демонстрируют возможность применения функциональных ингредиентов при производстве изделия с целью насыщения организма всеми необходимыми витаминами и минералами.

Таким образом, производство рубленых полуфабрикатов с добавлением мякоти клюквы позволяет расширить ассортимент данного вида мясных продуктов, способствовать рациональному использованию натурального сырья,

внедрению малоотходных технологий, а также производству высококачественные продукты с оптимальной пищевой и биологической ценностью с заданным химическим составом.

### **Выводы.**

Отсюда следует, что разработка рецептур и создание новых видов мясных полуфабрикатов с использованием нетрадиционного сырья, использование которого придает продукту необычный вкус, обогащает его полезными веществами без изменения показателей качества.

### **Литература**

1. Овчинников Д.Д., Емельянов А.М. Использование вторичных продуктов переработки растительного сырья с целью обогащения мясопродуктов пищевыми волокнами // Актуальные проблемы инновационного развития животноводства: сборник трудов международной научно-практической конференции. Брянск, 2020. С. 275-279.

2. Овчинников Д.Д., Емельянов А.М.. Использование вторичных продуктов переработки растительного сырья с целью обогащения мясопродуктов пищевыми // Актуальные проблемы инновационного развития животноводства: сборник трудов международной научно-практической конференции. Брянск, 2020. С. 280-284.

3. Овчинников Д.Д., Емельянов А.М. Актуальность разработки рецептур мясных продуктов, обогащенных йодом // Вклад молодых ученых в аграрную науку: материалы Международной научно-практической конференции. 2019. С. 499-502.

4. Овчинников Д.Д., Емельянов А.М. Разработка рецептуры мясного блюда функционального направления, с использованием ламинарии // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России: сборник материалов Международной научно-практической конференции молодых ученых. 2019. С. 192-195.

УДК 641.56

## ***ОБОГАЩЕНИЕ МЯСОПРОДУКТОВ ПИЩЕВЫМИ ВОЛОКНАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВТОРИЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ***

*к.с.-х.н., Емельянов А. М., [emelyanoff.lexa2017@yandex.ru](mailto:emelyanoff.lexa2017@yandex.ru)  
Овчинников Д.Д. [ovchinnikoff.dmitrij2014@yandex.ru](mailto:ovchinnikoff.dmitrij2014@yandex.ru)  
Донской государственный аграрный университет, Россия*

## ***ENRICHMENT OF MEAT PRODUCTS WITH DIETARY FIBERS USING SECONDARY PRODUCTS OF PROCESSING OF VEGETABLE RAW***

*Candidate of Agricultural Sciences, Emelyanov A.M.  
postgraduate student, Ovchinnikov D. D.  
Don State Agrarian University, Russia*

**Аннотация.** В данной статье рассматривается актуальное направление пищевой и перерабатывающей промышленности – это возможность использования вторичных продуктов

переработки растительного сырья с целью обогащения мясопродуктов пищевыми волокнами. Эффективность применения характеризуется такой добавкой как соевая окара. Указываются достоинства и недостатки функциональной добавки. Представлена характеристика мясного продукта с добавлением растительного сырья и отражены все химические и органолептические показатели. Сформированы результативные данные и сделаны соответствующие выводы.

*Annotation.* This article discusses the current direction of the food and processing industry – the possibility of using secondary products of processing plant raw materials in order to enrich meat products with dietary fibers. The effectiveness of the application is characterized by such an additive as soy okara. The advantages and disadvantages of a functional additive are indicated. The characteristic of a meat product with the addition of vegetable raw materials is presented and all chemical and organoleptic indicators are reflected. The effective data are formed and the corresponding conclusions are made.

**Ключевые слова:** пищевые волокна, соевая окара, функциональный продукт, мясной продукт, результаты, котлеты, состав.

**Keywords:** dietary fiber, soy okara, functional product, meat product, results, cutlets, composition.

**Введение.** В мясной промышленности клетчатка используется при производстве всех групп мясных продуктов, а именно всех видов колбас, включая детское питание, консервы, полуфабрикаты и продукты для гурманов [1].

Для обогащения мясных продуктов пищевыми волокнами используются все группы источников пищевых волокон, в частности натуральные продукты, богатые пищевыми волокнами и переработанные растительные продукты.

Использование продуктов переработки зерновых в технологии комбинированных мясных продуктов позволяет повысить пищевую и биологическую ценность продукта, способствует стабильному и равномерному распределению ингредиентов, что приводит к получению продукта стабильного качества.

Использование вторичных продуктов переработки растительного сырья с целью обогащения мясопродуктов пищевыми волокнами предпочтительнее, поскольку такое сырье обеспечивает более выраженный эффект обогащения функциональным ингредиентом. К таким вторичным продуктам относятся отруби и соевая окара.

Таблица 1 - Достоинства и недостатки использования пищевых волокон

Источники пищевых волокон	Достоинства	Недостатки
Вторичные продукты переработки растительного сырья (соевая окара)	1. Низкая стоимость 2. Возможность комплексного использования сырья	1. Необходимость постоянного микробиологического контроля 2. Нестабильность химического состава

Пищевая соевая окара - это вторичный продукт переработки соевых бобов, полученный путем фильтрации и отжима соевого экстракта или соевого молока на фильтр-прессе. Окара представляет собой гомогенную, влажную, хрупкую массу, вкрапленную неэкстрагированной порцией бледно-желтого соевого материала с нейтральным вкусом и запахом. Состав окары варьируется и зависит от степени обезвоживания и технологической обработки бобов. Содержание пищевых волокон в соевой окаре в пересчете на сухое вещество составляет до 30 % [2].

Пищевая клетчатка соевой окары характеризуется высокими сорбционными и ярко выраженными лечебно-профилактическими свойствами. Пищевая ценность окары, в дополнение к высокому содержанию пищевых волокон, также определяется белковой фракцией, липидным комплексом полиненасыщенных жирных кислот и углеводов (олигосахариды, целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин и крахмал). Уникальность окары определяется широким спектром содержащихся в ней макроэлементов (калий, кальций, фосфор, магний) и микроэлементов (железо, медь, цинк, марганец), витаминов (тиамин, рибофлавин, ниацин,  $\alpha$ -токоферол), является единственным известным растительным источником двухвалентного биодоступного железа.

Помимо физиологических функций, клетчатка из соевой окары обладает высокими функциональными и технологическими свойствами и обеспечивает образование стабильных эмульсий и гелей. Благодаря этим свойствам экспериментально доказана возможность использования её в составах мясных продуктов, которые сбалансированы по углеводно-белковому содержанию [3].

Соевую окару рекомендуется использовать при производстве фаршевых мясопродуктов на стадии фаршесоставления без предварительной подготовки



взамен 20-25 % мясного сырья. Такой уровень замены мясного сырья позволяет удовлетворить до 25 % суточной потребности организма человека в пищевых волокнах.

**Цель работы.** Цель работы заключалась в разработке рецептур и оценке потребительских свойств мясных рубленых полуфабрикатов котлеты с добавлением соевой окары.

В ходе исследования изучен состав соевой окары. Соевый белок окары обладает высокой способностью удерживать воду и связывать жиры, обладает хорошими эмульгирующими свойствами. Белок окара содержит 16 аминокислот, включая все незаменимые. Окара содержит кальций, железо, цинк, витамины группы В и РР. Пищевая клетчатка окары обладает высокими абсорбционными свойствами и оказывает физиологическое и физиологическое влияние на моторику кишечника и микрофлору.

Таблица 2 - Состав соевой окары

Показатель	Массовая доля, %
Влага	75-80
Белок	4,5-5,5
Жир	3,0-3,8
Углеводы	9,6-10,5
Пищевые волокна	4,8-6,5
Минеральные вещества	0,55

Также клетчатка окары обладает высокой влагосвязывающей способностью, что обеспечивает образование стабильных эмульсий и гелей [4]. Все эти качества вызывают интерес к расширению сферы технологического использования соевой окары.

**Материал и методика исследований.** Мы изучили возможность использования соевой окары в производстве мясных котлет, в которых сочетались окара и фарш. Добавление 25% окары к фаршу улучшило его структурные и механические свойства. Продукты были хорошо сформированы и сохраняли форму во время термообработки.

**Результаты собственных исследований и их обсуждение.** Исследование проводилось путем составления рецептуры мясных котлетных изделий, которая представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Рецептuru мясных котлет

Наименование продукта	Мясное изделие без соевой окары	Мясное изделие с соевой окарой (опытный образец)
	масса продукта (г)	масса продукта (г)
мясной фарш	300	225
соевая окара	-	75
белый пшеничный хлеб	65	-
лук	100	100
яйцо куриное	40	40
соль	5	5
перец	5	5
Выход сырой продукции	515	450

В ходе экспериментов полученные значения сравнивались с контрольным образцом, полученным в соответствии со стандартной рецептурой. В готовой продукции были проведены исследования для определения массовой доли жира, белка, углеводов и влаги. Полученные результаты представлены в таблицах 2–3.

Таблица 4 - Массовая доля содержания жира, белка, углеводов, влаги %

Опытный образец	Массовая доля жира %	Массовая доля углеводов, %	Массовая доля белка, %	Массовая доля влаги, %
Контрольный	44,6	36,1	40,7	45
Опытный	50,6	52,7	25,3	55

По результатам исследования содержания жира уменьшилось на 6 % в контрольном образце, обогащённый соевой окарой, в опытном образце массовая доля влаги повысилась на 10%. Повышение массовой доли углеводов на 16,6% и белка на 15,4 % связано добавлением соевой окары, по химическому составу богатая белком, пищевыми волокнами и углеводами.

Наилучшие органолептические показатели и технологические свойства имели изделия, содержащие 25 % окары. При добавлении окары в количестве 25 % в кулинарные мясные изделия потери массы уменьшаются на 30 %.

Таблица 5 - Органолептические свойства разработанного продукта

Показатели	Контрольный образец	Опытный образец
Внешний вид	мясной продукт немного деформированный, имеются небольшие трещины, обжаренный равномерно	мясной продукт целый, не деформированный, обжаренный равномерно
Консистенция	излишне липкая, с недостаточной вязкостью	сочный, в меру вязкий
Запах	свойственный, немного хлебный	свойственный, без посторонних запахов
Вкус	с привкусом лука	нежный мясной вкус, соевого привкуса не отмечалось

### **Выводы.**

Таким образом, на основании проведенных исследований было установлено, что введение 25% соевой окары в производство мясного фарша улучшает как органолептические, так и структурно-механические характеристики готовых продуктов и значительно снижает потерю веса. Учитывая свойства белков окары и значительное содержание в нем пищевых волокон, минералов и витаминов, представляется многообещающим для его дальнейшего использования в разработке композиций с желаемыми лечебными и профилактическими свойствами.

### **Литература**

1. Овчинников Д.Д., Емельянов А.М. Актуальность разработки рецептур мясных продуктов, обогащенных йодом // Вклад молодых ученых в аграрную науку: материалы Международной научно-практической конференции. 2019. С. 499
2. Емельянов А.М. Совершенствование технологии рубленых полуфабрикатов с использованием пищевых волокон // Инновационные технологии пищевых производств. п. Персиановский, 2017. С. 22-24.
3. Соевая окара для комбинированных изделий [Электронный ресурс] // Режим доступа: file: //C:/Users/Home/Downloads/soevaya-okara-dlya-kombinirovann-h-izdeliy.pdf (дата обращения 13.05.2020)
4. Садовой В.В., Самылина В.А. Соевая пищевая окара в композиционных рецептурах мясных изделий // Известия вузов. Пищевая технология. 2005. № 1. С. 47–48.

**РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ СПОСОБОВ  
СНИЖЕНИЯ ВРЕДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА НА  
ПОЧВУ**

*к.т.н. Косенко В.В., kosenko46@gmail.com*

*Волгоградский государственный технический университет, Россия*

**COMPARATIVE EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF SOME  
METHODS OF REDUCING THE HARMFUL EFFECTS OF A WHEELED  
TRACTOR ON THE SOIL**

*Candidate of Engineering Sciences Kosenko V.V., kosenko46@gmail.com*

*Volgograd State Technical University, Russia*

**Аннотация.** На основании проведенных расчетов на примере колесного сельскохозяйственного трактора ХТЗ-150К-09 выполнен анализ влияния на средние и максимальные давления на почву таких методов их снижения, как сдваивание колес и установка широкопрофильных шин низкого давления. Показаны преимущества использования последних.

**Annotation.** Based on the calculations carried out on the example of a wheeled agricultural tractor HTZ-150K-09, the analysis of the effect on average and maximum soil pressures of such methods of reducing them as doubling wheels and installing wide-profile low-pressure tires was carried out. The advantages of using wide-profile low-pressure tires are shown.

**Ключевые слова:** колесный сельскохозяйственный трактор, штатные одинарные и сдвоенные шины, широкопрофильные шины низкого давления, средние и максимальные давления на почву.

**Keywords:** wheeled agricultural tractor, standard single and double tires, wide-profile low-pressure tires, medium and maximum soil pressures.

**Введение, постановка задачи**

Важными показателями для сельскохозяйственных тракторов являются средние  $q_{cp}$  и максимальные  $q_{max}$  давления движителей на почву. Они определяют их опорно-временную проходимость и, главное, агроэкологические свойства. С ростом давлений, в первую очередь,  $q_{max}$ , с одной стороны, возрастают глубина образываемой колеи, сопротивление качению и, как следствие, снижается тяговый КПД, с другой стороны, увеличивается уплотнение трактором почвы, приводящее к росту ее сопротивления обработке, ухудшению условий произрастания и снижению урожайности возделываемых культур. Большинство колесных тракторов в штатной комплектации на одинарных шинах, в т.ч. широко используемый в РФ трактор ХТЗ-150К [1], не укладывается в установленные

ГОСТ 26955-86 [2] нормы воздействия на почву [3]. По этой причине в последнее время получают распространение, особенно на ранневесенних полевых работах, 2 способа снижения воздействия на почву: за счет установки сдвоенных колес или за счет применения широкопрофильных шин. В связи с этим представляет интерес сравнительная расчетная оценка снижения воздействия на почву каждого из указанных способов.

### **Методика проведения расчетов**

Оценка выполнена на примере колесного трактора с шарнирной рамой ХТЗ-150К-09 (рисунок 1) для 3 вариантов комплектации шинами: исходный - на штатных одинарных шинах 21,3R24, на штатных сдвоенных шинах и на широкопрофильных шинах низкого давления 66×43,00R25 (1050/50R25), выпускаемых ПАО «Днепрошина», Украина. Необходимые для расчетов технические характеристики трактора ХТЗ-150К-09 приведены в табл. 1, шин 21,3R24 и 66×43,00R25 – в табл. 2.

Расчет давлений на почву выполнен на основе зависимостей, предложенных В.В. Гуськовым и И.П. Ксеневицем [4].



Рисунок 1 - Трактор ХТЗ-150К на штатных одинарных шинах (слева) и на широкопрофильных шинах низкого давления (справа)

Давления единичного движителя на почву определялись из выражений:

- средние:  $q_{cp} = G_{ik} / S_{ш}$ , где:

-  $G_{ik}$  – вертикальная нагрузка на единичный движитель (колесо, шину);

Таблица 1 - Технические характеристики трактора ХТЗ-150К-09

Показатели	Значение
Тяговый класс	3
Масса эксплуатационная (в штатной комплектации на одинарных шинах), $m_э$ , кг	8410
Двигатель: - марка	ЯМЗ-236Д
- мощность эксплуатационная, $N_e$ , кВт	130 при 2100 об/мин
- максимальный крутящий момент, $M_d$ , Нм	667 при 1335 об/мин
- запас крутящего момента, $k_m$ , %	11-15
- удельный расход топлива при номинальной мощности, $g_{eэ}$ , г/кВтч	220
Колесная формула	4×46
База $L$ , мм	2860
Распределение вертикальной нагрузки по мостам в статическом положении, %: - на переднюю	64
- на заднюю	36
Число передач, вперед/назад	12/4
Диапазон скоростей переднего хода, $V$ , км/ч	3,4-30,1

-  $S_{ш} = \pi a_k b_k / 4$  – площадь контакта шины с почвой;

-  $a_k = C_3 \sqrt{D h_{ш} - h_{ш}^2}$  и  $b_k = 2 \sqrt{2 r_c' h_{ш} - h_{ш}^2}$  – соответственно длина и ширина

отпечатка шины на почве; ширина отпечатка шины (большая и малая оси эллипса).

Таблица 2 - Характеристики шин 21,3R24 и 66×43,00R25

Показатели	Шина	
	21,3R24	66×43,00R25
Тип	радиальная	радиальная
Норма слойности, $n$	10	10
Наружный диаметр, $D$ , мм	1400	1650
Посадочный диаметр, мм	610 (24 дюйма)	635 (25дюймов)
Ширина профиля, $b$ , мм	540	1052
Высота профиля, $H$ , мм	541	526
Диапазон рабочего давления воздуха в шине, $p_w$ , МПа	0,1-0,16	0,07-0,21
Масса, кг	144	219

-  $C_3 = 20,5 / [11,9 + D/b - (n_{ш}-9)/2 - 3]$  – поправочный коэффициент для тракторных шин;

- $D$  – наружный диаметр шины в свободном состоянии;
- $h_{ш} = G_{ик} / C_{ш}$  – деформация (статический прогиб) шины под нагрузкой;
- $r_c' = (b + H) / 2,5$  – приведенный радиус поперечного сечения (профиля)

шины;

- $b$  – ширина профиля шины;
- $n_{ш}$  – норма слойности шины; в расчетах принималась  $n_{ш} = 10$ ;
- $H$  – высота профиля шины;
- $C_{ш} = \pi p_w \sqrt{2r_c' D}$  – жесткость шины (формула Хейдекеля);
- $p_w$  – давление воздуха в шине;
- максимальные:  $q_{max} = q_{cp} K_2 / K_1$ , где:
  - $K_1$  – коэффициент, зависящий от наружного диаметра шины; при  $1,5 > D > 1,2$  м (у штатной шины 21,3R24  $D = 1,4$  м) принимается  $K_1 = 1,15$ ; при  $D > 1,5$  м (у широкопрофильной шины 66×43,00R25  $D = 1,65$  м) принимается  $K_1 = 1,1$ ;
  - $K_2$  – коэффициент продольной неравномерности распределения давления по площади контакта (в расчетах принимался  $K_2 = 1,5$ ).

Расчеты проведены, исходя из следующих условий и допущений:

а) трактор движется равномерно прямолинейно по горизонтальной поверхности; вес трактора распределяется по бортам одинаково;

б) максимальные давления определялись для самого характерного случая работы с.-х. тракторов - с наиболее вероятным тяговым сопротивлением на крюке  $P_{кр}^{нб} = 0,8 P_{кр}^{ном}$ , вызывающим смещение назад точки приложения равнодействующей вертикальных сил относительно центра тяжести ( $P_{кр}^{ном}$  - номинальное тяговое усилие трактора, соответствующее заявляемому изготовителем тяговому классу); смещение равнодействующей вертикальных сил  $x_{\partial}$  определялось по формуле:  $x_{\partial} = P_{кр}^{нб} h_{кр} / G_{\partial}$  [5], исходя из допущений, что сила тяги на крюке  $P_{кр}^{нб}$  направлена параллельно основанию, высота ее приложения (точки прицепа)  $h_{кр} = 0,4$  м и влиянием силы сопротивления качению можно пренебречь;

в) вертикальная нагрузка на мосты трактора распределяется обратно пропорционально абсциссам расстояний от точки приложения равнодействующей вертикальных сил до осей мостов;

г) давление воздуха  $p_w$  в штатных шинах принималось в соответствии с техническими условиями на них [6] и рекомендациями на подготовку трактора к выполнению полевых работ [7]; для варианта сдвоенных шин давление воздуха во внешних (дополнительных) шинах согласно рекомендациям изготовителя трактора принималось на 0,02 МПа меньше, чем во внутренних (основных); давление воздуха в широкопрофильных шинах низкого давления принималось минимально возможным, исходя из обеспечения необходимой грузоподъемности.

Полученные значения  $q_{max}$  сравнивались с установленными нормами [2] для распространенного случая выполнения тракторами весенних полевых работ на супесчаной почве влажностью 0,7 НВ (наибольшей влажности), согласно которым максимальные давления для трактора ХТЗ-150К-09 с учетом значения поправок, учитывающих тип почвы, нагрузку на единичный движитель, число проходов движителей по одному следу и высоту рисунка протектора, не должны превышать: под передними колесами 144 кПа, под задними – 162 кПа.

### Результаты работы и их обсуждение

Таблица 3 - Результаты расчета давлений на почву трактора ХТЗ-150-09 в различной комплектации шинами

Показатели	Трактор ХТЗ-150К-09		
	на одинарных штатных шинах 21,3R24	на сдвоенных штатных шинах 21,3R24	на широкопрофильных шинах 66×43,00R25
Масса эксплуатационная, $m_э$ , кг	8410	9258	9042
Распределение вертикальной нагрузки по осям в статическом положении, %:			
- на переднюю	64	62,7	61
- на заднюю	36	37,3	39
Давление воздуха в шинах колес, $p_w$ , рекомендуемое для полевых работ, МПа:			
- передних основных (внутренних)	0,12	0,12	0,07
- передних дополнительных (внешних)	-	0,10	-
- задних основных (внутренних)	0,10	0,12	0,07
- задних дополнительных (внешних)	-	0,10	-
Наиболее вероятная нагрузка на крюке, $P_{кр}^{нб}$ , кН	24	24	24
Вертикальная нагрузка на колесо, $G_{ik}$ , при работе с			



$P_{кр}^{нв}$ , Н: - переднее основное	23885	14143	25479
- переднее дополнительное	-	11787	-
- заднее основное	15427	10626	16873
- заднее дополнительное	-	8855	-
Площадь контакта шин с почвой, $S_{ш}$ , м <sup>2</sup> :			
- передних основных	0,1915	0,1163	0,3530
- передних дополнительных	-	0,1163	-
- задних основных	0,1682	0,0883	0,2385
- задних дополнительных	-	0,0883	-
Средние давления в контакте шин с почвой, $q_{ср}$ , кПа: -			
передних основных	125	122	72
- передних дополнительных	-	101	-
- задних основных	103	120	71
- задних дополнительных	-	100	-
Максимальные давления в контакте шин с почвой, $q_{max}$ , кПа (% от установленных норм): - передних основных	163 (113%)	159 (110%)	98 (68%)
- передних дополнительных	-	132 (92%)	-
- задних основных	135 (83%)	157 (97%)	96(60%)
- задних дополнительных	-	131 (81%)	-

Результаты расчетов (таблица 3) показывают следующее.

Трактор ХТЗ-150К-09 на одинарных штатных шинах 21,3R24 не укладывается в установленные ГОСТ 26955-86 нормы максимальных давлений  $q_{max}$  на почву под передними колесами (превышение составляет 13%). Под задними колесами  $q_{max}$  соответствуют нормам, что объясняется большей для задних колес величиной этих норм.

Трактор ХТЗ-150К-09 на сдвоенных шинах 21,3R24 также не укладывается в установленные ГОСТ 26955-86 нормы максимальных давлений  $q_{max}$  под передними колесами (превышение по сравнению с одинарными штатными шинами несколько снизилось и составило 10%).

При этом  $q_{max}$  под задними колесами укладываются в нормы, но следует отметить, что под внутренними (основными) задними колесами они даже увеличиваются по сравнению с вариантом комплектации одинарными шинами. Это объясняется тем, что, как указано выше, во внутренних колесах согласно рекомендациям изготовителя трактора необходимо поддерживать несколько большее давление воздуха, чем во внешних, из-за чего площадь пятна контакта шины с почвой уменьшается.

Трактор ХТЗ-150К-09 на широкопрофильных шинах низкого давления 66×43,00R25 укладывается в установленные ГОСТ 26955-86 нормы по максимальным давлениям  $q_{max}$  на почву как под передними, так и под задними колесами. При этом расчетные  $q_{max}$  существенно – на 24% под передними и на 33% под задними колесами – ниже установленных норм.

Следует отметить, что наряду с тракторными радиальными шинами 66×43,00R25 с нормой слойности 10, рассчитанными на работу при минимальном давлении воздуха 0,07 МПа, выпускаемыми ПАО «Днепрошина», на рынке предлагаются шины 66×43,00-25 других производителей (Advance, Galaxy, Tianli и др.) диагональной конструкции, имеющие гораздо большую (16-20) норму слойности, работающие при более высоком (0,17-0,35 МПа) давлении воздуха в них и предназначенные для использования не на сельскохозяйственных тракторах, а преимущественно на транспортных средствах высокой проходимости. При этом должной информации покупателям не предоставляется. В связи с этим был выполнен дополнительный расчет  $q_{max}$  трактора ХТЗ-150К-09 на шинах 66×43,00-25 с нормой слойности 16 при минимально возможном давлении воздуха в них 0,17 МПа (требуемая грузоподъемность шины при этом обеспечивается).

Расчет показал, что при увеличении нормы слойности до 16 и давления воздуха в шине до 0,17 МПа площадь контакта шин с почвой уменьшается на 47-48%, а максимальные давления на почву возрастают на 91%: под передними шинами с 98 до 188 кПа, под задними – с 96 до 183 кПа, т.е., такие шины уже не соответствуют установленным ГОСТ 26955-86 жестким нормам при выполнении ранневесенних полевых работ.

### **Выводы**

Максимальные давления на почву трактора ХТЗ-150К-09 на штатных шинах 21,3R24 не соответствуют регламентированным ГОСТ 26955-86 нормам воздействия для случая выполнения весенних полевых работ на супесчаных почвах высокой влажности; превышение достигает 13%.

Сдвигание колес обеспечивает снижение максимальных давлений на поч-

ву. Однако это снижение не превышает 22%, и трактор при этом все равно не укладывается в нормы.

Снижению воздействия на почву может способствовать:

- разработка и внедрение в производство штатной шины 21,3R24, работающей при более низком давлении воздуха (0,08 МПа и менее) в ней;
- более рациональное распределение нагрузки по мостам трактора с таким расчетом, чтобы при работе с наиболее вероятной нагрузкой на крюке она была близкой к одинаковой.

Применение широкопрофильных шин низкого давления 66×43,00R25 обеспечивает существенное снижение максимальных давлений трактора ХТЗ-150К-09 на почву и обеспечивает его соответствие даже самым жестким нормам: при выполнении ранневесенних работ на супесчаных почвах повышенной влажности. При этом следует иметь в виду, что наряду с такими шинами на рынке предлагаются и шины с большей нормой слойности, рассчитанные на работу при более высоком давлении воздуха в них и не обеспечивающие соответствие установленным ГОСТ 26955-86 нормам.

#### Литература

1. Трактор ХТЗ-150-09-25. Руководство по эксплуатации 151.00.000.09-25РЭ. Харьков: ПАО «Харьковский тракторный з-д им. С. Орджоникидзе», 2013. 267 с.
2. ГОСТ 28955-86. Техника мобильная сельскохозяйственная. Нормы воздействия движителей на почву. М.: Издательство стандартов, 1986. 7 с.
3. Косенко В.В. Сравнительная оценка максимальных давлений на почву гусеничных и колесных тракторов // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сб. науч. тр. XXII межвуз. всерос. (с междунар. участием) науч.-практ. конф. (23-25 мая 2018 г.) ; Брянский гос. аграрный ун-т. Брянск, 2018. № 1 (17). С. 60-69.
4. Тракторы: Теория: учебник для вузов по спец. «Автомобили и тракторы» / В.В. Гуськов, Н.Н. Велев, Ю.Е. Атаманов и др.; под общей ред. В.В. Гуськова. М.: Машиностроение, 1988. 376 с.
5. Основы теории и расчета трактора и автомобиля / В.А. Скотников, А.А. Машенский, А.А. Солонский; под ред. В.А. Скотникова. М.: Агропромиздат, 1983. 383 с.
6. ГОСТ 7463-2003. Шины пневматические для тракторов и сельскохозяйственных машин. Технические условия. М.: ИПК «Издательство стандартов», 2004. 26 с.
7. Болотов А.К., Гуревич А.Н., Фортуна В.И. Эксплуатация сельскохозяйственных тракторов. М.: Колос, 1994. 495 с.

**ОТ ОДНООПЕРАЦИОННЫХ СЕЛЬХОЗМАШИН - ДО  
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ  
С ОБРАБОТКОЙ ПОЧВЫ, ПОСЕВОМ И ВНЕСЕНИЕМ УДОБРЕНИЙ**

*(Агрегат FDC-6000 с сельхозмашинами АО «Евротехника»)*

*д.т.н., профессор Милюткин В.А., oiarr@mail.ru*

*Самарский государственный аграрный университет, Россия*

**FROM SINGLE-OPERATION AGRICULTURAL MACHINES TO  
MULTIFUNCTIONAL TECHNOLOGICAL COMPLEXES WITH TILLAGE,  
SOWING AND FERTILIZATION**

*(FDC-6000 unit with agricultural machinery of Eurotechnika JSC)*

*Doctor of Technical Sciences, Professor Milyutkin V.A., about I ap@mail.ru*

*Samara State Agrarian University, Russia*

**Аннотация.** Рассмотрены современные тенденции совершенствования сельскохозяйственных агрегатов от одно-операционных (почвообрабатывающие, сеялки, для внесения твердых и жидких минеральных удобрений) – до сложных многофункциональных технологических комплексов. Данное направление успешно решает сельхоз-машиностроительное предприятие АО «Евротехника», разработав универсальный агрегат FDC-6000 с емкостями для внесения жидких удобрений и агрегатирования с трактором сеялок и почвообрабатывающих машин, производимых в г. Самара (Россия).

**Annotation.** Modern trends in the improvement of agricultural aggregates from single-operating (tillage, seeders, for the application of solid and liquid mineral fertilizers) to complex multifunctional technological complexes are considered. This direction is successfully solved by the agricultural engineering enterprise JSC "Eurotechnika", having developed a universal unit FDC-6000 with tanks for applying liquid fertilizers and aggregating seeders and tillage machines produced in Samara (Russia) with a tractor.

**Ключевые слова:** технологии, инновации, техника, многофункциональные, комплексы, почво-обработка, посев, внесение удобрений.

**Keywords:** technologies, innovations, machinery, multifunctional, complexes, tillage, sowing, fertilization.

**Введение.** Одним из определяющих факторов эффективного земледелия и растениеводства является сбалансированное питание растений с помощью удобрений. В частности, в исследованиях американских ученых в системе мер повышения урожая наибольший удельный вес (в %) имеют удобрения-41, далее гербициды-от 13 до 20, благоприятные погодные условия-15, гибридные семена-8, ирригация-5 и прочие факторы-от 11 до 18. Немецкие ученые половину прироста урожая относят на счет применения удобрений, французские-до 70%, российские-до 60% [1,2]. В связи с чем ведущие ученые-аграрии и производители сель-схозтехники постоянно в поиске инновационных решений не просто

однооперационных сельскохозяйственных машин, а-многофункциональных технологических комплексов, обеспечивающих за один проход обработку почвы, посев и внесение удобрений [5,9]. Известное и ведущее в России сельхозмашинопроизводительное предприятие по прицепной технике АО «Евротехника» (г.Самара) разработало обобщающий технико-технологический комплекс FDC-6000 для обеспечения возможности внесения жидких азотных удобрений на основе карбамидо-аммиачной смеси КАС-32 одновременно с обработкой почвы и посевом также фирменной широко востребованной в России техникой [3-4,9]. Особая перспективность данных удобрений в зонах недостаточного увлажнения и при прогнозируемом глобальном потеплении [4-5,7,8,10] подтверждается тем, что из 3,5 млн тонн КАС, производимых в России, более 60% закупает Америка для своего АПК, несмотря на значительные транспортные затраты при морских [6] танкерных перевозках.

**Цель и задачи исследований.** ФГБОУ ВО Самарский государственный аграрный университет (Самарский ГАУ) более 20 лет плодотворно сотрудничает с АО «Евротехника». В связи с чем целью наших исследований является эффективное адаптирование фирменной техники к засушливым почвенно-климатическим условиям РФ (в первую очередь зоны Поволжья) и решение вопросов использования преимущественных конструктивно-технологических особенностей инновационных машин. Для этого решаются задачи с помощью аналитической и экспериментальной оценки почвообрабатывающей и посевной техники. Идеологией АО «Евротехника», представляемой так называемым «интеллекгентным растениеводством» является создание многофункциональных почвообрабатывающе-посево-удобрительные комплексы АО «Евротехника» с FDC-6000 (рисунок1) для внесения жидких удобрений одновременно с обработкой почвы и посевом. При этом КАС при посеве вносится одновременно с твердыми удобрениями с помощью специальных конструктивно-технологических опций сеялок Primer DMC, Condor, EDX. Применение КАС с его транспортированием и подачей к рабочим органам почвообрабатывающих машин Senius, Catros и сеялок Primer DMC, Condor, EDX обеспечивается специально-разработанным и

выпускаемым АО «Евротехника» агрегатом FDC-6000 (рисунок 1), прицепляемым к трактору. Почвообрабатывающие машины и сеялки агрегируются с FDC-6000 и работают как единый многофункциональный почвообрабатывающе-посево-удобрительный комплекс (рисунок 2-4,6).



Рисунок 1 - Агрегат FDC-6000 с основными рабочими узлами

Агрегат FDC-6000 с пластмассовыми емкостями  $3+3=6 \text{ м}^3$  для КАС имеет все необходимые технологические устройства (центробежный бензиновый насос, продуктопровод, регулировочные вентили и другие элементы), агрегируется с машинами фирмы АО «Евротехника» (рисунок 2): сеялками Primer DMC (рисунок 2-3), Condor с подачей жидких удобрений внутрпочвенно за долотовидные сошники для посева зерновых культур по традиционной технологии и энерго-ресурсо-влагосберегающих - NO-Till и MINI-Till, а также сеялками точного высева EDX также в открытую дисковыми сошниками зону (рисунок4) для посева пропашных культур; почвообрабатывающими агрегатами-дисковыми боронами средними Catros и тяжелыми Certos через форсунки, установленные перед дисками в верхний обработанный дисковыми рабочими органами почвенный слой, внутрпочвенно культиваторами-рыхлителями Sepius на различную глубину за рыхлящими рабочими органами.



Рисунок 2 - Комбинации FDC-6000 с сеялками Primer DMC, Condor, EDX

Для внесения КАС одновременно с посевом сошники сеялок комплектуются дополнительными приспособлениями из продуктопроводов и наконечников со специальными штуцерами, по примеру сеялки Primer DMC (рисунок 3).



Рисунок 3 - Сеялка Primer DMC с долотовидными сошниками, оборудованными для внесения КАС

При решении проблемы внесения жидких минеральных удобрений КАС одновременно с посевом АО «Евротехника» выбрала достаточно эффективную

конструктивно-технологическую схему использования специально-созданного агрегата FDC-6000 в комплектации с зерновыми и пропашными сеялками. То есть машинно-тракторные посевные комплексы с универсальным агрегатом FDC- 6000 для жидких удобрений и сеялками: пропашными (EDX 9000-ТС) и зерновыми (DMC 9000, DMC 12000, Condor 12000 и Condor 15000), имеющими зерновые и туковые бункерами для семян и твердых минеральных удобрений имеют возможность обеспечить за один проход оптимальные условия для семян сельскохозяйственных культур, высеваемых с одновременным внесением как твердых, так и жидких минеральных удобрений, включающих различные основные макроэлементы-N, P, K, мезоэлемент серу-S и микроэлементы в твердой и жидкой формах, что естественным образом способствует интенсивному развитию сельскохозяйственных культур с получением продукции высокого качества и большей урожайности [3,7,10].

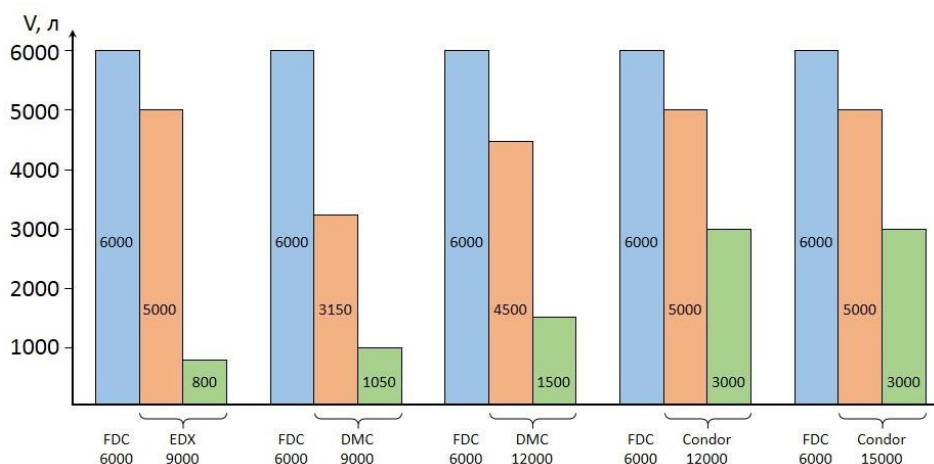


Рисунок 4 - Агрегат FDC-6000 с EDX 9000-ТС для посева подсолнечника и кукурузы одновременно с внесением жидких-КАС и твердых минеральных удобрений

Технологические емкости агрегата FDC-6000 для жидких минеральных удобрений имеют объем 6000 литров, сеялочный агрегат EDX 9000-ТС для пропашных культур имеет бункер для твердых минеральных удобрений объемом 800 литров и для семян-5000 литров, зерновая сеялка DMC 9000-соответственно 1050 и 3150 литров, сеялка DMC 12000-соответственно, 1500 и 4500 литров, сеялки Condor 12000 и Condor 15000 имеют одинаковые бункеры



для удобрений и семян-соответственно, 3000 и 5000 литров, что обеспечивает высокую производительность агрегатов при минимальном количестве заправок.



■ – для жидких удобрений; ■ – для твердых удобрений; ■ – семян

Рисунок 5 - Емкости бункеров в удобрительно-посевных комплексах FDC 6000 с сеялками EDX 9000-ТС, DMC 9000, DMC 12000, Condor 12000, Condor 15000

Разработанная номограмма (рисунок 5), представляющая соотношения объемов емкостей для семян высеваемых культур и вносимых различного вида удобрений (жидкие, твердые) при установленных нормах применения дают возможность обеспечивать эффективную логистику при подготовке агрегатов к посеву при их заправке удобрениями и семенами, и планировать проведение посевных работ с возможно меньшими технологическими остановками при дозаправке агрегатов в процессе эксплуатации, то есть с максимально возможной производительностью и выработкой машинно-тракторного агрегата [5,9].

Таким образом комбинация агрегата FDC-6000 с почвообрабатывающими агрегатами: мульчирующим культиватором Senius и дисковыми боронами Catros, Certos АО «Евротехника», решает проблему одновременного с обработкой почвы внесения удобрений как твердых, так и жидких - КАС-32. Для этого у культиватора Senius рабочие органы дополнительно оборудуются подводящей КАС магистралью с форсунками на конце, а у дисковых борон Catros, Certos перед дисковыми секциями устанавливаются форсунки, распыливающие жидкие удобрения КАС и ЖКУ на поверхность почвы для перемешивания с обрабатываемым слоем почвы дисковыми рабочими органами.

Учитывая широкое применение инновационных агрегатов для внутрипочвенного инъекторного внесения жидких удобрений КАС и ЖКУ в корнеобитаемый слой возделываемых сельскохозяйственных культур, АО «Евротехника» разработало и серийно выпускает специальный агрегат - эквалайзер (рисунок 6), также агрегируемый с FDC-6000.



Рисунок 6 - Эквалайзер сельхоз-машиностроительного предприятия АО «Евротехника»

Проведенные Самарским ГАУ исследования работы аналогичного эквалайзера агрегата на озимой пшенице при внесении КАС в фазу кущения показали значительно - большую эффективность в увеличении урожайности по сравнению с обработкой посевов КАС опрыскивателями поверхностно «по листу» крупнокапельными форсунками [8]. Конечно эквалайзер из-за внесения удобрений внутрипочвенно при больших энергетических затратах на технологический процесс при том же классе трактора имеет меньшую ширину захвата и производительность, однако влияние его на урожайность сельхозкультур и их сохранность (отсутствие ожогов) значительно выше по сравнению с опрыскивателем.

### **Выводы**

Совершенствование агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур с целью повышения их урожайности при использовании инновационных способов внесения твердых и жидких минеральных удобрений одновременно с обработкой почвы и посевом инновационными сельскохозяйственными агрегатами, созданными по идеологии многофункционального почвообрабатывающе-посево-удобрительного комплекса АО «Евротехника» на базе агрегата

FDC-6000, развитием и расширением внесения также инновационных удобрений (жидких) является основой гарантированного, эффективного повышения аграрного производства в России, надежного импортозамещения, значительного экспорта особо ликвидной сельхозпродукции нашей страной - являющейся на сегодня также одним из мировых лидеров по мировым поставкам сельскохозяйственной продукции.

### Литература

1. Мерзликин А.С. Ценовая политика, эффективность химизации сельскохозяйственного производства России // Проблемы агрохимии и экологии. 2010. № 1. С. 45-54.
2. Минеев В.Г. Актуальные задачи агрохимии в условиях современного земледелия // Проблемы агрохимии и экологии. 2011. № 1. С. 3-8.
3. Милюткин В.А., Буксман В.Э. Техничко-агрохимическое обеспечение повышения урожайности и качества сельхозпродукции внесением жидких минеральных удобрений // Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства: сборник статей IV Международной научно-практической конференции / ответственный за выпуск Е.А. Галиуллина. Пенза. Изд-во: «Пензенский государственный аграрный университет». 2018. С. 122-127.
4. Милюткин В.А., Длужевский Н.Г., Длужевский О.Н. Техничко-технологическое обоснование эффективности жидких минеральных удобрений на базе КАС-32, целесообразность и возможность расширения их использования. Краснодар: АгроФорум. 2020. № 2. С. 47-51.
5. Милюткин В.А., Буксман В.Э. Инновационные технические решения для внесения жидких и твердых минеральных удобрений одновременно с посевом // Техника и оборудование для села. 2018. № 10. С. 16-21.
6. Милюткин В.А., Длужевский Н.Г. Логистика жидких удобрений ПАО "КуйбышевАзот" - от завода до сельхозпредприятия - АПК // Теоретические и концептуальные проблемы логистики и управление цепями поставок: сборник статей II Международной научно-практической конференции. 2020. С. 49-53.
7. Милюткин В.А., Милюткин А.В., Беляев М.А. Эффективность дифференцированного внесения минеральных удобрений комбинированным агрегатом при энергоресурсосберегающих технологиях // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии, 2011. № 4. С.73-74.
8. Милюткин В.А., Длужевский Н.Г., Цирулев А.П., Попов А.В. Исследование эффективности инновационной технологии внесения жидких удобрений КАС внутрпочвенно и поверхностно агрегатами «Пегас-Агро» // Актуальные вопросы агропромышленного комплекса России и за рубежом: материалы всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием. Молодёжный: Изд-во «Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского», 2021. С. 114-120.
9. Милюткин, В.А. Инновационные техника и технологии применения жидких удобрений КАС в регионах с недостаточным увлажнением при прогнозируемом глобальном потеплении: монография. Кинель: Изд-во: ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2021. 182 с.
10. Повышение эффективности производства сельхозкультур в засушливых климатических условиях применением жидких минеральных удобрений / В.А. Милюткин, А.Н. Макушин, Н.Г. Длужевский, В.Н. Сысоев // Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса: сборник материалов Международной научно-практической конференции. С. Солёное Займище, 2020. С. 186-191.

**СИСТЕМА ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ «ТУМАН» ООО  
«ПЕГАС-АГРО» (САМАРА, РФ) ДЛЯ АГРОТЕХНОЛОГИЙ В АПК  
д.т.н., профессор Милюткин В.А., oiapp@mail.ru  
Самарский государственный аграрный университет, Россия**

**SYSTEM OF INNOVATIVE EQUIPMENT "TUMAN" LLC "PEGAS-AGRO"  
(SAMARA, RF) FOR AGRICULTURAL TECHNOLOGIES IN AIC  
Doctor of Technical Sciences, Professor Milyutkin V.A., oiapp@mail.ru  
Samara State Agrarian University, Russia**

**Аннотация.** Рассмотрена система инновационной техники «Туман» ООО «Пегас-Агро» (Самара, РФ) для агрохимических технологий в АПК на примере Самарского сельхозмашиностроительного предприятия ООО «Пегас-Агро». При создании данного комплекса была принята идеология современных тенденций перехода от однооперационных сельхозмашин (почвообрабатывающие, сеялки, для внесения твердых и жидких минеральных удобрений) – до сложных многофункциональных технологических комплексов на единой энергетической базе. Данное направление успешно решает сельхоз-машиностроительное предприятие ООО «Пегас-Агро», разработав агрохимические агрегаты «Туман» для растениеводства.

**Annotation.** The system of innovative technology "Fog" LLC "Pegas-Agro" (Samara, RF) for agrochemical technologies in the agro-industrial complex is considered on the example of the Samara agricultural machine-building enterprise LLC "Pegas-Agro". When creating this complex, the ideology of modern trends in the transition from single-operation agricultural machines (soil-cultivating machines, seeders, for applying solid and liquid mineral fertilizers) to complex multi-functional technological complexes on a single energy-running base was adopted. This direction is successfully solved by the agricultural machine-building enterprise Pegas-Agro LLC, having developed the Tuman agrochemical units for crop production.

**Ключевые слова:** технологии, агрохимия, инновации, техника, комплексы, почвообработка, посев, внесение удобрений.

**Keywords:** technologies, agrochemistry, innovations, equipment, complexes, tillage, sowing, fertilization.

**Цель и постановка проблемы.** Неудачный переход отечественного агропромышленного комплекса (АПК) нашей страны к рыночным отношениям потребовал коренной модернизации АПК Российской Федерации, что в последние годы позволило практически полностью решить продовольственную безопасность для населения страны по основным сельскохозяйственным продуктам. Кроме этого выход России в мире в качестве одного из ведущих экспортеров по главной для человечества продукции-сырья для продуктов питания, требует от нашей страны, обладающей наибольшими в мире земельными угодьями, дальнейший рост аграрного производства. Существенным и гарантированным резервом для наращивания сельскохозяйственной-растениеводческой продук-

ции является достаточно развитая в нашей стране обеспеченность в полном объеме агрохимических средств - особенно остро необходимых минеральных удобрений и средств защиты. В связи с чем в АПК РФ внедряются передовые интенсивные технологии [1-3,6-10] и эффективная техника [4-5].

**Краткое изложение цели.** В соответствии с широко внедряемыми инновационными агротехническими и агрохимическими технологиями отечественная сельхоз-машиностроительная промышленность разрабатывает и предлагает АПК самые современные высокоэффективные комплексы. В связи с чем целью работы Самарского государственного аграрного университета являются исследования эффективности системы инновационных машин «Туман» [5] для практически полного комплекса агрохимических работ в агропромышленном комплексе России на единой базовой энергетической ходовой платформе Самарского сельхоз-машиностроительного предприятия ООО «Пегас-Агро».

**Методики.** Исследования основаны на методиках экспертной оценки всей производимой ООО «Пегас-Агро» техники, а также на результатах сравнительных полевых исследований Самарским ГАУ эффективности таких машин «Туман», как опрыскиватель и мультиинжектор [5] при внесении жидких азотных минеральных удобрений на основе карбамидно-аммиачной смеси КАС-как поверхностно, так и внутрипочвенно - на озимой пшенице.

**Результаты исследований и обсуждение.** Экспертная оценка широко распространенных в АПК России машинных комплексов «Туман» свидетельствует в первую очередь об эффективно-выбранной 3-х осевой ходовой платформе с шинами низкого и сверхнизкого давления. Данное техническое решение направлено главным образом на снижение удельного давления ходовых колес шлейфа машин для работы по различным агрохимическим технологиям на почву и сельхоз-культуры - в исследованиях это раскустившаяся озимая пшеница при ее подкормке в разные фазы развития - от кущения, выхода в трубку. При этом уменьшение общего веса агрегата с технологическими химсредствами не снижает, а улучшает его проходимость особенно по мерзлой и переувлажненной почве, когда внесение удобрений для подкормки сельхоз-культур наиболее эф-

фективно. Также при отсутствии необходимости в тяговом усилии ходовой части агрегата из-за его конструктивных особенностей увеличение его веса для сцепных свойств ходовой системы не требуется, тем самым возможно увеличение полезного объема вносимых химсредств.

В связи с возросшим у аграриев вниманием к повышению эффективности минеральных удобрений из-за значительного повышения их цены значительно увеличиваются более эффективные технологии внесения, к которым относится внутрпочвенное внесение особенно перспективных жидких трех-компонентных по азоту минеральных удобрений на основе карбамидно-аммиачной смеси - КАС, в которой из 32% азота в нитратной и аммонийной формах содержится по 8% ( $8+8=16\%$ ), а 16% - в амидной форме. Первый вариант-аналог сельхозмашины-ликвилайзер для инъекторного внесения КАС в почву был представлен в России голландской фирмой DUPORT, однако эти машины очень дорогие и отечественные фирмы стали разрабатывать и производить их сами. Из порядка 10 различных отечественных машин - аналогов DUPORT, широкое распространение в АПК РФ получили самоходные агрегаты-мультиинжекторы «Туман» (рисунок1а) Самарской фирмы «Пегас-Агро» и некоторых других. В связи с чем Самарский ГАУ проводит лабораторно-полевые исследования эффективности данного агрегата при внесении жидких удобрений КАС в сравнении с самоходным опрыскивателем «Туман» (рисунок1б) той же фирмы.



а)



б)

Рисунок 1 - Агрегаты фирмы «Пегас-Агро» для агрохимических работ в земледелии: а)-мультиинжектор «Туман-2М», б)-Опрыскиватель штанговый «Туман-2»

Исследования проводятся на опытных полях Самарского ГАУ. В 2021 году на озимой пшенице сорта «Базис» селекции Самарского НИИСХ совместно с ООО МИП «Агроакадемия» исследовался агрегат «Туман» - мультиинжектор в сравнении с опрыскивателем также фирмы ООО «Пегас-Агро» с пятиструйными крупнокапельными форсунками. В опытах Самарского ГАУ изучался КАС с серой (S), содержащий азота N-26% и серы S-4%). Агрегаты ООО «Пегас-Агро» использовались отдельно и совместно при норме внесения КАС+S-200 л/га. Сравнительная эффективность отдельного и одновременного внесения жидких удобрений мультиинжектором и опрыскивателем представлена на рисунке 2 и 3.

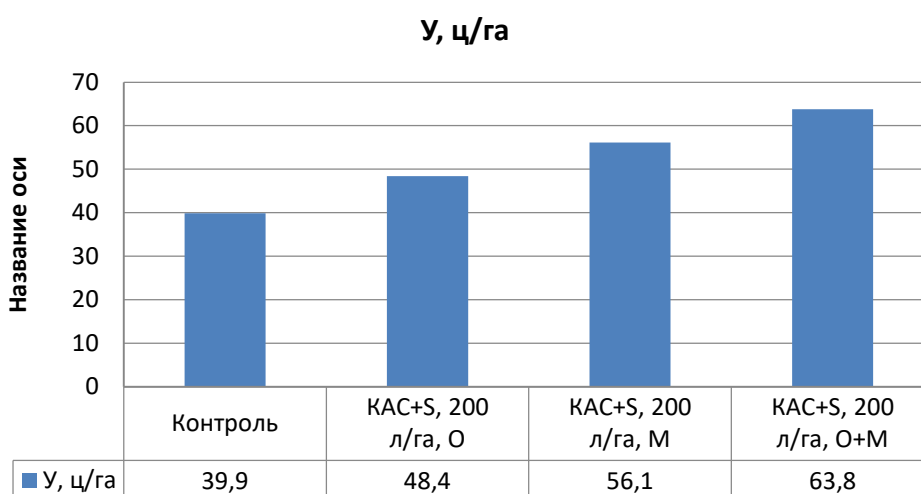


Рисунок 2 - Повышение урожайности (ц/га) озимой пшеницы «Базис» от применения жидких минеральных удобрений КАС+S техникой ООО «Пегас-Агро»: в фазу кущения опрыскивателем (О), мультиинжектором (М) и совместно (О+М) по сравнению с контролем

Оценка урожайности озимой пшеницы в опытах показала более эффективное - на 20% с 48,4 до 56,1 ц/га влияние внутрипочвенной обработки мультитинжектором по сравнению с листовой обработкой опрыскивателем в фазу кущения. Обработка опрыскивателем одновременно с мультитинжектором повлияла на увеличение урожайности до 60% или 63,8 ц/га по сравнению с контролем.

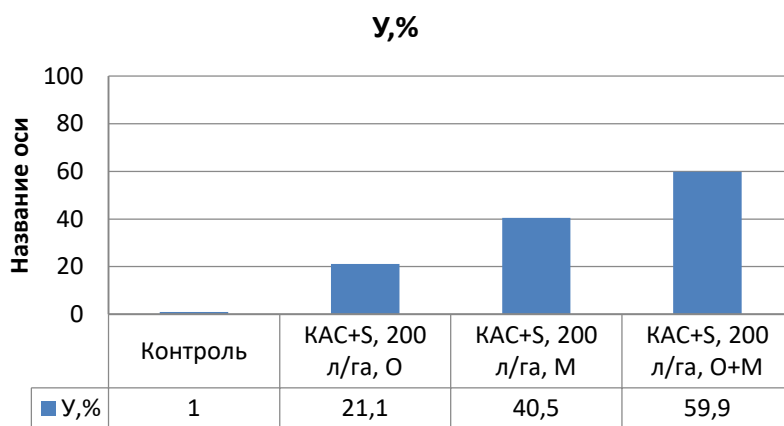


Рисунок 3 - Урожайность (%) озимой пшеницы сорта «Базис» при обработке поверхностно в фазу кущения опрыскивателем (О), внутрипочвенно мультинжектором (М) и ярусно совместно опрыскивателем и мультинжектором (О+М)

В целом сравнивая урожайность озимой пшеницы, обработанной в фазу кущения жидкими минеральными удобрениями КАС+S нормой 200 л/га, необходимо отметить, что урожайность озимой пшеницы без весенней подкормки жидкими удобрениями удобрениями-контроль на 21,2; 40,5 и 59,9% ниже, чем обработанных опрыскивателем, мультинжектором и опрыскивателем+мультинжектором (рисунок 3). Оценка качества зерна озимой пшеницы проводилась по основным мукомольным показателям: белку и клейковине. Применение КАС+S при норме внесения 200 л/га опрыскивателем, мультинжектором и при ярусной обработке повышают классность пшеницы по белку с III до I кл., а по клейковине с III до II кл. по сравнению с пшеницей не обработанной жидкими удобрениями.

Другие агрегаты ООО «Пегас-Агро»: самоходный разбрасыватель сыпучих минеральных удобрений «Туман-2» (рисунок 4а) и вентиляторный опрыскиватель «Туман» (рисунок 4б) оценивались в экспертной форме в соответствии с их назначением по эффективным решениям конструкции машин в целом и их составных основных элементов для качественного выполнения инновационных агрохимических технологий, в частности внесение жидких минеральных удобрений без ожога обрабатываемых сельскохозяйственных культур, особенно таких как кукуруза и подсолнечник.





а)



б)

Рисунок 4 - Агрегаты фирмы «Пегас-Агро» для агрохимических работ в земледелии: а) - разбрасыватель сыпучих минеральных удобрений «Туман-2», б)-Вентиляторный опрыскиватель «Туман» для жидких инсектицидов

Так конструктивная схема самоходного разбрасывателя сыпучих минеральных удобрений «Туман-2» со сравнительно небольшим весом, относительно аналогичных по назначению традиционных агрегатов - из колесного трактора и навесного разбрасывателя удобрений, и трехосная ходовая система с пневматическими колесами низкого давления, позволяет из-за своей высокой проходимости проводить подкормку озимых культур в ранние сроки и не повреждать растения в значительной степени. А как известно оптимальный срок проведения подкормок в ранней стадии определяется возможностью «войти» машино тракторными агрегатами в поле. Максимальный эффект ранневесенней подкормки озимых колосовых достигается при проведении её в период возобновления весенней вегетации (ВВВВ). Для большинства сортов отечественной селекции это 3-5 градусов тепла среднесуточной температуры. Главным ориентиром является отрастание вторичной корневой системы (появление белых корешков на корневой системе озимых культур). При этом происходит активация роста растения и накопление азота в почве для его использования в более поздние фазы, получение максимума продуктивных стеблей (увеличение кущения) и закладка растению высокого потенциала по количеству зерен в колосе. Также повышаются качественные показатели урожая (содержание белка и пр.).

Относительно вентиляторного опрыскивателя «Туман» (рисунок 4б) реко-

мендуется его иметь (количество – по площади земельных угодий и не только засеваемых) всем агропредприятиям с учетом потенциальных фитосанитарных рисков при выращивании сельхоз-культур по комплексам специализированных вредителей. Этот агрегат является элементом системы защиты культур от вредных организмов и больше ориентирован на профилактику, хотя при отсутствии или высокой стоимости авиационных обработок вентиляторный опрыскиватель «Туман» эффективен непосредственно и при борьбе с вредителями. Он позволяет снизить число обработок. При этом считается, что самую высокую эффективность обеспечивают краевые обработки посевов в системе инсектицидной защиты. Это объясняется биологией развития вредителей, которые, выходя из мест зимовки (лесополосы, посадки, необработанные земли, луга и т.п.), начинают активное питание с краев поля, прежде чем войти в репродуктивную стадию. Среди основных вредителей, которых можно эффективно контролировать краевыми обработками, можно назвать блошек, тлей, долгоносиков, клещей. По перечисленным агрегатом необходимо отметить, что ООО «Пегас-Агро» постоянно их модернизирует в плане улучшения технологических возможностей, удобства обслуживающего персонала, дизайна, что видно на примере самоходного опрыскивателя «Туман-3».



Рисунок 4 - Модернизированный самоходный опрыскиватель «Туман-3»

Таким образом идеология создания системы машин «Туман» сельхозмашино-строительным предприятием ООО «Пегас-Агро» (Россия) в соответствии с современными тенденциями перехода от однооперационных сельхозмашин (почвообрабатывающие, сеялки, для внесения твердых и жидких минеральных

удобрений) – до сложных многофункциональных технологических комплексов на единой энергетически-ходовой базе эффективна, так как позволяет при необходимости в течении 5 часов перестраивать агрегат для требуемых в сложившейся ситуации технологий.

### **Выводы**

Сельхоз-агрегаты «ТУМАН» ООО «ПЕГАС-АГРО» на универсальной ходовой платформе достойным образом занимают свою нишу в системе специализированных машин для решения основных агрохимических проблем в земледелии с высокой эффективностью, надежностью, мобильностью и перспективой дальнейшего технико-технологического развития.

### **Литература**

1. Милюткин В.А., Буксман В.Э. Технико-агрохимическое обеспечение повышения урожайности и качества сельхозпродукции внесением жидких минеральных удобрений // Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства: сборник статей IV Международной научно-практической конференции / ответственный за выпуск Е.А.Галиуллина. Пенза. 2018. С. 122-127.

2. Комплексное обеспечение инновационных технологий производства сельскохозяйственных культур с применением жидких азотных удобрений КАС / В.А.Милюткин, В.Н. Сысоев, А.Н.Макушин, Н.Г.Длужевский // Вестник ИрГСХА. 2022. № 108. С. 19-31.

3. Перспективные инновационные техника и технологии для внесения жидких азотных минеральных удобрений КАС / В.А. Милюткин, В.А. Иванов, А.В. Попов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. Т. 7. № 1. С. 38-47.

4. Милюткин В.А. Инновационные техника и технологии применения жидких удобрений КАС в регионах с недостаточным увлажнением при прогнозируемом глобальном потеплении / В.А. Милюткин // Монография. Кинель. 2021. 181 с.

5. Исследование эффективности инновационной технологии внесения жидких удобрений КАС внутрпочвенно и поверхностно агрегатами «Пегас-Агро» / В.А. Милюткин, Н.Г. Длужевский, А.П. Цирулев, А.В. Попов // Актуальные вопросы агропромышленного комплекса России: материалы всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 85-летию со дня рождения Заслуженного работника высшей школы РФ, профессора, доктора сельскохозяйственных наук Хуснидинова Шарифзяна Кадиновича. Молодёжный, 2021. С. 114-121.

6. Милюткин В.А., Длужевский Н.Г., Длужевский О.Н. Технико-технологическое обоснование эффективности жидких минеральных удобрений на базе КАС-32, целесообразность и возможность расширения их использования // АгроФорум. 2020. № 2. С. 47-51.

7. Милюткин В.А., Буксман В.Э. Инновационные технические решения для внесения жидких и твердых минеральных удобрений одновременно с посевом // Техника и оборудование для села. 2018. № 10. С. 16-21.

8. Милюткин В.А., Милюткин А.В., Беляев М.А. Эффективность дифференцированного внесения минеральных удобрений комбинированным агрегатом при энерго-ресурсосберегающих технологиях // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. № 4. С. 73-74.

9. Преимущество жидких минеральных удобрений на базе КАС-32 по сравнению с твердыми-аммиачная селитра - на подсолнечнике и кукурузе / В.А. Милюткин, В.Н. Сысоев, А.Н. Макушин, Н.Г. Длужевский, С.В. Богомазов // Нива Поволжья. 2020. № 3 (56). С. 73-79.

10. Милюткин В.А., Длужевский Н.Г. Логистика жидких удобрений ПАО «Куйбышев-Азот» - от завода до сельхозпредприятия - АПК // Теоретические и концептуальные проблемы логистики и управление цепями поставок: сборник статей II Международной научно-практической конференции. 2020. С. 49-53.

УДК 631.348.45

## **ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ СНОСА ПЕСТИЦИДОВ ПРИ ОПРЫСКИВАНИИ**

*к.т.н., Гордеенко О.В.,*

*магистр техн. наук, Груша Г.А., [grisha.pear@mail.ru](mailto:grisha.pear@mail.ru)*

*Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия, Беларусь*

*канд. техн. наук, Крук И.С.,*

*Белорусский государственный аграрный технический университет, Беларусь*

## **ABILITY TO USE AIR CURRENTS TO REDUCE PESTICIDE DRIFT WHEN SPRAYING**

*Candidate of Engineering Sciences Gordeenko O.V.,*

*Master of Engineering Science Grusha G.A., [grisha.pear@mail.ru](mailto:grisha.pear@mail.ru)*

*Belarusian State of the Orders of the October Revolution and the Order of the Labour Red Banner Agricultural Academy, Belarus*

*Candidate of Engineering Sciences, Kruk I.S.,*

*Belarusian State Agrarian Technical University, Belarus*

**Аннотация.** Использование воздушного потока направляемого ветрозащитным устройством ликвидирует эффект смещения факела распыла под действием ветра при опрыскивании. Проведены исследования, где определяли максимальный снос капель от центра факела распыла в направлении потока воздуха, искусственно создаваемого вентилятором.

**Annotation.** *The use of air flow guided by a wind deflector eliminates the effect of wind shifting the spray pattern when spraying. Studies have been carried out where the maximum drift of drops from the center of the spray cone in the direction of the air flow artificially created by the fan was determined.*

**Ключевые слова:** снос капель, пестициды, опрыскивание, воздушный поток, ветрозащитное устройство.

**Keywords:** *drifting drops, pesticides, spraying, air flow, wind protection device.*

### **Введение**

Существуют различные методы повышения качества внесения рабочих растворов и снижения потерь пестицидов при опрыскивании. Наибольший эффект с относительно небольшими затратами может дать использование при опрыскивании дополнительного воздействия воздушного потока [1]. Воздуш-

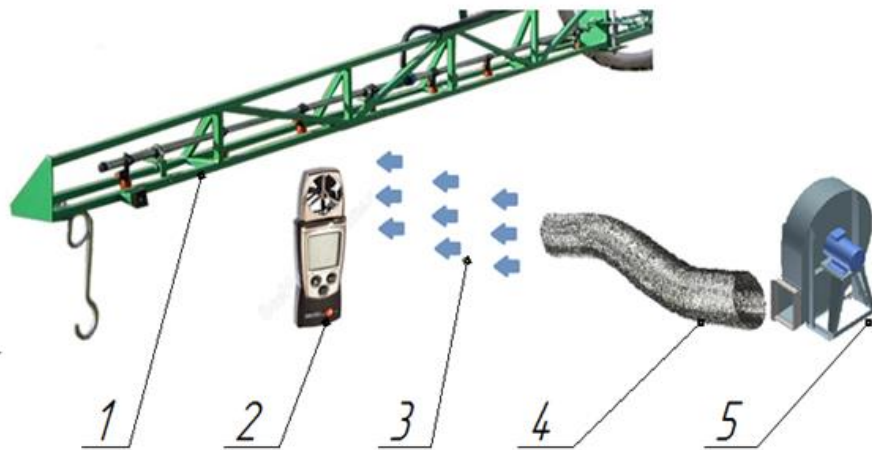
ные потоки широко применяются в работе различных сельскохозяйственных машин и должны учитываться как существенный фактор их функционирования [2]. Однако даже самые современные опрыскиватели не могут обеспечить технологический процесс опрыскивания без сноса рабочих растворов пестицидов.

Процесс сноса капель рабочего раствора с учетом воздействия на них факторов окружающей среды до конца не изучен, вследствие чего результаты практических экспериментов носят различный, иногда противоречивый характер.

Чтобы технологический процесс опрыскивания пестицидов был качественным и эффективным необходимо равномерное распределение и точное покрытие растворами обрабатываемой поверхности. При использовании обычных полевых опрыскивателей эти две цели достигаются за счет распыления раствора пестицида в виде капель из штанги опрыскивателя [3]. Во время полета капля от штанги до обрабатываемой поверхности, на капли воздействуют преобладающие воздушные потоки. Это может повлиять на распределение рабочего раствора под штангой, вызвать потери в виде сноса капель. Опираясь на факты, было принято решение исследовать максимальный снос капель от центра факела распыла в направлении потока воздуха, искусственно создаваемого вентилятором в почвенном канале лаборатории кафедры сельскохозяйственных машин УО БГСХА.

### **Результаты и их обсуждение**

В исследовании определяли максимальный снос капель от центра факела распыла в направлении потока воздуха, искусственно создаваемого вентилятором. Для этого использовали (рисунок 1) центробежный вентилятор 5 с регулируемой заслонкой. Для измерения параметров воздушного потока 3 пользовались прибором Testo 410-1 2, измерительным элементом которого является встроенная крыльчатка диаметром 40 мм. Прибор позволял производить замеры скорости потока воздуха в диапазоне 0,4–20 м/с с погрешностью  $\pm 0,2$  м/с и разрешением 0,1 м/с. Использовалась также измерительная металлическая рулетка. Опрыскиватель JASTO Condor 800 с разложенной в рабочее положение штангой 1 был установлен в почвенном канале кафедры сельскохозяйственных машин УО БГСХА (рисунок 1).



1 – штанга опрыскивателя; 2 – прибор Testo 410-1; 3 – воздушный поток;  
4 – гибкий раструб; 5 – вентилятор  
Рисунок 1 - Схема установки

Согласно плану экспериментов устанавливали скорость воздушного потока в точке пересечения осей факела со значениями: 1,6; 3,0; 5,8; 9,1 м/с. После достижения требуемой скорости воздушного потока (рисунок 2) регулировкой заслонки вентилятора, включали распыл (рисунок 3) и фиксировали процесс с помощью видеокамеры.



Рисунок 2 – Показания прибора Testo 410-1

При этом в роли целевой функции принималась дальность сноса капель осевшей жидкости за пределами целевого объекта обработки на различных расстояниях.

Замер величины сноса капель определяли при помощи металлической рулетки, ориентируясь на следы капель, оставляемые на водочувствительной бумаге, разложенной по направлению воздушного потока на полу.



Рисунок 3 – Замеры сноса капель

Обработка данных производилась с помощью программы для работы с электронными таблицами Microsoft Excel. Данные сводились в таблицу 1.

Таблица 1 - Результаты исследований по сносу капель

Скорость воздушного потока, м/с	Снос капель, м
1,6	2
3	2,7
5,8	3,8
9,1	8,2

Построены информационные графики.

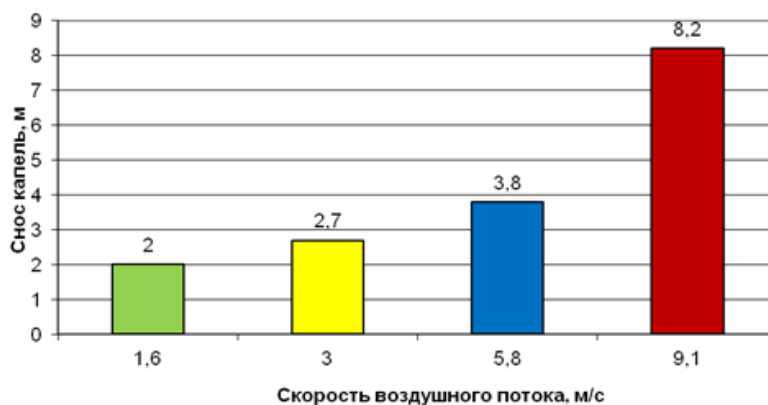


Рисунок 4 – График сноса капель

По итогам проведения исследований в соответствии с разработанной методикой было определено, что при увеличении скорости воздушного потока происходил недопустимый снос капель факела распыла. Результаты отображены на графике (рисунок 4).

Снизить снос рабочего раствора позволяет использование ветрозащитных устройств активного действия, реализованных в объемных опрыскивателях. В данных конструкциях используется принцип осаждения капель создаваемым направленным воздушным потоком. Сравнительные исследования показателей эффективности работы таких опрыскивателей фирм JACTO и RAU проводились в Белоруссии [4]. Проведенные сравнительные испытания позволили сделать заключение о преимуществах системы воздушного сопровождения процесса опрыскивания по сравнению с обычной штангой. Однако такие опрыскиватели значительно дороже и сложнее по конструкции обычных [5].

Пассивные и комбинированные ветрозащитные устройства в виде экранов и щитков эффективны при использовании опорных элементов для поддержания штанги, при небольшой ширине захвата штанги или при ленточном внесении рабочих растворов пестицидов [6, 7, 8].

Для повышения качества обработки сельскохозяйственных культур предлагается использовать штанговый опрыскиватель с ветрозащитным устройством не требующим дополнительных энергозатрат и сложных конструкций (рисунок 5).

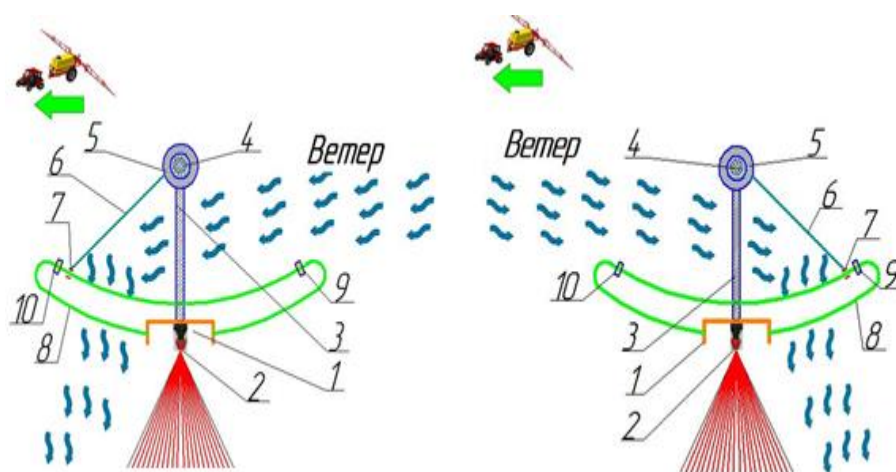


Рисунок 5 - Ветрозащитное устройство штангового опрыскивателя [7]

Штанга имеет секционную раму 1 арочной конструкции, вдоль которой с постоянным шагом установлены разбрызгивающие форсунки 2. Над каждой секцией рамы на специальных стойках 3 натянуты гибкие тросы 4, размещен-



ные на одной вертикали с форсунками 2. Использование тросов 4 обеспечивает снижение металлоемкости и не препятствует складыванию штанги в транспортное положение. На тросы 4 одеты втулки 5, к которым приклеено воздухо- непроницаемое и несмачиваемое полотно 6. Вдоль нижнего края полотна 6 прикреплены ползуны 7, расстояние между которыми равно шагу между форсунками 2. Ползуны 7 одеты на дугообразные направляющие 8, которые жестко прикреплены к раме 1 над форсунками 2.

При работе опрыскиватель перемещается по полю в заданном направлении. При этом возможны крайние варианты встречного или попутного воздействия ветра. При встречном действии ветра, а также за счет скорости движения агрегата, возникает сила давления воздуха на полотно 6, которое выполняет функцию паруса. При этом полотно 6 отклоняется назад. Поворот полотна 6 возможен за счет шарнирного крепления на тросе 4 и смещения ползунов 7 по направляющим 8. Полотно 6 направляет воспринимаемый воздушный поток вниз, осаждая капли пестицида на объекты обработки, ликвидируя эффект смещения факела распыла под действием ветра. При попутном направлении ветра рабочий процесс протекает аналогично, только полотно 6 смещается вперед по ходу движения опрыскивателя. Воздушный поток направляется впереди факела распыла и также способствует осаждению капель, повышая качество опрыскивания. При действии ветра под углом к направлению движения будут наблюдаться промежуточные варианты отклонения полотна 6 с сохранением положительного эффекта защитного воздействия. Размещение направляющих 8 над форсунками 2 создает одинаковые условия для эффективной защиты каждого факела распыла.

### **Заключение**

Проведены лабораторные исследования процесса сноса жидкости при использовании гидравлических распылителей различного типа (щелевые, вихревые, центробежные). Отмечено, что при изменении скорости ветра от 3,0 до 9,1 м·с<sup>-1</sup> происходит резкое увеличение количества снесенной жидкости.

Одним из направлений уменьшения потерь пестицидов из-за сноса при обработках в ветреную погоду является усовершенствование конструкций опрыскивателей и использование ветрозащитных устройств.

Полученные результаты использованы при разработке ветрозащитного устройства полевого опрыскивателя, на который получен патент на полезную модель.

После модернизации опрыскивателя планируется проведение сравнительных опытов в хозяйствах при внесении пестицидов на больших площадях.

### Литература

1. Состояние и перспективы защиты растений: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 45-летию со дня организации РУП «Институт защиты растений» (Минск-Прилуки, 17-19 мая 2016г.) / Науч.-практ. центр по земледелию; Ин-т защиты растений; редкол.: Л.И. Трепашко (гл.ред) и др.. Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси. 2016. 37 с.
2. Научные стремления-2019: сборник материалов Международной научно-практической молодежной конференции в рамках Международного научно-практического инновационного форума «INMAX'19» (Минск, 11-12 декабря 2019г.). В 3 ч. Ч. 1. / ОО «Центр молодежных инноваций», ООО «Минский городской технопарк». Минск: Лаборатория интеллекта, 2019. 9 с.
3. Ву Р К JENSEN Spray deposition uniformity and spray drift from three conventional application techniques. Aarhus University, Department of Agroecology, DK-4200 Slagelse, Denmark
4. Клочков А.В., Клочкова В.С., Маркевич, А.Е. Работа опрыскивателя с использованием дополнительного воздушного потока // Земледелие и защита растений. Республика Беларусь, 2006. № 5. С. 39–41.
5. Интернет портал [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-i-sredstva-primeneniya-pestitsidov-pri-proizvodstve-rastenievodcheskoy-produktsii/viewer>. – Дата доступа: 30.03.2022.
6. Крук И.С., Кот Т.П., Гордеенко О.В. Минск Способы и технические средства защиты факела распыла от прямого воздействия ветра в конструкциях полевых опрыскивателей: монография: БГАТУ, 2015. 284 с.
7. Штанга опрыскивателя с ветрозащитным устройством: пат.на полез. модель ВУ 12820 / А.В. Клочков, О.В. Гордеенко, И.С. Крук, А.Е. Маркевич, Г.А. Груша. 2022.02.28
8. Подшиваленко И.Л., Кузюр В.М. Обоснование рабочей ширины захвата штанги машины для внесения жидких органических удобрений // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2013. № 1 (12). С. 18-23.

**ОЦЕНКА РАСТЯНУТОСТИ ЛЕНТЫ  
ЛЬНА-ДОЛГУНЦА ФОРМИРУЕМОЙ ТЕРЕБИЛЬНЫМ АППАРАТОМ  
ЛЬНОУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ**

*д.т.н., профессор Астахов В.С., к.т.н., Гордеенко О.В.,  
к.т.н., Курзенков С.В., [sergkrz@tut.by](mailto:sergkrz@tut.by)*

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Беларусь*

***STRETCH STRETCH EVALUATION  
FLAX HARVESTING MACHINE FORMED BY THE PICKERING DEVICE  
Doctor of Technical Sciences, Professor Astakhov V. S., Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor Gordeenko O. V., Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor Kurzenkov S.V., [sergkrz@tut.by](mailto:sergkrz@tut.by)  
Belarusian State Agricultural Academy, Belarus***

**Аннотация.** В статье рассмотрены теоретические аспекты формирования растянутости ленты стеблей льна в процессе уборки теребильными аппаратами с продольными криволинейными ручьями типа ЛК-4А и «Двина-4М». Проведен анализ схем взаимодействия рабочих органов со стеблями, определены факторы образующие составляющие растянутости и приведены аналитические зависимости. Установлено, что на величину растянутости ленты льна оказывают влияние конструктивные параметры делителей и теребильного аппарата, а также высота теребления и кинематического показателя работы агрегата. Получена математическая модель позволяющая определить растянутость ленты стеблей льна формируемой в процессе теребления при изменяющихся технологических параметрах, таких как высота стеблестоя (высота стеблей), высота теребления и показателя скоростного режима.

**Annotation.** *The article deals with the theoretical aspects of the formation of the stretching of the flax stem ribbon in the process of harvesting by pulling devices with longitudinal curvilinear streams of the LK-4A and Dvina-4M types. The analysis of the schemes of interaction of the working bodies with the stems was carried out, the factors forming the components of the extension were determined and the analytical dependences were given. It has been established that the design parameters of the dividers and the pulling apparatus, as well as the height of pulling and the kinematic index of the unit's operation, influence the magnitude of the stretching of the flax belt. A mathematical model has been obtained that makes it possible to determine the stretching of the flax stem ribbon formed in the process of pulling with changing technological parameters, such as the height of the stem (stem height), the height of the pull and the speed mode indicator.*

**Ключевые слова:** лен, теребильный аппарат, растянутость ленты льна, лента стеблей льна, делитель, уборка льна.

**Keywords:** *flax, pulling apparatus, stretching of flax tape, flax stalks tape, divider, flax harvesting.*

**Введение.** Для всех операций технологий уборки характерны типовые операции, такие как теребление, очес (обмолот) семенной части, вспушивание, оборачивание лент, их прессование. Одним из негативных показателей работы льноуборочной техники является формирование растянутости ленты льна. Растянутость снопа льносоломы (льнотресты) – отношение средней сноповой длины к средней горстевой длине [1, 2]. Растянутость ленты льна усложняет

последующие процессы, в частности очес (обмолот) ленты льна, ее прессование и трепание в линии первичной переработки [3]. Как показывает практика, наибольший вред качеству лент стеблей приносят обязательные технологические операции по приготовлению и уборке льнотресты, которые многократно и неминуемо увеличивают растянутость лент льна.

**Постановка задачи.** Формирование растянутости ленты льна происходит при проведении каждой операции проводимой во время уборки льна-долгунца, и чем больше операций производится, тем больше формируется растянутость ленты льна. Делители и теребильные ручки, в процессе уборки льна, работают в самых разнообразных условиях. Наиболее неблагоприятные условия работы делителей и теребильного аппарата возникают при тереблении изреженного и короткостебельного льна в стадии конца зеленой спелости и начале ранней желтой спелости, а также в условиях полегания стеблестоя [2, 3, 4].

Таким образом, очевидно, что растянутость ленты льна увеличивается после проведения каждой операции уборочного процесса. Для качественного анализа влияния рабочего процесса льноуборочной техники необходимо определить составляющие процессы и факторы, оказывающие влияние на растянутость ленты льна. Определить теоретическую зависимость растянутости ленты льна от данных факторов.

Вопросы теории образования растянутости ленты льна в теребильном ручье рассматривались и раньше в работах по исследованию подвода стеблей в ручей и их зажатия ремнями [5, 6], а также в расчетах теребильных аппаратов и выбора скорости движения теребильных лент изложены в работах немецких исследователей Войчак и Винтер [7] и польского исследователя М. Янияк [8]. Однако их рассмотрение проводилось опосредовано и под влиянием того или иного рабочего органа. Это не позволяет оценить совокупную растянутость, которая формируется в результате работы сельскохозяйственной машины.

**Основная часть.** Первым технологическим процессом в уборочном цикле оказывающим влияние на растянутость является теребление, которое осуществляется вне зависимости от применяемой технологии.

При работе терebильного аппарата наклоняемые делителями стебли, сходя с прутков, попадают в зону действия терebильных ремней (рисунок 1, а). Ширина этой зоны  $2B_1$ , а границы находятся в точках  $B_1$  и  $B_2$ , где и начинается подвод стеблей в ручей ремнями.

Относительный сдвиг в ленте формируется в первую очередь при взаимодействии стеблей с делителями и при взаимодействии стеблей с терebильным аппаратом. При взаимодействии стеблей с делителями происходит наклон стеблей непосредственно взаимодействующих с делителем в продольном направлении по ходу движения машины и в поперечном направлении к точке  $K$ . При этом наибольшему наклону подвержены стебли льна наиболее удаленные от точки  $K$  зажима терebильными ремнями и наименьшему наклону подвержены стебли расположенные в центре терebильной секции.

В общем виде, растянутость ленты льна можно представить как

$$\lambda = \frac{l_{ст} + \Delta l}{l_{ст}} = 1 + \frac{\Delta l}{l_{ст}}, \quad (1)$$

где  $l_{ст}$  – длина стебля льна, м;

$\Delta l$  – смещение (относительный сдвиг) стеблей в ленте льна, м.

Относительный сдвиг стеблей  $\Delta l_{ст}$  связан с тем, что затягивание стеблей в терebильный ручей происходит на разной высоте.

Растянутость ленты льна, формируемая работой делителей, образуется следующим образом. В процессе движения сельскохозяйственной машины, делители надвигаются на стеблестой, упираются боковыми стеблеподводами в него и, преодолевая сопротивление отдельных стеблей изгибу, подводят их в центр, тем самым наклоняют. При этом боковые стеблеподводы взаимодействуют сначала со стеблями наиболее близко к ним расположенными, а затем по мере продвижения – со стеблями расположенными ближе к центру. Такое воздействие делителей на стебли льна приводит к тому, что они отклоняются от своей оси, как в направлении движений сельскохозяйственной машины (угол  $\gamma_x$ ) (рисунок 1, в), так и перпендикулярно движению – в центр между двумя смежными делителями (угол  $\gamma_y$ ) (рисунок 1, б). В свою очередь стебли льна

расположенные в центре между двумя смежными делителями воздействию последних практически не подвергнуты и имеют минимальное отклонение от своей оси. В таком случае стебли расположенные в центре теребивильной секции затягиваются в точке  $A'$ , а крайние стебли – в точке  $A$  (рисунок 1, б), что и формирует относительный сдвиг.

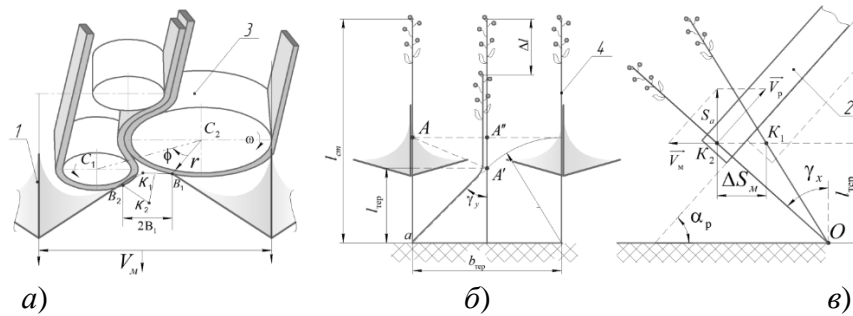


Рисунок 1- Схема теребления стеблей льна из почвы аппаратом с продольными ручьями:  $a$  – вид сверху;  $b$  – вид спереди;  $в$  – вид сбоку;  $1$  – делитель;  $2$  – теребивильный ремень;  $3$  – ролик;  $4$  – стебель льна

Так как ремни, обтягивающие шкивы  $C_1$  и  $C_2$ , совершают сложные движения, а именно, переносное (поступательное вместе с машиной) и относительное (вращательное вместе со шкивами вокруг осей  $C_1$  и  $C_2$ ) (рисунок 1,  $a$ ), то траектории точек ремней относительно земли зависят от отношения скоростей машины и теребивильных ремней. Это отношение является показателем скоростного режима  $\zeta$ .

$$\zeta = \frac{v_M}{v_p \cdot \cos \alpha_p} \text{ или } \zeta = \frac{S_M}{S_p \cdot \cos \alpha_p}, \quad (2)$$

где  $\zeta$  – показатель скоростного режима;

$v_M$  – скорость движения машины, м/с;

$v_p$  – скорость теребивильных ремней, м/с;

$S_M$  – расстояние пройденное машиной за единицу времени  $t$ , м/с;

$S_p$  – расстояние преодолеваемое точкой теребивильного ручья за единицу времени  $t$ , м/с;

$\alpha_p$  – угол наклона теребивильного ручья, град.

Проводя анализ затягивания стеблей ремнями, согласно Г. А. Хайлиса [9] можно установить, что при малых значениях показателя скоростного режима траектории точек ремней будут иметь вид  $B_1K_1$  и  $B_2K_1$ , а при больших значениях этого показателя –  $B_1K_2$  и  $B_2K_2$ .

Воздействие ремней на стебли может вызвать дополнительный наклон крайних стеблей и увеличение растянутости пучка вытеребленных стеблей. Дополнительный наклон будет весьма мал при малых значениях показателя и значительным при больших значениях  $\lambda$ . Ввиду этого растянутость вытеребленных стеблей увеличивается с ростом скоростного режима, что ведет к снижению чистоты тербления.

Таким образом, для оценки растянутости формируемой в процессе тербления ленты льна необходимо рассмотреть два положения: стебель, находящийся в середине тербильной секции (неподверженный отклонению) и стебель, расположенный у вершины делителя, отклоняемый в процессе работы от своей первоначальной оси на некоторый угол  $\gamma$  (рисунок 2, а).

Величину  $\Delta l$  можно представить как

$$\Delta l = OA' - OA, \quad (3)$$

а величину  $OA'$  определить по формуле

$$OA' = \frac{OA}{\cos \gamma}, \quad (4)$$

где  $\gamma$  – угол наклона стебля льна наиболее удаленного от центра тербления, рад.

В свою очередь тангенс угла  $\gamma$  можно найти как

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{AA'}{OA}. \quad (5)$$

Из прямоугольного треугольника  $AA'B$  катетами  $x_A$  и  $y_A$  найдем  $AA'$

$$AA' = \sqrt{x_A^2 + y_A^2}, \quad (6)$$

где  $x_A$  – величина смещения точки  $A$  принадлежащей стеблю льна при взаимодействии ремнем тербильного аппарата на протяжении времени  $t$  с момен-

та начала взаимодействия, до момента затягивания стебля льна в теребивильный ручей, м;

$y_A$  – величина смещения точки  $A$  принадлежащей стеблю льна при взаимодействии с боковым стеблеподводом делителя, м. Максимальное его значение не превышает половины захвата одной теребивильной секции  $b_{тер}/2$ .

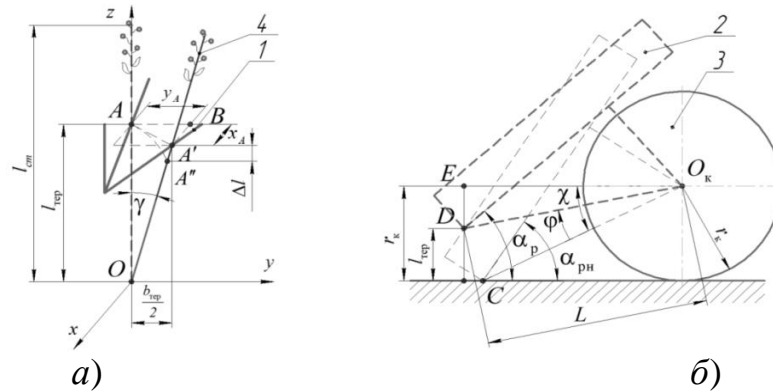


Рисунок 2 - Схема к определению параметров относительного сдвига стеблей в ленте льна: *а* – схема привязки делителя со стеблем льна к пространственной системе координат; *б* – теребивильный аппарат в двух положениях (вид сбоку); 1 – делитель; 2 – теребивильный аппарат; 3 – полевое колесо; 4 – стебель льна

Время  $t$  с момента начала взаимодействия теребивильного аппарата со стеблем, до начала его затягивания в теребивильный ручей можно определить как (рисунок 1, *а*)

$$t = \frac{\phi}{\omega} = \frac{\phi \cdot r_{ш}}{v_p}, \quad (7)$$

где  $\phi$  – угол поворота шкива теребивильного аппарата до затягивания стебля в теребивильный ручей, рад;

$\omega$  – угловая скорость вращения шкива теребивильного аппарата, рад/с;

$r_{ш}$  – радиус ведомого шкива теребивильного аппарата, м;

$v_p$  – скорость движения теребивильного ремня, м/с.

В свою очередь величина  $x_A$  зависит от скоростного режима сельскохозяйственной машины. Поскольку при условии отсутствия проскальзывания и номинальной частоте вращения вала отбора мощности скорость ремней теребивиль-



ного аппарата постоянная, то фактором определяющим величину  $x_A$  является скорость самой сельскохозяйственной машины. Тогда  $x_A$  можно определить по формуле

$$x_A = S_M = v_M \cdot t, \quad (8)$$

где  $v_M$  – скорость движения сельскохозяйственной машины, м/с;

$S_M$  – путь пройденный с. х. машиной за время  $t$ , м.

Из схемы (рисунок 2, а) видно, что величина  $OA$  соответствует высоте тербления  $l_{тер}$ , которая должна составлять 1/3 длины стебля льна.

С учетом зависимостей (4), (5), (6), (7) и (8) после некоторых преобразований выражение (3) примет вид

$$\Delta l = l_{ст} \left( \frac{\sqrt{S_M^2 + \frac{b_{тер}^2}{4} + l_{тер}^2}}{l_{тер}} - 1 \right). \quad (9)$$

Как видим из выражения (9) на величину относительного сдвига стеблей в ленте льна при терблении оказывает воздействие конструктивные параметры (ширина захвата тербильной секции) и технологические (угол наклона тербильного аппарата и высота тербления). Так же следует отметить присутствие показателя скоростного режима в виде  $S_M$ .

Анализируя зависимость (2) следует отметить влияние угла установки тербильного аппарата  $\alpha_p$  на показатель кинематического режима. В свою очередь угол установки тербильного аппарата  $\alpha_p$  зависит от высоты тербления  $l_{тер}$ . Связь между этими показателями можно выявить проанализировав схему (рисунок 2, б). Поскольку поднятие и опускание тербильного аппарата происходит вращением полурамы тербильного аппарата вокруг оси полевого колеса  $O_k$ , то высоту тербления  $l_{тер}$  можно определить по зависимости

$$l_{тер} = r_k - L \cdot \sin(\chi - \varphi), \quad (10)$$

где  $r_k$  – радиус полевого колеса, м;

$L$  – расстояние от оси вращения полевого колеса до точки начала затягивания стеблей льна в теребивильный ручей, м;

$\chi$  – угол определяющий наклон отрезка Сок к горизонту в крайнем нижнем положении теребивильного аппарата, рад.;

$\varphi$  – угол подъема теребивильного аппарата, град.

Угол установки теребивильного аппарата можно определить как

$$\alpha_p = \alpha_{рн} - \varphi, \quad (11)$$

где  $\alpha_{рн}$  – угол наклона теребивильного аппарата к горизонту в крайнем нижнем положении, град. Для теребивильного аппарата льноуборочного комбайна типа ЛК-4А и «Двина-4М»  $\alpha_{рн} = 58 \dots 62$  град.

С учетом (11) выражение (10) примет вид

$$l_{тер} = r_k - L \cdot \sin(\chi + \alpha_p - \alpha_{рн}), \quad (12)$$

где  $\alpha_p$  – фактический угол наклона теребивильного аппарата к горизонту (установленный во время теребления), град.

Результаты модели (1) с учетом (2), (7), (9), (11) и (12) позволяют определить растянутость ленты стеблей льна формируемой в процессе теребления при изменяющихся технологических параметрах таких как высота стеблестоя (высота стеблей)  $l_{ст}$ , высота теребления  $l_{тер}$ , показателя скоростного режима  $\zeta$ .

**Заключение.** Получены аналитические зависимости позволяющие определять растянутость ленты стеблей льна формируемой на этапе теребления теребивильным аппаратом с продольными криволинейными ручьями. Установлено, что величина растянутости ленты льна главным образом зависит от работы делителей, работы теребивильного аппарата и скоростного режима льноуборочного комбайна. При разработке новой техники следует стремиться к снижению ширины захвата одной секцией теребивильного аппарата, а также уменьшению угла подвода стеблей льна в теребивильный ручей делителем. Аналитические зависимости, рассмотренные в данной статье, войдут в основу методики расчета и

проектирования льнотеребилков и льноуборочных комбайнов с теребильным аппаратом с продольными криволинейными ручьями.

### Литература

1. Основы расчета рабочих органов машин и оборудования для производства семян льна / В.А. Шаршунов, В.Е. Круглень, А.Н. Кудрявцев и др. Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2016. 156 с.
2. ГОСТ 33734–2016. Межгосударственный стандарт. Техника сельскохозяйственная. Комбайны и машины для уборки льна. Методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2017. 73 с.
3. Зинцов А.Н. О повышении эффективности комлеподбивания стеблей в лентах льна-долгунца // Вестник АПК Верхневолжья. 2017. № 1 С. 67–72.
4. Зинцов А.Н., Соколов В.Н. Разработка и исследование процесса уменьшения растянутости стеблей льна-долгунца в ленте // Аграрный вестник Нечерноземья. 2021. № 4(4). С. 29–35.
5. Комаристов В.Е., Дунай Н.Ф. Сельскохозяйственные машины. М.: Колос, 1984. 478 с.
6. Развернутый структурный анализ систем автоматизации сельскохозяйственной техники / С.И. Козлов, С.А. Бортник, В.М. Кузюр, С.И. Будко // Технический сервис машин. 2021. № 4 (145). С. 62-68.
7. Winter R. Die Flachsraufmaschinen und ihre technologischen und konstruktiven Probleme // Deutsche Agrartechnik. 1956. № 7.
8. Janiak Mieczyslaw. Wskazowki do konstrukcji i obliczen podstawowy-ch zespolow roboczych wurywaczy Inu, Maszyny Rolnicze rok II, 1960, № 2 Warszawa.
9. Хайлис Г.А. Элементы теории и расчета льноуборочных машин. М.: Машгиз, 1963. 151 с.

УДК 621.436

### ***АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ВЫБОРУ ПАРАМЕТРОВ БАРАБАННО-ЗУБЧАТОГО СЕПАРАТОРА ЛЬНОВОРОХА***

***к.т.н. Коцуба В.И., к.т.н. Круглень В.Е., Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия, Беларусь  
к.т.н. Кузюр В.М., Брянский государственный аграрный университет,  
Россия***

### ***ANALYSIS OF THE RESULTS OF LABORATORY INVESTIGATIONS ON THE CHOICE OF PARAMETERS OF THE DRUM-GEAR SEPARATOR OF FLAX HEAP***

***candidate of Technical Sciences V. I. Katsuba, V. E. Kruglenya, Belarusian State  
Agricultural Academy, Belarus  
candidate of technical sciences Kuzyur V.M., Bryansk State Agrarian University,  
Russia***

**Аннотация.** Приведено описание сепаратора сырого льновороха, а также результаты лабораторных исследований по обоснованию конструктивных и технологических параметров сепаратора – диаметра, длины и угла наклона зубьев зубчатых барабанов, расстояния между первой и второй парой зубчатых барабанов, а также между верхними и нижними барабанами.

***Annotation.** The description of the raw flax heap separator is given, as well as the results of laboratory studies to substantiate the design and technological parameters of the separator - the diameter, length and angle of inclination of the teeth of the gear drums, the distance between the first and second pair of gear drums, as well as between the upper and lower drums.*

**Ключевые слова:** льняной ворох, сепаратор, лабораторные исследования, конструктивные параметры сепаратора.

**Keywords:** flax heap, separator, laboratory research, design parameters of the separator.

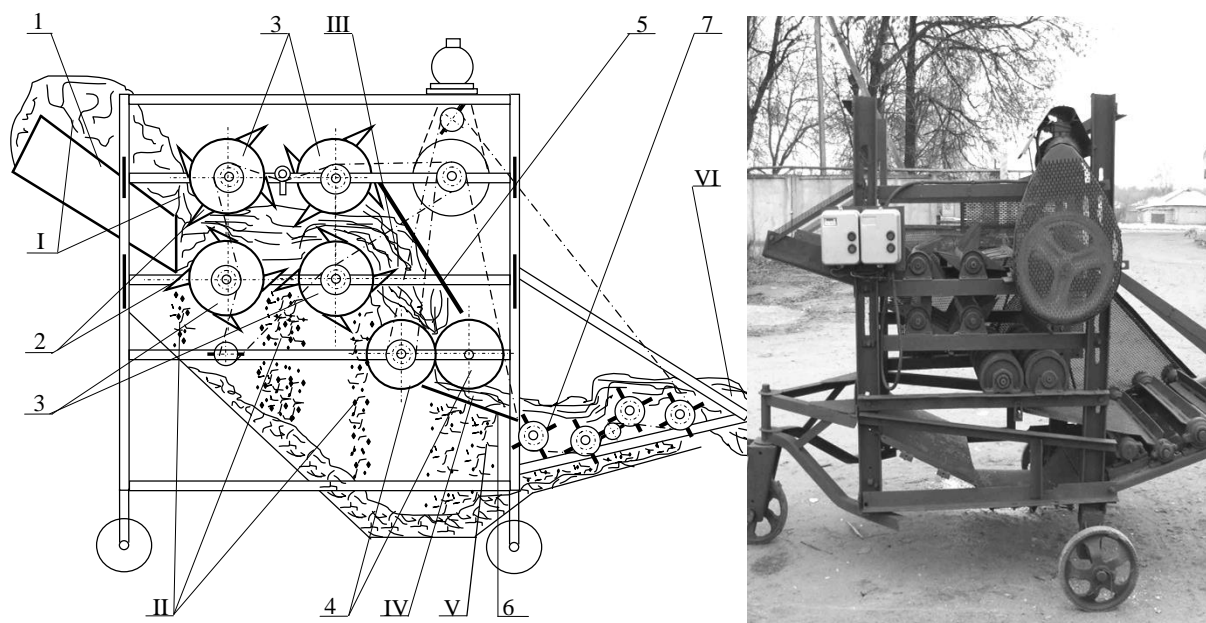
**Введение.** Содержание путанины в льняном ворохе при очесе льна составляет от 15 до 45 %. В отдельные неблагоприятные для уборки годы эта цифра может достигать 60 %. Большое содержание путанины приводит к увеличению влажности вороха, это в свою очередь снижает производительность сушильного пункта и ведет к непроизводительным затратам топлива. Таким образом, с целью экономии энергоносителей перед сушкой необходимо из льновороха выделять путанину и прочие растительные остатки [1].

В настоящее время для отделения путанины применяется обмолот сырого вороха зерноуборочным комбайном, который сопровождается большими потерями семян от недомолота, дробления и микроповреждений. С путаниной может теряться до 24 % семян [2, 3].

Повышенная металлоемкость, энергоемкость и высокая стоимость комбайнов значительно увеличивают себестоимость получаемых семян. Наиболее приемлемой является технология переработки льновороха на стационарном пункте с предварительным отделением грубого вороха (длинных примесей, путанины) сепараторами сырого льновороха, которые смогут выполнять этот процесс с минимальными потерями семян и затратами энергии.

В УО БГСХА разработан и изготовлен опытный образец сепаратора сырого льновороха (рисунок 1).

Сепаратор состоит из двух пар установленных последовательно зубчатых барабанов, вращающихся навстречу друг другу с разными угловыми скоростями, а также двух обрешиненных перетирающих валцов, вращающихся навстречу друг другу, установленной наклонно транспортирующе-сепарирующей решетки, соединяющей перетирающие валцы и планчатые барабаны, и четырех последовательно установленных планчатых барабанов [1].



1 – загрузочный лоток; 2 – зубья; 3 – зубчатые барабаны; 4 – домолачивающие вальцы; 5 – заслонка; 6 – сепарирующе-транспортирующая решетка; 7 – планчатые вальцы; I – исходный ворох; II – свободные семена и коробочки; III – обрывки стеблей с коробочками и длинные примеси; IV – обрывки стеблей с раздавленными коробочками и свободные семена; V – свободные семена; VI – обрывки стеблей и длинные примеси

Рисунок 1 – Схема и общий вид сепаратора сырого льновороха

Принцип действия сепаратора основан на предварительном выделении из льновороха свободных семян и семенных коробочек зубчатыми барабанами  $3_{(1)}-3_{(4)}$ , последующем перетирании вороха с необорванными коробочками обрешиненными вальцами 4, выделении свободных семян на сепарирующе-транспортирующей решетке 6 и планчатых вальцах 7.

Процесс сепарации льновороха изучался при влажности вороха от 10 до 35 %. При этом процентный состав компонентов вороха льна был следующий: свободные семена – 3,4...4,2 %, семена в необорванных коробочках – 6,0...5,4 %, семенные коробочки (целые и битые) – 64,3...79,1 %, путанина и прочие примеси – 32,3...16,7 %.

Исследовались барабаны с различными диаметрами, также исследовались зубья барабанов различной длины. Угол наклона зубьев барабанов изменялся в пределах от 20° до 45°. Кроме того, изменялись следующие параметры: подача материала от 0,2 до 0,45 кг/с·м, расстояние между первой и второй парой

зубчатых барабанов от 110 до 135 мм и расстояние между верхними и нижними барабанами от 110 до 135 мм.

Частота вращения первой пары зубчатых барабанов изменялась от 65 до 90 мин<sup>-1</sup>, частота вращения второй пары зубчатых барабанов – от 170 до 220 мин<sup>-1</sup>, кинематический режим (отношение линейных скоростей) первой и второй пар зубчатых барабанов варьировал в пределах от 1,0 до 3,5.

Оптимальная частота вращения домолачивающих барабанов, зазор между ними, угол наклона сепарирующе-транспортирующей решетки и частота вращения планчатых барабанов были изучены и определены в работах других исследователей [1], поэтому исходя из их рекомендаций частота вращения домолачивающих барабанов устанавливалась в пределах 205...215 мин<sup>-1</sup>, зазор между ними – 2,7...3,2 мм, угол наклона сепарирующе-транспортирующей решетки – 10°, а частота вращения планчатых барабанов – 80...95 мин<sup>-1</sup>.

За функцию отклика  $E$  была принята степень выделения грубых примесей (путанина, обрывки стеблей, сорняки), т.е. количество выделенных из льновороха грубых примесей, выраженное в процентах к начальному количеству грубых примесей, находящихся в ворохе.

Диаметр зубчатых барабанов в пределах 110...150 мм незначительно влияет на степень выделения грубых примесей (рисунок 2). Увеличение кинематического режима зубчатых барабанов до 2,7 увеличивает степень выделения грубых примесей, а затем наблюдается некоторое снижение выделения примесей. Длина зуба, обеспечивающая максимальное выделение примесей, составила 95...110 мм, а угол его наклона – 28...33° (рисунок 3).

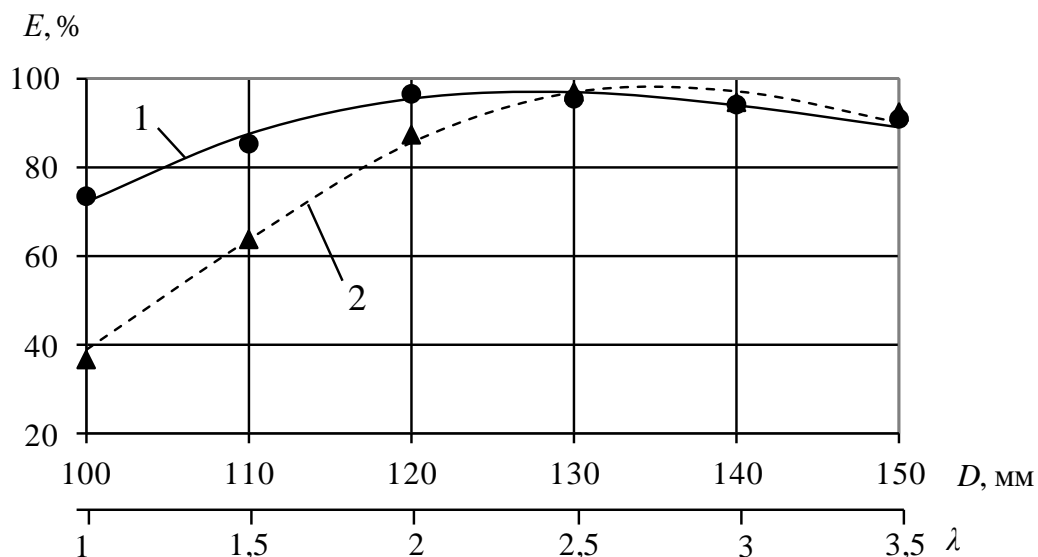


Рисунок 2 – Зависимость степени выделения грубых примесей от диаметра (1) и показателя кинематического режима (2) зубчатых барабанов

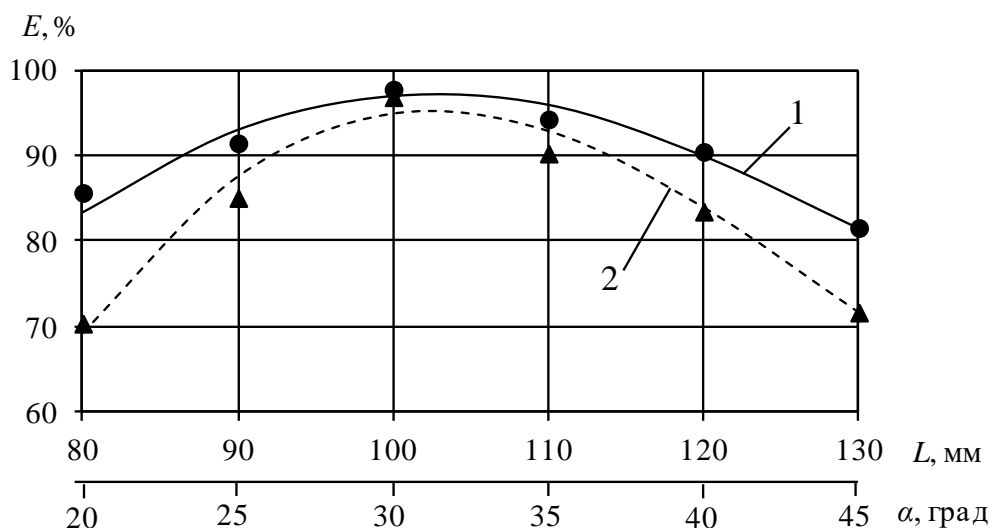


Рисунок 3 – Зависимость степени выделения грубых примесей от длины (1) и угла наклона (2) зуба

Результаты исследований работы сепаратора сырого вороха представлены в таблице.

Результаты опытов показали, что с увеличением содержания длинных примесей в ворохе полнота их выделения уменьшается с 3,7 до 5,3 %, что составляет 3...5 %. Допустимым для сепарирования является ворох с содержанием примесей до 30 %, чем обеспечивается 95 % выделение путанины.

При 40 % содержании путанины степень выделения составила 87 %, т.е. в ворохе остается 13% длинных примесей, что приводит к повышению энергозатрат на последующую переработку. Оптимальный кинематический режим –

2,5...3,0, при частоте вращения 80 мин<sup>-1</sup> первой пары барабанов и 200 мин<sup>-1</sup> – второй. Высота зуба равна 100 мм, угол наклона 30°, при расстоянии между барабанами 130 мм, как по горизонтали, так и по вертикали, и диаметре 120...145 мм.

Таблица 1 – Состав и структура льновороха до и после сепарации на экспериментальной установке

Компоненты вороха	Состав вороха, %					
	до отделения пуганины			после отделения пуганины		
Номер опыта	1	2	3	1	2	3
Свободные семена	3,4	3,2	4,2	9,2	8,8	9,5
Семенные коробочки (целые и битые)	66,3	71,4	79,1	87,5	86,5	86,8
Пуганина, сорняки и прочие примеси	32,3	25,4	16,7	5,3	4,7	3,7

С увеличением влажности вороха с 20 до 45 % качество сепарации ухудшается: отделение свободных семян уменьшается на 3,3 %, семенных коробочек – на 2,3 %, примесей – на 5,6 %. Таким образом, при влажности вороха до 32 %, содержание длинных примесей в отсепарированном ворохе не превышает 5,5 %.

**Выводы.** Анализ результатов лабораторных испытаний показал, что в отсепарированном ворохе остается часть примесей от 3,7 до 7,3 %. Эти примеси являются «остаточным балластом» после сепарации. К ним относятся в основном короткие обрывки стеблей льна и сорных растений, которые не отделяются в процессе сепарации.

Вместе с тем, выделение даже 85 % пуганины уменьшает объем перерабатываемого в последующих операциях льновороха в 1,7...2,3 раза, что позволяет существенно увеличить производительность пункта переработки до 1,5...2,0 раз и снизить затраты топлива на его сушку на 20...50 %.

### Литература

1. Механико-технологические основы совершенствования послеуборочной обработки льновороха на семена: монография / В.А. Шаршунов, В.Е. Круглень, А.Н. Кудрявцев, А.С. Алексеенко, В.И. Коцуба. Горки: УО БГСХА, 2012. 329 с.
2. Направления повышения эффективности очистки семян льна и трав / В.И. Коцуба, В.Е. Круглень, А.С. Алексеенко // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сб. науч. тр. / ред А.М. Михальченков и др. Брянск: Издательство Брянский ГАУ, 2020. № 1 (19). С. 192–196.
3. Развернутый структурный анализ систем автоматизации сельскохозяйственной техники / С.И. Козлов, С.А. Бортник, В.М. Кузюр, С.И. Будко // Технический сервис машин. 2021. № 4 (145). С. 62-68.



4. Трансформация теоретической гипотезы процесса сепарации очесанного зернового вороха на решетчатом днище наклонной камеры / В.Н. Ожерельев, В.В. Никитин, В.Ф. Комогорцев // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сборник научных работ. Брянск: Издательство Брянский ГАУ, 2020. № 1 (19). С. 27–34.

5. Круглень В.Е., Коцуба В.И. Теоретические предпосылки совершенствования процесса разделения льновороха на барабанно-зубчатом сепараторе // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сб. науч. тр.; ред. А.М. Михальченков и др. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2021. С. 246–253.

УДК 631.331

**ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА  
ДЛЯ ПОСЕВА ПОД МУЛЬЧИРУЮЩУЮ ПЛЕНКУ**

*к.т.н. Коцуба В.И., к.т.н. Пузевич К.Л., Пузевич В.В.*

*Белорусская ГСХА, Беларусь*

*к.т.н. В.М. Кузюр, Брянский государственный аграрный университет,  
Россия*

**JUSTIFICATION OF THE DESIGN OF THE SEEDING MACHINE  
FOR SOWING UNDER THE MULCH FILM**

*candidate of technical sciences Kotsuba V.I., Puzevich K.L., graduate student V.V.*

*Puzevich, Belarusian State Agricultural Academy, Belarus*

*candidate of technical sciences Kuzyur V.M., Bryansk State Agrarian University,  
Russia*

**Аннотация.** В статье приведен рабочих органов машин для посева в мульчирующую пленку и параметров их движения. Вершина заделывающего элемента высевающего колеса при движении по поверхности поля описывает циклоиду в результате чего заделывающие элементы перемещаются в горизонтальной плоскости на расстояние, которое увеличивается пропорционально увеличению глубины посева (высоты заделывающих элементов) и диаметра высевающего колеса. Предложена конструкция высевающего аппарата, которая позволит высевать семена в мульчирующую пленку с требуемым шагом и глубиной посева, формируя при этом уплотненное семенное ложе.

**Annotation.** The article presents the working bodies of machines for sowing in mulching film and the parameters of their movement. The top of the sowing element describes a cycloid when moving along the field surface, as a result of which the sowing elements move in the horizontal plane at a distance that increases in proportion to the increase in the sowing depth (height of the closing elements) and the diameter of the sowing wheel. The design of the sowing machine is proposed, which will allow sowing seeds in a mulching film with the required sowing step and depth, while forming a compacted seed bed.

**Ключевые слова:** мульчирующая пленка, сеялка, высевающее колесо, заделывающий элемент.

**Keywords:** mulching film, seeder, sowing wheel, sowing element.

**Введение.** Мульчирование почвы пленкой задерживает испарение влаги и способствует равномерному ее распределению как в верхних, так и в нижних

горизонтах почвы, на 3–6% повышая влажность корнеобитаемого слоя. Благодаря этому сохраняется структура грунтов и ускоряются биологические процессы в почве, обеспечивая лучшее снабжение растений питательными веществами. Все это положительно сказывается на росте и развитии растений, ускоряет созревание и увеличивает урожай от 40 до 60 [1, 2].

**Результаты и их обсуждение.** Ряд зарубежных фирм, таких как Samco Agricultural Manufacturing LTD, Forigo Roteritalia, Spapperi NT SRL выпускают машины для мульчирования посевов пленкой и высева семян. Сеялки позволяет осуществлять посев в пленку шириной 1,2...2,2 м с расстоянием между семенами в ряду от 23 см до 75 см и расстоянием между рядами от 10 см до 250 см [1, 3, 4].

Машины выполняют подготовку почвы, укрытие ее пленкой и посев семян через пленку с помощью высевающего колеса, обеспечивающего точную глубину посева и расстояние между семенами. Заделывающие элементы высевающего колеса выполняются в виде высевающих конусов (рисунок 1, а) или полых стержней (рисунок 1, б).

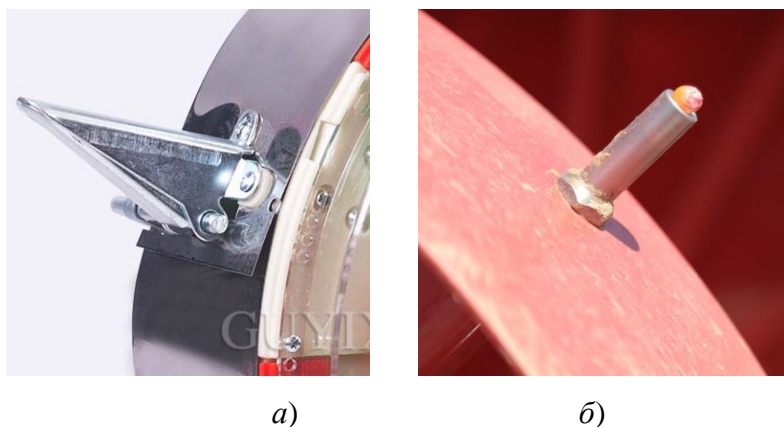


Рисунок 1 - Заделывающие элементы высевающих колес

Траектория движения высевающего колеса по поверхности почвы описываются параметрическими уравнениями [3, 5, 6]:

$$\begin{aligned}x &= v_{\text{п}}t + R_i \cos \omega t; \\y &= 0; \\z &= -R_i \sin \omega t,\end{aligned}\tag{1}$$

где  $R_i$  – расстояние от оси вращения колеса до рассматриваемой точки (радиус высевающего колеса), м;

$v_{\text{п}}$  – скорость поступательного движения высевающего колеса, м/с;

$t$  – время движения, с;

$\omega$  – угловая скорость высевающего колеса,  $\text{с}^{-1}$ ;

$\omega t$  – угол поворота высевающего колеса, рад.

Вершина заделывающего элемента высевающего колеса при движении по поверхности поля описывает циклоиду (рис 2, а). Рассмотрим движение высевающего конуса в почве при перекачивании по поверхности поля ободом высевающего колеса (рис 2, б). Исходными данными для расчета служили требуемая глубина посева (высота высевающих конусов) и радиус (диаметр) обода высевающего колеса.

Анализ отраслевых регламентов возделывания сельскохозяйственных культур и конструкций сеялок показал, что глубина посева может изменяться от 40 до 80 мм. Диаметр высевающего колеса у зарубежных машин составляет 700...800 мм. Циклоиды были построены в программе Desmos [7].

Анализ циклоид показал, что заделывающие элементы высевающего колеса в горизонтальной плоскости перемещаются на расстояние  $x$  (рисунок 2) которое увеличивается пропорционально увеличению глубины посева  $h$  (высоты заделывающих элементов) и диаметра высевающего колеса  $D_k$  (рисунок 3).

Например, при глубине заделки семян 70 мм и диаметре высевающего колеса 500 мм расстояние  $x$  составит 62,4 мм, увеличение диаметра колеса до 800 мм уменьшает величину  $x$  до 51,3 мм. Так как выброс семени из заделывающего элемента протекает в течение нескольких долей секунды, то это может приводить к выбросу семени на различных участках петли циклоиды и, к колебанию глубины посева и расстояния между семенами в ряду [8].

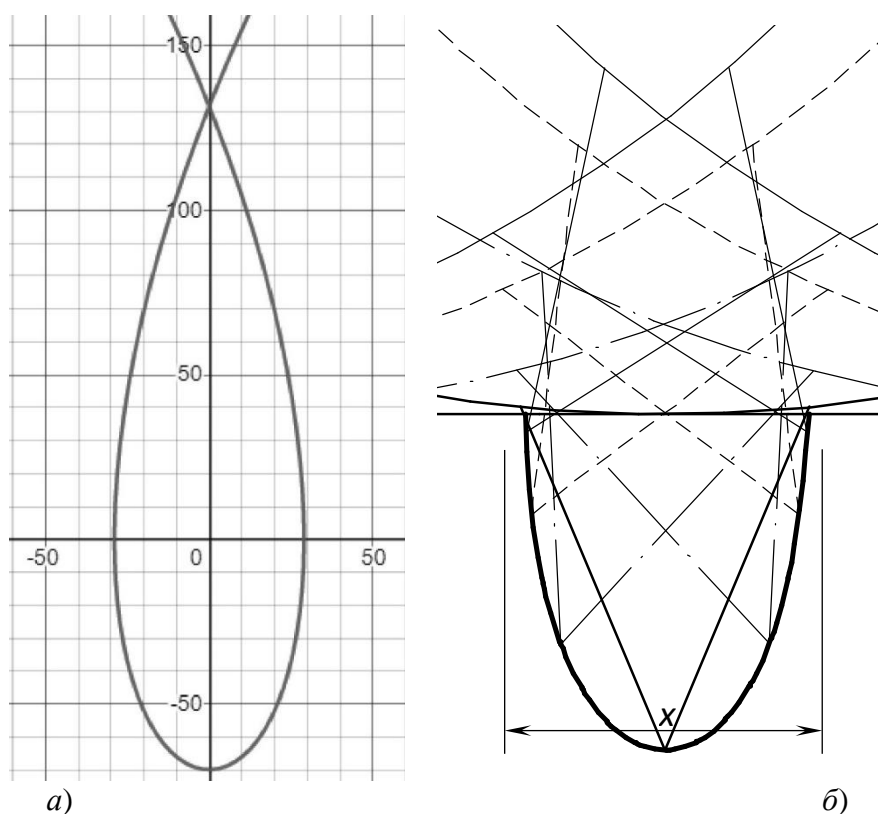


Рисунок 2 - Циклоида движения высевающего колеса (а) и линия движения его заделывающих элементов в почве (б)

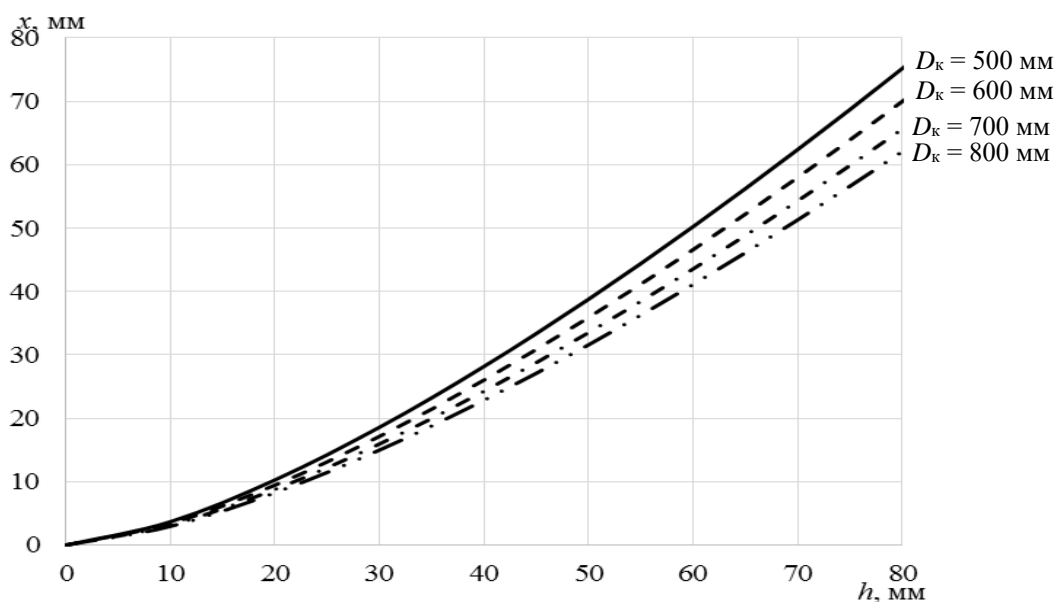


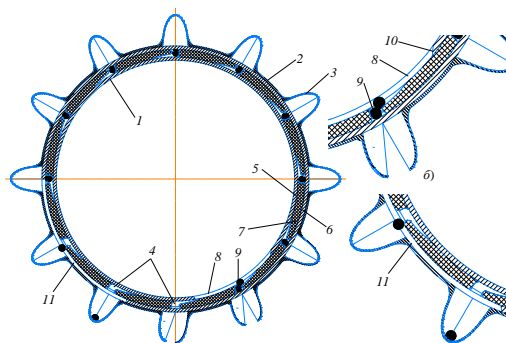
Рисунок 3 - Зависимость координаты  $x$  от глубины посева  $h$  при различном диаметре высевающего колеса  $D_k$

Вторым аспектом работы высевающих колес с заделывающими элементами в виде конусов является то, что они при движении в почве (рисунок 2, б) ра-

ботають як клин, отрезаючи шар ґрунту по передній частині петлі циклоїди і вивозячи цю ґрунту в задній частині петлі циклоїди. Це призводить до утворення рихлого основи насінного ложа і осипання частини ґрунту в утворившуся лунку.

Для забезпечення ущільненого насінного ложа на дні лунки пропонується виконувати заделюючі елементи висівального колеса у вигляді щипців, за формою повторюючих нижню частину петлі циклоїди (рисунок 4). Висівальні щипці пропонуваної форми внираючи в ґрунту будуть ущільнювати стінки і дно лунки без вивозу ґрунту на поверхню лунки.

Нами розроблено висівальний апарат для посіву в мульчуєчу плівку, що складається з двох соосних барабанів (рисунок 4). Неподвижний барабан 1 закріплено на рамі машини. Бункер для насіння (на схемі не показано) розташований збоку висівального апарату і закріплено на неподвижному барабані. Насіння з бункера поступає всередину неподвижного барабана.



a)

в)

Рисунок 3 - Схема пропонуваної висівального апарату (а), дозування (б) і виброса (в) насіння

Вертучий барабан 2 встановлено соосно неподвижному барабану, і вертається навколо останнього. На периферії вертучого барабана по окружности розташовані заделюючі елементи 3, які пробивають отвори в плівці і укладають насіння в ґрунту.

Дозування насіння здійснюється за допомогою ячеек 4, утворених кільцевими ділянками 5 і 6 неподвижного барабана, і отворів у внутрішньому кільці 7 вертучого барабана.

Дозирование семян осуществляется следующим образом. При движении сеялки отверстия внутреннего кольца 7 вращающегося барабана достигают паза 8 во внутреннем кольце неподвижного барабана и захватывают семена 9. Для надежного попадания семян в ячейки вращающегося барабана и исключения пропусков поверхность ячеистого кольца 7 имеет углубления каплевидной формы. Лишние семена сбрасываются клиновидным краем 10 паза кольца неподвижного барабана.

Далее семена транспортируются ячейками вращающегося барабана в зону выброса их из ячеек в заделывающие элементы, которая образуется пазом 11 в наружном кольце неподвижного барабана. В зоне выброса семена под действием центробежной силы и силы тяжести выбрасываются из ячейки и попадают в заделывающий элемент 3. Для облегчения выброса семени наружная сторона ячейки 4 имеет расширение в виде фаски.

Заделывающие элементы в закрытом состоянии удерживают внутри себя дозированные ранее семена, пробивают мульчирующую пленку и внедряются в почву. Требуемая глубина посева обеспечивается высотой посевных клещей.

При достижении максимальной глубины клещи раскрываются и производится высев семян. После выхода заделывающего элемента из почвы он под действием пружины закрывается.

**Выводы.** Движение заделывающих элементов происходит по циклоиде, параметры которой зависят от диаметра высевающего колеса и высоты заделывающих элементов. Для формирования уплотненного семенного ложа в лунках предлагается выполнять заделывающие элементы в виде клещей, по форме повторяющих нижнюю часть петли циклоиды движения высевающего колеса

Предложена конструкция высевающего аппарата, которая позволит высевать семена в мульчирующую пленку с требуемым шагом и глубиной посева, формируя при этом уплотненное семенное ложе.

#### Литература

1. Анализ машин для посева пропашных культур под мульчирующую пленку / В.И. Кочуба, К.Л. Пузевич, В.В. Пузевич, В.М. Кузюр // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сборник научных работ. Брянск: Издательство Брянский ГАУ, 2020. № 1 (19). С. 107–113.

2. Определение почвенной прослойки и бороздообразование комбинированными сошниками / О.П. Лабурдов, В.М. Кузюр, С.И. Будко, А.А. Сысоев // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 5 (87). С. 55-59.

3. Теоретические основы движения рабочих органов для посева под мульчирующую пленку / В.И. Коцуба, К.Л. Пузевич, В.В. Пузевич, В.М. Кузюр // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сборник научных работ. Брянск: Издательство Брянский ГАУ, 2021. № 1(20) С. 241–245.

4. Определение уравнения траекторий движения двухдискового сошника с коническими ребордами-бороздообразователями / В.Р. Петровец, Н.И. Дудко, В.В. Амеличев, В.М. Кузюр, С.И. Будко // Технический сервис машин. 2021. № 4 (145). С. 56-61.

5. Канарев Ф.М. Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия. М.: Машиностроение, 1983. 142 с.

6. Курзенков С.В., Подшиваленко И.Л., Коцуба В.И. Математическое описание критериев оценки уровня производственно-технической эксплуатации сельхозпредприятий Республики Беларусь // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сборник научных работ. Брянск: Издательство Брянский ГАУ, 2017. № 1 (16). С. 197–204.

7. Desmos. Графический калькулятор [Электронный ресурс]. 2022. – Режим доступа: <https://www.desmos.com/calculator/>. – Дата доступа: 20.02.2022.

8. Развернутый структурный анализ систем автоматизации сельскохозяйственной техники / С.И. Козлов, С.А. Бортник, В.М. Кузюр, С.И. Будко // Технический сервис машин. 2021. № 4 (145). С. 62-68.

9. Феськов С.А., Михальченкова М.А., Бирюлина Я.Ю. Износы стрелчатых лап культиваторов для посева по стерне и выбор способа их восстановления // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 123. С. 241-246.

УДК 631.3.022

## **ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛАСТИЧНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ОБМОЛАЧИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА**

*к.т.н., Курзенков С. В., Левчук В. А.,*

*Цайц М. В., [sergkrz@tut.by](mailto:sergkrz@tut.by)*

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Беларусь*

## **THEORETICAL SUBSTANTIATION OF THE PARAMETERS OF THE ELASTIC WORKING BODY OF THE THRESHING DEVICE**

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Kurzenkov S. V., senior teacher Levchuk V. A., Senior Lecturer Tsayts M. V., [sergkrz@tut.by](mailto:sergkrz@tut.by)*

*Belarusian State Agricultural Academy, Belarus*

**Аннотация.** В статье приведены аналитические зависимости для определения конструктивных параметров эластичного рабочего органа, разработанного в УО БГСХА обмолачивающего устройства линии первичной переработки льна, учитывающие его уплотняющую и проникающую в слой стеблей льна способности. Установлена связь между параметрами бича и параметрами находящегося в зоне обмолота слоя стеблей льна. Аналитические зависимости, рассмотренные в данной статье, войдут в основу методики расчета разрабатываемого обмолачивающего устройства с эластичным рабочим органом линии первичной переработки льна и моделирования процесса обмолота.

**Annotation.** The article presents analytical dependences for determining the design parameters of the elastic working body, developed at the Belarusian State Agricultural Academy of the threshing device for the line of primary processing of flax, taking into account its ability to compact

*and penetrate into the layer of flax stems. A relationship has been established between the parameters of the scourge and the parameters of the layer of flax stems located in the threshing zone. The analytical dependencies considered in this article will form the basis of the methodology for calculating the developed threshing device with an elastic working body of the flax primary processing line and modeling the threshing process.*

**Ключевые слова:** лен, обмолачивающее устройство, эластичный рабочий орган, лента стеблей льна, зона обмолота, профиль бича, параметры зуба.

**Keywords:** *flax, threshing device, elastic working body, flax stem band, threshing zone, whip profile, tooth parameters.*

**Введение.** Качество процесса отделения семян от стеблей льна в процессе обмолота определяется свойствами обрабатываемого материала, конструктивным исполнением рабочих органов и согласованности технологических операций [1, 2]. В разработанном в УО БГСХА обмолачивающем устройстве линии первичной переработки льна основным элементом определяющим характер непосредственного взаимодействия устройства с лентой льностеблей является эластичный бич [3–9]. В работе [10] были определены параметры, характеризующие формируемый слой стеблей льна в зоне обмолота.

**Постановка задачи.** Параметры рабочего органа обмолачивающего устройства и параметры обрабатываемого материала (физико-механические свойства, геометрические и технологические параметры слоя) взаимосвязаны между собой. Поэтому обоснование конструктивных параметров эластичного бича с учетом свойств ленты льна, поступающей на обмолот, и параметров ее слоя является важной задачей.

### **Основная часть.**

Очесывающе-плющильное воздействие эластичного рабочего органа при взаимодействии с обрабатываемой лентой льна [10] может стать эффективнее при правильном выборе формы его кромки.

В предлагаемой конструкции обмолачивающего устройства с эластичным рабочим органом в зоне его контакта с материалом требуется максимально совместить три процесса: отделить семенные коробочки льна от стеблей; разрушить их с последующим выделением из них семян; произвести сепарацию семян сквозь ленту стеблей и деку.



Покажем, что при этом немаловажную роль играет выбор формы кромки эластичного бича. Для этого введем два понятия. Под уплотняющей способностью бича  $\varepsilon$  будем понимать степень сжатия слоя стеблей между бичом и декой, а под проникающей его способностью  $h_{\text{п}}$  – глубину погружения бича в слой стеблей. Рассмотрим эти параметры во взаимодействии друг с другом. Для этого числовое значение уплотняющей способности бича рассмотрим в виде безразмерного параметра, равного отношению объема материала, находящегося в рабочей зоне до взаимодействия с бичом, к его же объему после взаимодействия с ним, при условии, что данные объемы заключены в рамках площади зоны контакта бича с лентой льна

$$S_{\text{б}} = a_{\text{б}} \cdot b_{\text{б}} \quad (1)$$

где  $a_{\text{б}}$  – толщина кромки бича, м;

$b_{\text{б}}$  – ширина бича, м.

Тогда уплотняющую способность бича выражает формула

$$\varepsilon = \frac{V_{\text{и}}}{V_{\text{д}}} = \frac{b_{\text{б}} \cdot a_{\text{б}} \cdot h_{\text{ст}}}{b_{\text{б}}' \cdot a_{\text{б}} \cdot (h_{\text{ст}} - h_{\text{п}})} = \frac{b_{\text{б}} \cdot h_{\text{ст}}}{b_{\text{б}}' \cdot (h_{\text{ст}} - h_{\text{п}})} \quad (2)$$

где  $V_{\text{и}}$  – объем материала, находящегося в зоне контакта бича с лентой без его деформации, м<sup>3</sup>;

$V_{\text{д}}$  – объем материала, находящегося в зоне контакта бича с лентой под его деформацией, м<sup>3</sup>;

$h_{\text{ст}}$  – высота слоя стеблей в зоне контакта, м;

$b_{\text{б}}'$  – фактическая длина кромки бича, м;

$h_{\text{п}}$  – проникающая способность бича в слой стеблей, м.

Для того, чтобы обеспечить эффективное протекание всех заявленных выше процессов необходимо выполнение условия  $\varepsilon > 1$ . С учетом формулы (2) получим

$$\frac{b_6 \cdot h_{\text{ст}}}{b_6' \cdot (h_{\text{ст}} - h_{\text{п}})} > 1. \quad (3)$$

Решим это дробно-рациональное неравенство, считая неизвестной величиной проникающую способность бича  $h_{\text{п}}$ :

$$\frac{\frac{b_6}{b_6'} \cdot h_{\text{ст}} - (h_{\text{ст}} - h_{\text{п}})}{h_{\text{ст}} - h_{\text{п}}} > 0;$$

$$\begin{cases} h_{\text{ст}} - h_{\text{п}} \neq 0; \\ (h_{\text{ст}} - h_{\text{п}}) \cdot \left( \frac{b_6}{b_6'} \cdot h_{\text{ст}} - h_{\text{ст}} + h_{\text{п}} \right) > 0; \end{cases}$$

$$h_{\text{п}} \in \left[ h_{\text{ст}} \cdot \left( 1 - \frac{b_6}{b_6'} \right); h_{\text{ст}} \right]. \quad (4)$$

Анализируя полученный результат (4) можно сделать следующие выводы:

1) при ровной поверхности кромки бича ( $b_6' = b_6$ ), проникающая способность его в слой стеблей практически равна нулю, а уплотняющая его способность мало отличается от 1. Значит, ровная поверхность кромки бича не дает желаемых нами эффектов.

2) для эффективной работы кромки бича необходимо, чтобы ее длина была намного больше рабочей зоны контакта бича с лентой льна, а это в свою очередь означает, что кромка эластичного рабочего органа должна иметь некоторую рифлёную форму. Наиболее простой для исполнения является зубчатая форма кромки эластичного рабочего органа, поэтому именно эта форма может быть взята за основу в предлагаемой конструкции обмолачивающего устройства.

На основании изложенного, рассмотрим зубчатую форму кромки эластичного рабочего органа (бича) (рисунок 1, а).

Для обоснования параметров зубчатой эластичной поверхности бича рассмотрим следующее условие, которые должны обеспечить эффективность отделения семенных коробочек от стеблей льна, их разрушения и разуплотнение их слоя:

1) уплотняющая способность бича должна превышать 1. Это позволит обеспечить необходимое отделение семенных коробочек льна от стеблей и их разрушение. Таким образом

$$\varepsilon > 1; \quad (5)$$

2) проникающая способность бича в слой стеблей должна стремиться к величине, равной высоте слоя стеблей. Данное условие обеспечивает отделение и разрушение тех семенных коробочек льна, которые оказались внутри слоя стеблей, а также разуплотненные его в верхушечной части. Таким образом,

$$h_{\text{п}} \rightarrow h_{\text{ст}}; \quad (6)$$

3) в рамках воздействия отдельно взятого зуба (элементарного участка бича) процессы уплотнения соответствующих участков ленты стеблей в комлевой части, а также процессы проникновения в ее структуры при движении и ее разуплотнении в верхушечной части должны протекать равномерно по всей ширине эластичного рабочего органа. Это означает, что высота зуба ( $h_3$ , м), его основание ( $z_3$ , м), а также длина его образующих ( $a_3$ , м) для всех зубов эластичной поверхности бича должны быть одинаковыми. Таким образом, конфигурацию зуба будем рассматривать в виде равнобедренного треугольника (рисунок 1, б) с основанием  $z_3$ , высотой  $h_3$ , у которого суммарная длина образующих должна быть максимальной, т. е.

$$2 \cdot a_3 \rightarrow \max, \quad (7)$$

$$\text{при } 0 < z_3 \leq a_3; 0 < \alpha_3 \leq \pi / 2;$$

4) количество зубов  $n_3$  эластичной поверхности, которое в рассматриваемом случае определяется кратностью ширины бича  $b_6$  к величине основания зуба, должно быть наибольшим, т. е.

$$n_3 = \frac{b_6}{z_3},$$

$n_3 \rightarrow \max$ , при условии

$$b_6 = n_3 \cdot z_3. \quad (8)$$

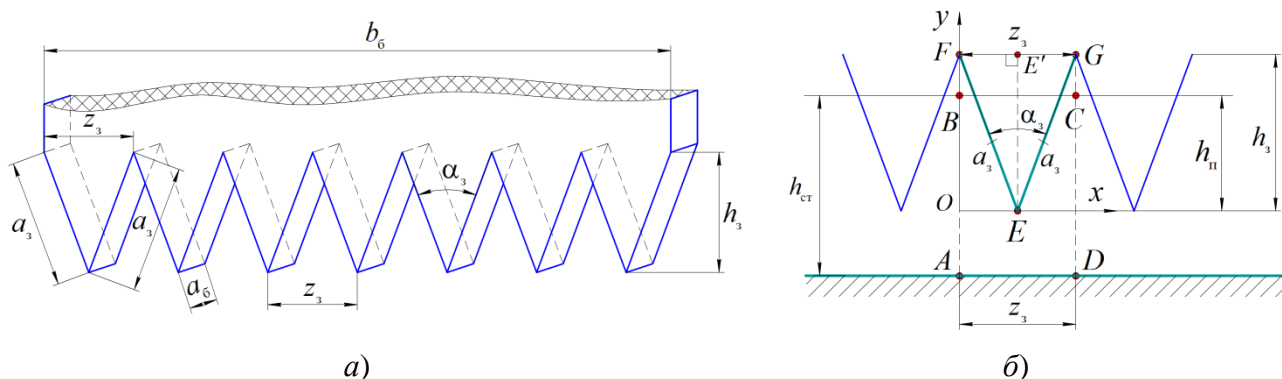


Рисунок 1 - Схема к определению параметров бича: *а* – зубчатая форма кромки бича; *б* – схема к определению уплотняющей способности бича и параметров зуба

Уплотняющую способность бича рассмотрим в виде (рисунок 1, *б*):

$$\varepsilon = \frac{V_{п}}{V_{д}} = \frac{b_6 \cdot a_6 \cdot h_{ct}}{n_3 \cdot \left( 2 \cdot \frac{h_{ct} - h_{п} + h_{ct} - h_{п} + h_3}{2} \cdot \frac{z_3}{2} \right) \cdot a_6} = \frac{2 \cdot h_{ct}}{2 \cdot (h_{ct} - h_{п}) + h_3}. \quad (9)$$

Для определения верхней границы варьирования величины  $h_3$  рассмотрим полученное нами выражение (9), как функцию уплотняющей способности бича от проникающей его способности  $\varepsilon(h_{п})$ . С учетом условия (6) вычислим соответствующий предел при  $h_{п} \rightarrow h_{ct}$

$$\lim_{h_{п} \rightarrow h_{ct}} \varepsilon(h_{п}) = \lim_{h_{п} \rightarrow h_{ct}} \frac{2 \cdot h_{ct}}{2 \cdot (h_{ct} - h_{п}) + h_3} = \frac{2 \cdot h_{ct}}{h_3}. \quad (10)$$

Результат вычисления предела (10) можно интерпретировать следующим образом – максимально возможная высота зуба эластичной кромки бича не должна превышать  $2 \cdot h_{ct}$  с точки зрения его проникающей способности в слой стеблей и необходимого уплотнения для эффективной его работы.

Таким образом, для того чтобы  $\varepsilon > 1$ , необходимо выполнение условия:

$$h_3 < 2 \cdot h_{\text{ст}}. \quad (11)$$

Что бы обосновать геометрические параметры зуба эластичной поверхности бича рассмотрим графическое представление такого зуба в виде равнобедренного треугольника  $EFG$  с привязкой его вершин к прямоугольной декартовой системе координат (рисунок 1, б).

Пусть  $EF = EG = a_3$ ;  $FG = z_3$ ;  $OF = h_3$ , где  $z_3 \leq h_3$ . Введем обозначение  $\angle GEF = \angle \alpha_3$ .

Не трудно заметить, что точка  $E(z_3/2; 0)$ , а точка  $F(0; h_3)$ . Тогда вектор  $\overrightarrow{EF}(-z_3/2; h_3)$ , а его длина  $|\overrightarrow{EF}| = \sqrt{\frac{z_3^2}{4} + h_3^2} = \frac{1}{2} \sqrt{z_3^2 + 4 \cdot h_3^2}$ .

Таким образом, образующая зуба равна

$$a_3 = \frac{1}{2} \sqrt{z_3^2 + 4 \cdot h_3^2}. \quad (12)$$

Из прямоугольного треугольника  $FE'E$  выразим  $\text{tg}(\alpha_3/2)$

$$\text{tg}\left(\frac{\alpha_3}{2}\right) = \frac{z_3}{2 \cdot h_3}. \quad (13)$$

Тогда  $2 \cdot h_3 = \frac{z_3}{\text{tg}(\alpha_3/2)}$ , а равенство (12) можно переписать в виде

$$a_3 = \frac{1}{2} \sqrt{z_3^2 + \left(\frac{z_3}{\text{tg}\left(\frac{\alpha_3}{2}\right)}\right)^2} = \frac{z_3}{2 \cdot \sin\left(\frac{\alpha_3}{2}\right)}, \quad (14)$$

при условии, что  $\alpha_3 \in [0; \pi/2]$ .

Проанализируем формулу (14) на основании условия  $2 \cdot a_3 \rightarrow \text{max}$ , или  $a_3 \rightarrow \text{max}$ . Учтем, что для эффективного разуплотнения слоя стеблей в ленте и обеспечения необходимой проникающей способности зуба  $z_3$  должно быть соизмеримым с диаметром коробочки  $d_k$ , поэтому примем  $z_3 = d_k$ . Тогда графическая зависимость изменения образующей зуба  $a_3$  от угла при его вершине  $\alpha_3$  ( $\angle FEG$ ) имеет следующий вид (рисунок 2).

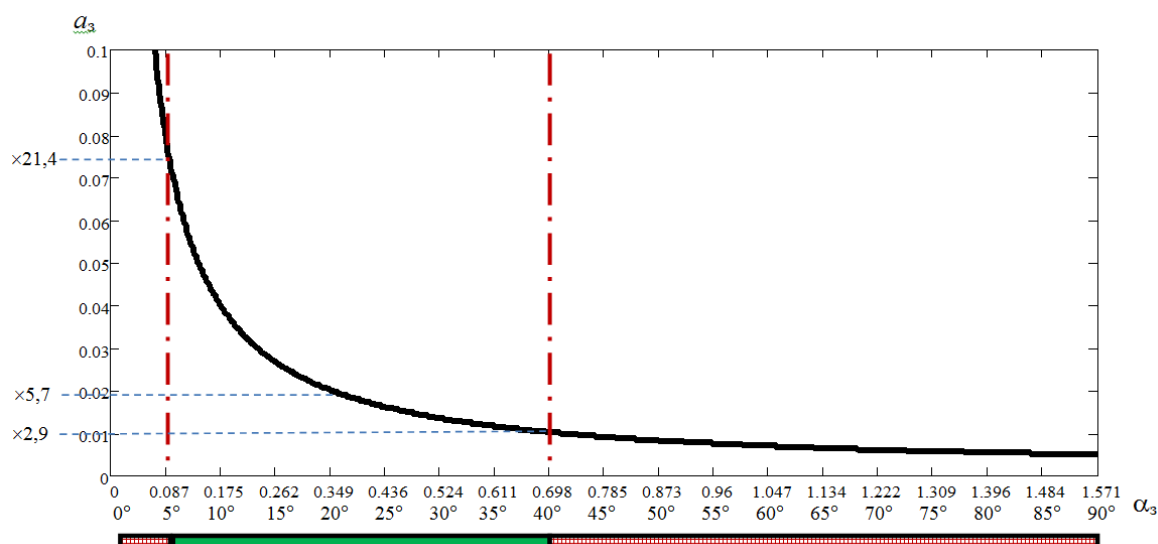


Рисунок 2 - Зависимость изменения образующей зуба  $a_3$  от угла при его вершине  $\alpha_3$

Графическая зависимость (рисунок 2) показывает, что при изменении  $\alpha_3 \in [0^\circ; 5^\circ]$  величина образующей зуба  $a_3$  резко увеличивается, при этом высота зуба приближается к  $2 \cdot h_{ст}$ , величине, при которой зуб работает не эффективно с точки зрения его уплотняющей способности. Можно заметить так же, что при изменении  $\alpha_3 \in [40^\circ; 90^\circ]$  величина  $2a_3$  уменьшается в 2,0...2,9 раза, при невысокой его проникающей способности. Наиболее рациональным изменением угла  $\alpha_3$  является отрезок  $\alpha_3 \in [5^\circ; 40^\circ]$ . В этом диапазоне длина линии соприкосновения с материалом увеличивается в 3...21 раза, высота зуба приближается к  $h_{ст}$  и заведомо обеспечивается необходимая уплотняющая способность эластичной поверхности.

При этом высоту зуба можно определить на основании формулы

$$h_3 = \frac{z_3}{2 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha_3}{2}\right)} \quad (15)$$

Таким образом, для обеспечения эффективной работы зубчатой эластичной поверхности бича необходимо рассмотреть следующие диапазоны изменения ее параметров:

- угол  $\alpha_3$ : от  $5^\circ$  до  $40^\circ$ ;
- высота зуба  $h_3$ : от 0,0096 м до 0,05 м;
- основание зуба  $z_3 = d_k$ .

Изменение параметров в указанных границах позволит обеспечить следующие условия: 1)  $\varepsilon > 1$ ; 2)  $h_{\text{п}} \rightarrow h_{\text{ст}}$ ; 3)  $2 \cdot a_3 \in [3; 21]$ , а значит, позволит повысить эффективность работы эластичного рабочего органа при обмолоте лент льна в линии первичной переработки.

**Заключение.** Установлено, что наиболее эффективной формой рабочей поверхности эластичного рабочего органа, с точки зрения уплотняющей и проникающей способности, является зубчатая с треугольным профилем зубьев. Получена зависимость для определения высоты зуба (15). Определены рациональные интервалы варьирования параметров зубчатой поверхности бича: угол  $\alpha_3 \in [5^\circ \dots 40^\circ]$ , высота зуба  $h_3 \in [0,0096 \dots 0,05 \text{ м}]$ , при фиксированном основании зуба  $z_3 = d_k$ .

#### Литература

1. Основы расчета рабочих органов машин и оборудования для производства семян льна: монография / В. А. Шаршунов и др. Горки: БГСХА, 2016. 156 с.
2. Анализ устройств для отделения семян льна от стеблей / В.А. Шаршунов, А.С. Алексеенко, М.В. Цайц, В.А. Левчук // Вестник БГСХА. 2017. № 4. С. 174–180.
3. Исследование обмолачивающего устройства в линии первичной переработки льна / В.А. Шаршунов, В.Е. Кругленья, А.С. Алексеенко, В.А. Левчук, М.В. Цайц // Весці НАН Беларусі. 2015. Сер. аграр. навук. № 3. С. 112–117.
4. Развернутый структурный анализ систем автоматизации сельскохозяйственной техники / С.И. Козлов, С.А. Бортник, В.М. Кузюр, С.И. Будко // Технический сервис машин. 2021. № 4 (145). С. 62-68.
5. Устройство для отделения семенных коробочек от стеблей льна: пат. 7224 Респ. Беларусь, МПК А 01F 11/00 / В.Е. Кругленья, М.В. Лёвкин, В.И. Коцуба, С.Н. Крепочин, В.А. Левчук; заявитель Белорус. гос. с.-х. акад. № и 20100607; заявл. 06.07.10; опубл. 02.02.11 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. 2011. № 2. С. 154.
6. Устройство для выделения семян из ленты льна: пат. 8183 Респ. Беларусь, МПК А01D 45/06 / В.Е. Кругленья, М.В. Лёвкин, В.А. Левчук; заявитель УО «БГСХА». № и 20110743; заявл. 29.09.11; опубл. 30.04.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. 2012. № 2. С. 197.
7. Обмолачивающее устройство ленты льна: пат. 8332 Респ. Беларусь, МПК А01F 11/02 / В.Е. Кругленья, М.В. Лёвкин, В.А. Левчук; заявитель Белорус. гос. с.-х. акад. № и 20110745; заявл. 29.09.11; опубл. 30.06.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. 2012. № 3. С. 196.
8. Устройство для обмолота коробочек льна: пат. 8494 Респ. Беларусь, МПК А01F 11/02 / В.Е. Кругленья, М.В. Лёвкин, В.А. Левчук; заявитель Белорус. гос. с.-х. акад. № и 20110746; заявл. 29.09.11; опубл. 04.08.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. 2012. № 4. С. 177.

9. Разработка конструкции универсального измельчителя кормов / В.И. Самусенко В.М. Кузюр С.И. Будко и др. // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2021. № 1 (20). С. 191-195.

10. Курзенков С.В., Левчук В.А., Цайц М.В. Методика расчета параметров слоя стеблей льна в зоне обмолота // Вестник Бело-русской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 1. С. 154–159.

УДК 001.891:633.521

## **ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГИХ СВОЙСТВ СТЕБЛЕЙ ЛЬНОТРЕСТЫ**

**Левчук В. А., к.т.н., Курзенков С. В.,**

**Цайц М. В., [villi745@mail.ru](mailto:villi745@mail.ru)**

**Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Беларусь**

## **RESEARCH OF ELASTIC PROPERTIES OF FLAX STEMS**

**Senior teacher Levchuk V. A., candidate of Technical Sciences, Associate Professor**

**Kurzenkov S. V., Senior Lecturer Tsayts M. V., [villi745@mail.ru](mailto:villi745@mail.ru)**

**Belarusian State Agricultural Academy, Belarus**

**Аннотация.** В статье обоснована необходимость исследования упругих свойств стеблей льнотресты. Установлено, что наиболее подверженной разрыву частью ленты стеблей льнотресты, в процессе отделения семенной части, является участок находящийся между зажимным транспортером и зоной обмолота. Разработана методика и проведены экспериментальные исследования по определению величины смещения ленты льна зажимным транспортером в зоне обмолота и угла изгиба стебля до начала его разрыва. Получена эмпирическая зависимость позволяющая определять относительное удлинение стеблей льнотресты.

**Annotation.** The article substantiates the need to study the elastic properties of flax stems. It has been established that the part of the flax stalks tape most prone to tearing, in the process of separating the seed part, is the area located between the clamping conveyor and the threshing zone. A technique has been developed and experimental studies have been carried out to determine the amount of displacement of the flax belt by the clamping conveyor in the threshing zone and the angle of the stem bend before it breaks. An empirical dependence has been obtained, which makes it possible to determine the relative elongation of flax stems.

**Ключевые слова:** лен, обмолачивающее устройство, коробочки льна, лента стеблей льна, зажимной транспортер, эластичный бич, траектория движения, разрыв стеблей.

**Keywords:** flax, threshing device, flax boxes, flax stem tape, clamping conveyor, elastic whip, trajectory of movement, rupture of stems.

**Введение.** Объем и качество полученного семенного урожая льна зависит от совершенства технологического процесса отделения семян от стеблей [1, 2, 3]. Независимо от принятого способа отделения семян (очес, обмолот), лента льна движется зажимным транспортером в зоне обмолота в зажатом в комлевой части стеблей состоянии, а отделение семян производится гребнем или бичом осуществляющим движение перпендикулярно зажимному транспортеру [4]. Качество работы устройства зависит от согласованности скорости подаваемой



на обмолот ленты льна, ширины рабочего органа и частоты его воздействия на обрабатываемый материал [5].

**Постановка задачи.** С целью определения  $\Delta_1$  – величины смещения ленты льна за единицу времени  $\Delta t$ , соответствующего времени сжатия и удержания стеблей льна рабочим органом в начале взаимодействия его с лентой льна была изготовлена лабораторная установка, схема и общий вид которой представлены на рисунке 1.

**Основная часть.** Установка представляет собой сплошную плиту 1. На плите 1 жестко закреплены опоры 2, в которые установлены две направляющие 7 подвижной каретки 4. Для плавного перемещения подвижной каретки 4 на правой опоре установлен ручной механизм натяжения 5, соединенный с кареткой 4 посредством тросика 6. Параллельно перемещению каретки 4 нанесена шкала 8 с нулем в крайнем левом положении каретки 4. На плите 1 также установлена переставная каретка 3, таким образом, что перемещения каретки 4 и каретки 3 взаимно перпендикулярны. Для перемещения каретки 3 в плите 1 предусмотрены отверстия. Параллельно перемещению каретки 3 нанесена шкала 9. На каретках 3 и 4 предусмотрены зажимные устройства стеблей льна, каждое из которых состоит из двух металлических пластин и двух полиуретановых пластин [6].

Опыты проводили следующим образом. В процессе проведения исследований переставная каретка 3 устанавливалась на расстоянии 0,05 м, 0,10 м, 0,15 м и 0,20 м от передвигной каретки 4. Зажимные устройства устанавливались соосно, затем в них, между полиуретановыми пластинами, укладывался стебель льна и фиксировался зажимными винтами. Измерение диаметра стебля льна производили в зажатом состоянии в наиболее тонком месте с помощью электронного штангенциркуля с точностью до 0,01 мм. Затем, вращая рукоятку механизма натяжения 5, плавно перемещали передвигную каретку 4 по направляющим 7. При этом стебель льна изгибался и растягивался до момента его разрыва. Начало разрыва стебля льна фиксировалось по шкале 8 линейки ГОСТ 5094–74 с точностью до 1 мм [6, 7].

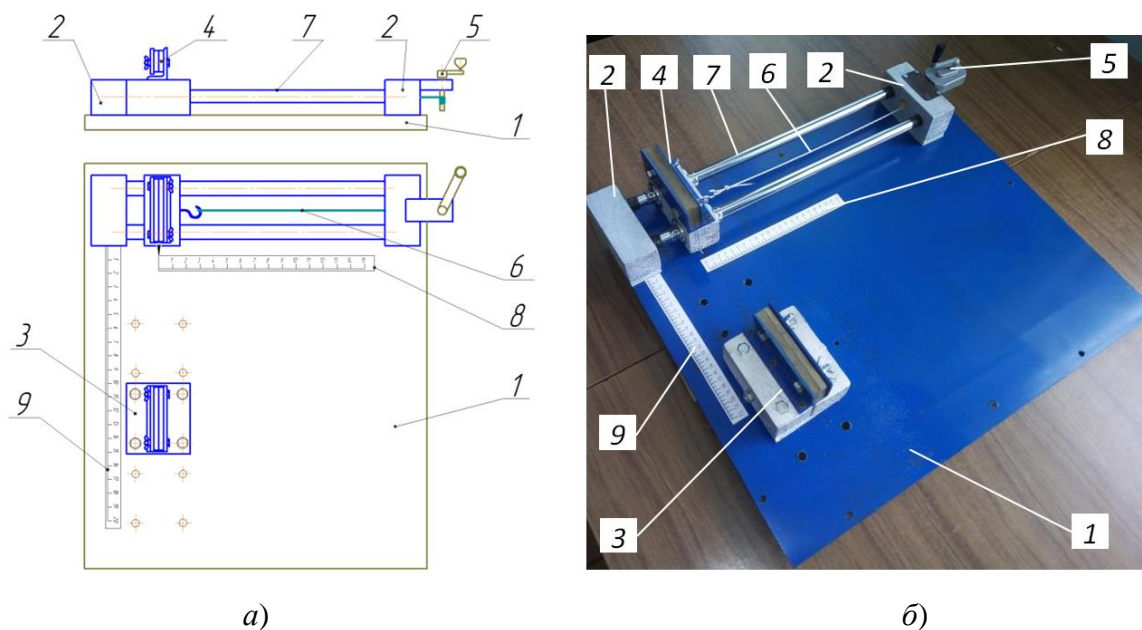


Рисунок 1 - Установка для определения параметра  $\Delta_1$ : а – схема установки; б – общий вид установки; 1 – плита; 2 – опоры; 3 – переставная каретка; 4 – передвижная каретка; 5 – механизм натяжения; 6 – тросик; 7 – направляющие; 8 – шкала передвижной каретки; 9 – шкала переставной каретки

Для определения величины  $\Delta_1$  (рисунок 2) были заготовлены опытные образцы льна из рулонов льнотресты на льнозаводе ОАО «Горкилен». Исследуемые образцы стеблей льна имели влажность 13–15 %. Значения диаметров стеблей колебались в пределах 0,39 – 2,17 мм, а их длина – 420 – 680 мм.

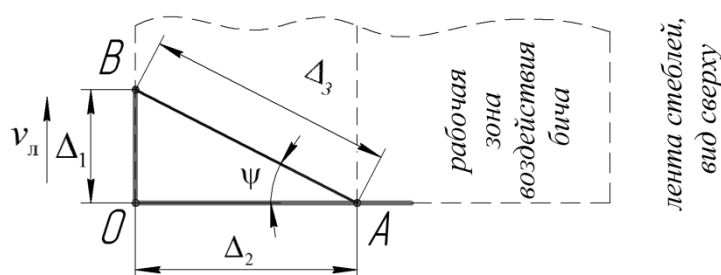


Рисунок 2 - Схема к определению угла изгиба и относительного удлинения стебля при разрыве

Исследования проводились в студенческой научно-исследовательской лаборатории «Ресурсосберегающие технологии переработки льна» кафедры безопасности жизнедеятельности БГСХА.

Угол изгиба стебля  $\psi$  определялся по зависимости

$$\operatorname{tg}(\psi) = \frac{\Delta_1}{\Delta_2} \quad (1)$$

где  $\psi$  – угол изгиба стебля в момент разрыва, град;

$\Delta_1$  – величины смещение ленты льна за единицу времени соответствующая времени сжатия и удержания стеблей льна рабочим органом в начале воздействия его на ленту, м;

$\Delta_2$  – расстояние от передвижной каретки до переставной каретки (принималось 0,05 м, 0,10 м, 0,15 м и 0,20 м), м.

Относительное удлинение стеблей льна определялось по зависимости

$$\varepsilon_{\text{ст}} = \frac{\Delta_3 - \Delta_2}{\Delta_2} = \frac{\sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2} - \Delta_2}{\Delta_2} \quad (2)$$

где  $\Delta_3$  – длина участка стебля льна в момент разрыва, м.

В результате исследований получено 100 значений величины  $\Delta_1$  и 100 расчетных значений угла изгиба стеблей льна  $\psi$  при различных значениях диаметра стебля льна  $d_{\text{ст}}$  в наиболее тонком месте исследуемого участка стебля.

Статистическую обработку полученных данных производили в Microsoft Excel с помощью надстройки «Анализ данных», «Однофакторный дисперсионный анализ» [8]. В результате оценки установлена доля влияния фактора (диаметр стебля) на величину  $\Delta_1$  и угол  $\psi$ : при величине  $\Delta_2 = 0,05$  м – 91,6 %;  $\Delta_2 = 0,10$  м – 96,0 %;  $\Delta_2 = 0,15$  м – 96,8 %;  $\Delta_2 = 0,20$  м – 96,4 %.

Средние значения показателей величины  $\Delta_1$  и угла изгиба стебля льна  $\psi$  для различных величин  $\Delta_2$  приведены в таблице 1.

Рассчитанный коэффициент корреляции между показателями  $\Delta_1$  и  $\psi$  составил 0,999, что свидетельствует о сильной прямой связи между ними, и при проведении расчетов можно воспользоваться одним из них. Также следует отметить, что изменение параметров  $\Delta_1$  и  $\psi$  в зависимости от величины «мертвой зоны»  $\Delta_2$  не линейно. Угол изгиба более значителен при величине «мертвой зоны» 0,2 м, чем при 0,05 м.

Таблица 1 - Средние значения показателей

Наименование параметра	Величина $\Delta_2$ , м			
	0,05	0,1	0,15	0,2
Путь, пройденный транспортером $\Delta_1$ , м	0,015	0,026	0,032	0,036
Угол изгиба стебля льна $\psi$ , град	16,4	27,0	32,5	35,6

По зависимости (2) при средних значениях величины смещение ленты льна за единицу времени соответствующая времени сжатия и удержания стеблей льна бичом в начале воздействия его на ленту  $\Delta_1$ , для четырех значений величины  $\Delta_2$  произведен расчет относительного удлинения стебля льна  $\varepsilon_{ст}$ .

На рисунке 3 приведен график зависимости относительного удлинения стебля  $\varepsilon_{ст}$  от величины  $\Delta_2$ .

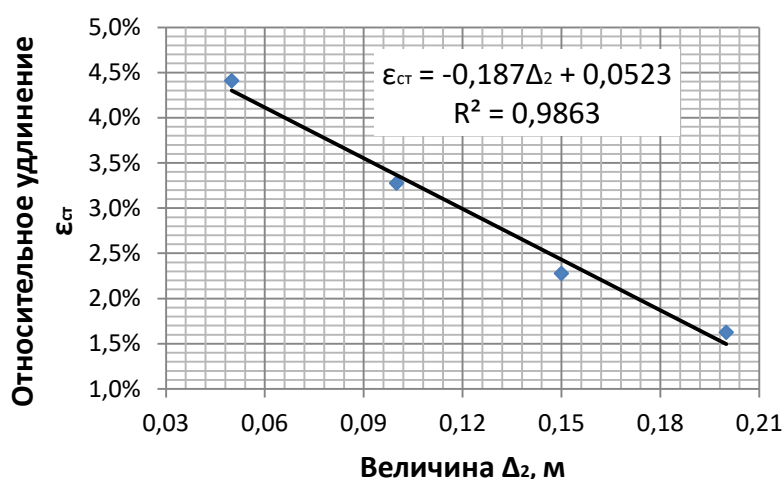


Рисунок 3 - График зависимости относительного удлинения стебля от величины  $\Delta_2$  («мертвая зона»)

На участке стебля льнотресты от 0,05 м до 0,20 м при исследуемом способе нагружения относительное удлинение стебля имеет линейную зависимость от величины  $\Delta_2$  и описывается уравнением  $\varepsilon_{ст} = -0,187 \cdot \Delta_2 + 0,0523$ , а коэффициент детерминации  $R^2 = 0,9863$ . Из графика (рисунок 3) видно, что с увеличением величины  $\Delta_2$  относительное удлинение стебля уменьшается, что связано с неоднородность строения стебля льна. Кроме того в процессе уборки стебель льна многократно подвергается воздействию рабочих органов (изгиб, удар, сжатие), что также увеличивает неоднородность стебля по длине.

**Заключение.** Установлены закономерности угла изгиба стеблей льнотресты и предельной величины смещения ленты льнотресты за единицу време-

ни, соответствующей времени начального взаимодействия рабочего органа с лентой льнотресты от диаметра стеблей в наиболее тонком месте исследуемого участка при различных значениях величины «мертвой зоны».

Получена эмпирическая зависимость позволяющая определять относительное удлинение стеблей льнотресты на различных ее участках.

### Литература

1. Основы расчета рабочих органов машин и оборудования для производства семян льна: монография / В.А. Шаршунов и др. Горки: БГСХА, 2016. 156 с.
2. Развернутый структурный анализ систем автоматизации сельскохозяйственной техники / С.И. Козлов, С.А. Бортник, В.М. Кузюр, С.И. Будко // Технический сервис машин. 2021. № 4 (145). С. 62-68.
3. Анализ механизированных технологий уборки и первичной переработки льна / В.А. Шаршунов, А.С. Алексеенко, М.В. Цайц, В.А. Левчук // Вестник БГСХА. 2017. № 2. С. 137-141.
4. Анализ устройств для отделения семян льна от стеблей / В.А. Шаршунов, А.С. Алексеенко, М.В. Цайц, В.А. Левчук // Вестник БГСХА. 2017. № 4. С. 174-180.
5. Исследование обмолачивающего устройства в линии первичной переработки льна / В.А. Шаршунов и др. // Весці НАН Беларусі. Сер. аграр. навук. 2015. № 3. С. 112-117.
6. Курзенков С.В., Левчук В.А., Цайц М.В. Обоснование скорости зажимного транспортера обмолачивающего устройства линии первичной переработки льна // Агропанорама. 2022. № 1 (149). С. 14–19.
7. Кузюр В.М., Будко С.И., Киселева Л.С. Обоснование предлагаемой конструкции транспортера загрузки бункера // Инновации и технологический прорыв в АПК: сборник научных трудов международной научно-практической конференции. 2020. С. 235-239.
8. Применение математических методов и ЭВМ. Планирование и обработка результатов эксперимента: учеб. пособие / В.П. Останин и др.; под общ. ред. А.Н. Основина. Минск: Выш. шк., 1989. 218 с.

УДК 631.361.022:633.521

### **ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МОЛОТИЛЬНОГО ЗАЗОРА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБМОЛОТА ЛЬНА**

**Цайц М. В., к.т.н., Курзенков С. В.,  
Левчук В. А., [maksimts@tut.by](mailto:maksimts@tut.by)**

**Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Беларусь**

### **THEORETICAL SUBSTANTIATION OF THE THRESHING GAP THRESHING DEVICES FOR FLAX**

**Senior teacher Tsayts M.V., candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Kurzenkov S.V., senior Lecturer Levchuk V. A., [maksimts@tut.by](mailto:maksimts@tut.by)  
Belarusian State Agricultural Academy, Belarus**

**Аннотация.** В статье получены аналитическая зависимость позволяющая определить предельную величину сжатия семенной коробочки льна, с точки зрения нетравмирования семян находящихся в ней, и аналитическая зависимость для определения минимального значения молотильного зазора между рабочими органами обмолачивающего устройства. Установлено, что молотильный зазор зависит от диаметра семенной коробочки льна, количества

семян в коробочке и их размеров. Разработана методика определения величины минимального зазора между бичом и декой исходя из условия нетравмирования семян.

*Annotation.* In the article, an analytical dependence is obtained that allows determining the limiting value of compression of a flax seed pod, from the point of view of non-injury to the seeds located in it, and an analytical dependence for determining the minimum value of the threshing gap between the working bodies of the threshing device. It has been established that the threshing gap depends on the diameter of the flax seed pod, the number of seeds in the pod and their size. A technique has been developed for determining the minimum gap between the scourge and the deck based on the condition of seed non-injury.

**Ключевые слова:** лен, обмолачивающее устройство, коробочки льна, молотильный зазор, семена льна, объем материала.

**Keywords:** flax, threshing device, flax bolls, threshing gap, flax seeds, material volume.

**Введение.** В условиях интенсификации сельскохозяйственного производства особую значимость приобретает обеспечение хозяйств высококондиционными семенами районированных сортов, которые наиболее полно соответствуют почвенно-климатическим условиям республики [1].

По причине низкой всхожести и урожайности льносемян практически все льносеющие хозяйства вынуждены производить пригодные для посева семена [1, 2, 3]. Для этого уборку льна необходимо проводить в фазе желтой спелости, когда основная масса семян полностью созреет. Кроме того, влажность семенных коробочек в фазе желтой спелости примерно в два раза ниже, чем в ранней желтой. Стремление уменьшить затраты топлива на сушку вороха также вынуждает сдвигать технологию комбайновой уборки льна на более поздние сроки. Вместе с тем, возникают риски потери части урожая связанные с погодными условиями [4].

Основополагающим технологическим процессом получения семян является процесс отделения семенной части урожая льна-долгунца от стеблей. От уровня его совершенства, зависит величина урожая, размер потерь, качество льнопродукции, трудоемкость и энергоемкость сушки и обработки льновороха [1]. В процессе обмолота семена льна подвержены травмированию, дроблению и микроповреждению. Существенное влияние на показатель повреждения семян оказывает молотильный зазор. От правильно выставленного молотильного зазора между рабочими органами обмолачивающего устройства зависит не только полнота отделения семенной части от стеблей, но и степень травмирования семян льна, а значит и возможность применения их в качестве посевного

материала.

**Постановка задачи.** Целью исследований является обоснование оптимального зазора между рабочими органами обмолачивающего устройства с учетом морфологических особенностей коробочек и семян льна.

**Основная часть.** Для обоснования зазора между рабочими органами обмолачивающего устройства воспользуемся сведениями из биологии о форме, составе и структуре семенных коробочек льна и ее семенах.

Известно [5, 6], что семенная коробочка льна представляет собой шаровидную мелкую коробочку (рисунок 1, *а*) длиной 6,1...8,3 мм, шириной 5,7...6,8 мм. Она пятигнездная. Каждое гнездо разделено не полной перегородкой по два полугнезда, содержащих по одному семени. Поэтому в семенной коробочке льна обычно находится до десяти семян. Установлено [5, 7], что в производственных посевах число нормально развитых семян колеблется от 6 до 10 шт.

В свою очередь льняное семя имеет овальную форму с несколько суженным и слегка изогнутым носиком (рисунок 1, *б*).

Размеры льняного семени изменяется в следующих пределах: длина – 3,2...4,8 мм, ширина – 1,5...2,2 мм, толщина – 0,5...1,2 мм.

С учетом выше приведенных сведений о коробочке льна и ее семенах, задачу определения границ варьирования зазора между рабочими органами обмолачивающего устройства сведем к оценке предельной возможной величины сжатия коробочки льна с учетом падающего воздействия на суммарный объем семян в ней.

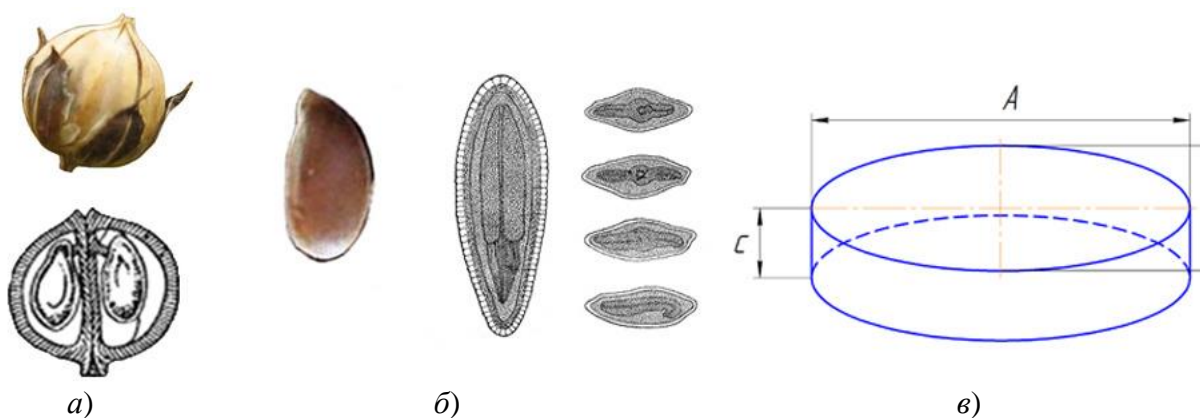


Рисунок 1 - Обоснование модели льняного семени: *а* – общий вид и продольный разрез семенной коробочки льна; *б* – общий вид, продольный разрез и поперечные срезы семян через зародыш; *в* – модель льняного семени

Для этого представим семенную коробочку льна в виде тела шаровидной формы с диаметром  $d_k$ , а льняное семя, как цилиндрическое тело толщины  $c$ , с эллипсом в основании и большей осью  $a$  и меньшей –  $b$  (рисунок 1, в).

Тогда уравнение семени может быть записано в виде

$$\begin{cases} \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1; \\ 0 \leq z \leq c, \end{cases} \quad (1)$$

где  $a = A/2$  – большая полуось основания семени, м;

$b = B/2$  – меньшая полуось основания семени, м;

$c$  – толщина семени, м.

С учетом (1) объем семени можно оценить по формуле

$$V_c = \frac{4 \cdot b \cdot c}{a} \int_0^a \sqrt{a^2 - x^2} dx. \quad (2)$$

Предположим, что таких семян в коробочке льна  $n_c$  штук. Тогда суммарный объем, занимаемый в коробочке семенами, можно найти из выражения

$$V_{c.общ} = V_c \cdot n_c, \quad (3)$$

где  $n_c$  – количество семян в коробочке льна, шт.

Поскольку семена льна внутри коробочки ориентированы вертикально по длине, располагаются у продольной оси коробочки и в целом вписываются в некоторую сферу. Тогда с некоторым допущением суммарное содержимое семян в коробочке льна можно представить в виде шара с объемом, который может быть вычислен по формуле

$$V_{c.общ} = \frac{4}{3} \pi \cdot R_{c.общ}^3. \quad (4)$$

Выразив из (4) радиус такого шара, получим

$$R_{c.общ} = \sqrt[3]{\frac{3}{4} \cdot \frac{V_{c.общ}}{\pi}}. \quad (5)$$



Тогда в качестве предельной возможной величины сжатия коробочки льна, с точки зрения нетравмируемости семян можно принять

$$\Delta_{\text{кз}} = d_{\text{к}} - 2 \cdot R_{\text{с.общ}} \cdot \quad (6)$$

С учетом (6) минимальный зазор между рабочими органами обмолачивающего устройства определим по зависимости

$$\Delta_{\text{min}} = d_{\text{к}} - (d_{\text{к}} - 2 \cdot R_{\text{с.общ}}),$$
$$\Delta_{\text{min}} = 2 \cdot R_{\text{с.общ}} \cdot \quad (7)$$

Результаты модели (7) с учетом зависимостей (2–5) позволяют, исходя из размеров коробочек и семян льна, определить минимальный допустимый зазор между рабочими органами обмолачивающего устройства из условия нетравмирования семян льна.

**Заключение.** Получены аналитическая зависимость позволяющая определить предельную величину сжатия семенной коробочки льна, с точки зрения нетравмирования семян находящихся в ней, и аналитическая зависимость для определения минимального значения молотильного зазора между рабочими органами обмолачивающего устройства. Установлено, что молотильный зазор зависит от диаметра семенной коробочки льна, количества семян в коробочке и их размеров.

Аналитические зависимости, рассмотренные в данной статье, войдут в основу методики обоснования зазора между рабочими органами проектируемого обмолачивающего устройства.

### Литература

1. Основы расчета рабочих органов машин и оборудования для производства семян льна: монография / В.А. Шаршунов и др. Горки: БГСХА, 2016. 156 с.
2. Анализ механизированных технологий уборки и первичной переработки льна / В.А. Шаршунов, А.С. Алексеенко, М.В. Цайц, В.А. Левчук // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 2. С. 137–141.
3. Повышение эффективности работы соломоизмельчителя комбайна / С.И. Будко, В.М. Кузюр, А.Е. Кузнецов, А.Н. Чайчиц // Сельский механизатор. 2020. № 7. С. 7-9.
4. Шаршунов В.А., Алексеенко А.С., Цайц М.В. Состояние льноводческой отрасли Республики Беларусь и пути повышения ее эффективности // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2. С. 267–271.

5. Комплексная механизация возделывания и уборки льна / А.В. Писарчик и др. Минск : Ураджай, 1983. 127 с.
6. Развернутый структурный анализ систем автоматизации сельскохозяйственной техники / С.И. Козлов, С.А. Бортник, В.М. Кузюр, С.И. Будко // Технический сервис машин. 2021. № 4 (145). С. 62-68.
7. Соловьев А.Я. Льноводство. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1989. 320 с.

УДК 664.8.047

**СУШИЛКА АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО НАГРЕВА МОДУЛЬНОГО ТИПА**

*д.т.н. Купреенко А.И., к.э.н. Исаев Х.М., к.т.н. Михайличенко С.М.,  
Купреенко О.А., Ялоза А.Г.*

*Брянский государственный аграрный университет, Россия*

**MODULAR TYPE AERODYNAMIC HEATING DRYER**

*Doctor of Technical Sciences Kupreenko A.I., Candidate of Economic Sciences*

*Isaev Kh.M., Candidate of Technical Sciences Mikhailichenko S.M.,  
Kupreenko O.A., Yaloza A.G.*

*Bryansk State Agrarian University, Russia*

**Аннотация.** Представлены результаты инженерного расчета возможности работы сушилке аэродинамического нагрева ПАПРКТО в непрерывном режиме сушки зерна с использованием штатного ротора-нагревателя и дополнительного модуля в виде сушильной шахты.

**Abstract.** *The results of the engineering calculation of the possibility of operation of the aerodynamic heating dryer PAPRCTO in a continuous grain drying mode using a standard rotor heater and an additional module in the form of a drying shaft are presented.*

**Ключевые слова:** сушилка аэродинамического нагрева, сушильная шахта, ротор-нагреватель.

**Keywords:** *aerodynamic heating dryer, drying shaft, rotor heater.*

**Введение.**

Брянская область является благоприятным регионом для садоводства [1, 13]. В Брянском ГАУ накоплен положительный опыт использования сушилки аэродинамического нагрева ПАПРКТО (рисунок 1) для сушки плодово-ягодной продукции [2,3,4,5,6,7,8,9, 11].



*a*



*б*

Рисунок 1 - Сушилка аэродинамического нагрева:

*a* – общий вид; *б* – вид сушильной камеры

Сушилки данного типа перспективны для сушки и других видов сельскохозяйственного сырья, в частности, зерна [12]. Однако в этом случае для повышения производительности необходима работа сушилки в режиме непрерывного действия. Камерная компоновка существующей сушилки в данном случае не позволяет организовать такой режим работы.

#### **Цель работы.**

Разработка сушильной шахты в виде дополнительного модуля к сушилке аэродинамического нагрева для обеспечения ее работы в непрерывном режиме сушки с использованием штатного ротора-нагревателя. Работа проводится в рамках гранта Минсельхоза РФ.

#### **Материалы и методы.**

Для сушки зерна наиболее распространены шахтные сушилки, с высотой рабочей части шахты около 4...5 м. Время одного пропуска зерна через шахту составляет порядка 40 мин. и зависит от влажности зерна и настройки выпускного устройства.

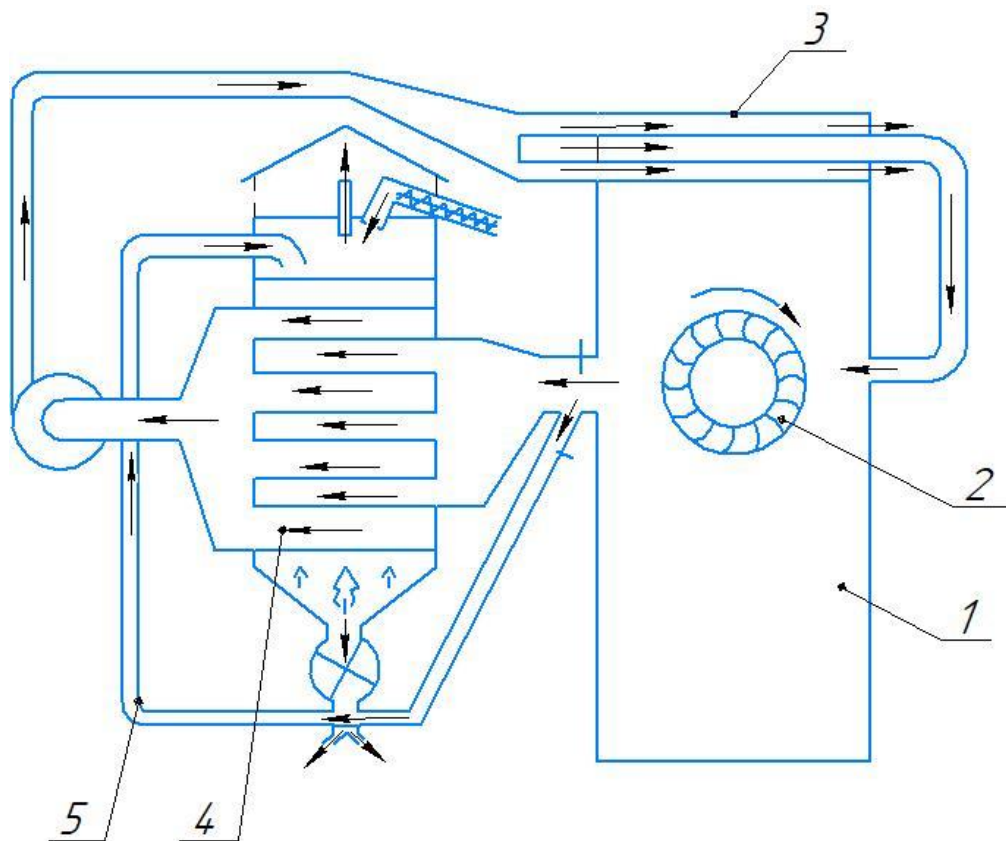
При высоте сушки ПАПРКТО в пределах 2 м, ее относительной мобильности в плане перемещения на другое место использования разработка дополнительного модуля высотой 4...5 м не целесообразна. Кроме этого, учитывая установленную мощность всего 17,5 кВт приводного электродвигателя ротора-нагревателя сушилки, обеспечить подачу нагретого сушильного агента с соответствующим его расходом в таких габаритов шахту явно невозможно.

Поэтому наиболее рациональной является схема рециркуляционного режима сушки зерна в сушильной шахте высотой 1,5 м при времени одного пропуска 13 мин. и 3-х кратном пропуске партии зерна. Такой режим равнозначен однократному пропуску зерна через шахту высотой 4,5 м при экспозиции 39 мин. В этом случае циркуляцию зерна целесообразно осуществлять пневмотранспортером вследствие его малой общей протяженности - порядка 4 м. При этом можно не использовать специальный вентилятор для работы пневмотранспортера, а осуществлять отбор воздуха из нагнетательного воздуховода сушильной шахты.

Задачей является инженерный расчет работоспособности предлагаемого дополнительного модуля сушилки аэродинамического нагрева.

### Результаты и их обсуждение.

На рисунок 2 представлена схема работы сушилки ПАПРКТО с использованием дополнительного модуля.



- 1 – сушилка ПАПРКТО; 2 – ротор-нагреватель; 3 – теплообменник;  
4- дополнительный модуль (сушильная шахта); 5 - пневмотранспортер

Рисунок 2 – Схема сушилки с дополнительным модулем

Нагнетание сушильного агента в дополнительный модуль будет производиться через имеющееся боковое окно камеры ротора-нагревателя сушилки ПАПРКТО (рисунок 3).

За основу взята сушильная шахта сушилки типа ДСП. При принятых габаритных размерах модуля 700x600x1500 мм, с учетом наличия 21 сушильного короба и емкости бесприводного выпускного устройства общее количество единовременно загружаемого зерна составит 420 кг. При сечении выпускного отверстия 60x60 мм время выпуска этого количества зерна составит 13 мин. При этом зерно должно поступать в пневмопровод со скоростью потока 0,2 м/с, что соответствует пропускной способности 0,54 кг/с или 1944 кг/ч.



*a*



*б*

Рисунок 3 – Боковое окно (*a*), ротор-нагреватель (*б*)

Используя методику расчета пневмотранспортеров [10], получим, что при производительности 2 т/ч и массовой концентрации смеси равной 1 расход воздуха должен составлять 0,046 м<sup>3</sup>/с или 166 м<sup>3</sup>/ч. Скорость воздушного потока, создаваемого ротором-нагревателем, составляет 18...20 м/с. Тогда, при этих параметрах диаметр пневмопровода должен составлять 0,052 м.

Гидравлический расчет пневмотранспортера показал, что необходимый статический напор составит 3303 Па, динамический – 370 Па, общий напор – 3,7 кПа. Потребная мощность на работу пневмотранспортера составит 0,26 кВт.

**Выводы.** Таким образом, инженерные расчеты показали, что сушилка ПАПРКТО может быть оснащена дополнительным модулем в виде сушильной шахты, который обеспечит работу в непрерывном режиме сушки с использованием штатного ротора-нагревателя. Для подтверждения расчетов будут проведены экспериментальные исследования опытного образца дополнительного модуля. При необходимости могут разрабатываться дополнительные модули и другого конструктивного исполнения в зависимости от свойств высушиваемого сельскохозяйственного сырья.

### Литература

1. Белоус Н.М., Евдокименко С.Н. Результаты сотрудничества ученых Брянского ГАУ и Кокинского опорного пункта ВСТИСП по развитию садоводства // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 1 (65). С. 15-22.
2. Исаев Х.М., Купреенко А.И., Исаев С.Х. Плодово-ягодная сушилка с комбинированным теплообменником // Сельский механизатор. 2020. № 1. С. 16-17.
3. К определению продолжительности сушки яблок в сушилке аэродинамического подогрева / А.И. Купреенко, Х.М. Исаев, С.Х. Исаев и др. // Инновации и технологический прорыв в АПК : сб. науч. тр. межд. науч.-пр. конф. Ч. 2. Брянск, 2020. С. 203-207.
4. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Исаев С.Х. Сушилки с аэродинамическим нагревом воздуха // Сельский механизатор. 2021. № 11. С. 16-17.
5. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Исаев С.Х. Определение продолжительности сушки яблок в сушилке аэродинамического нагрева // Техника и технологии в сельскохозяйственном производстве : сб. науч. тр. межд. науч.-пр. конф. Уссурийск, 2021. С. 73-78.
6. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Исаев С.Х. Снижение энергоемкости сушилки аэродинамического нагрева // Тракторы и сельхозмашины. 2021. № 1. С. 81-88.
7. Тепловой баланс комбинированного теплообменника сушилки аэродинамического подогрева / А.И. Купреенко, В.Ф. Комогорцев, С.Х. Исаев и др. // Агроинженерия. 2020. № 6 (100). С. 66-73.
8. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Исаев С.Х. Эффективность сушилки аэродинамического подогрева с комбинированным теплообменником // Инновационная техника и технология. 2020. № 3 (24). С. 29–36.
9. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Исаев С.Х. Результаты испытания сушилки аэродинамического подогрева с комбинированным теплообменником // Инновации и технологический прорыв в АПК : сб. науч. тр. межд. науч.-пр. конф. Ч. 2. Брянск, 2020. С. 211-214.
10. Потапов Г.П. Погрузочно-транспортные машины для животноводства: справочник. М.: Агропромиздат, 1990. 239 с.
11. Сушилка: пат. 192350 Рос. Федерация 2019103013 / Купреенко А.И., Исаев Х.М., Исаев С.Х.; заявл. 04.02.19; опубл. 13.09.19, Бюл. № 26. 1 с.
12. Тевис П.И., Ананьев В.А., Шадек Е.Г. Рециркуляционные установки аэродинамического нагрева / под общей редакцией Е.Г. Шадека. М.: Машиностроение, 1986. 208 с.
13. Ториков В.Е., Евдокименко С.Н., Сазонов Ф.Ф. Перспективы развития садоводства в Брянской области // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 5 (51). С. 3-8.

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ  
ПЕСТИЦИДОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

*к. с-х. н., Медведева Ж.В., Amedvedev\_71@mail.ru  
Алтайский государственный аграрный университет*

**ENVIRONMENTAL SAFETY WHEN USING PESTICIDES IN  
AGRICULTURAL PRODUCTION**

*Candidate of Agricultural Sciences, Medvedeva Zh.V., Amedvedev\_71@mail.ru  
Altai State Agrarian University*

**Аннотация.** Рассмотрены проблемы использования пестицидов в сельскохозяйственном производстве. С одной стороны, существует необходимость проведения работ по химизации земель для повышения урожайности, а с другой - сопровождается риском оказания отрицательного воздействия на окружающую среду, в целом, и на здоровье человека, в частности.

**Annotation.** *The problems of the use of pesticides in agricultural production are considered. On the one hand, there is a need to carry out work on the chemicalization of land to increase yields, and on the other hand, it is accompanied by the risk of having a negative impact on the environment in general and on human health in particular.*

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, сельское хозяйство, пестициды, окружающая среда, здоровье человека.

**Keywords:** *environmental safety, agriculture, pesticides, environment, human health.*

**Введение. Постановка задачи** В мире глобализации, где потребности и запросы растущего населения определяют производство сельскохозяйственных культур, в огромном количестве используются пестициды и агрохимикаты. По данным международной организации BusinessStat в период с 2014 по 2020 годы объем использования пестицидов в мире увеличились в среднем на 6,2 % в год. Эта ситуация обусловлена сокращением площади пахотных земель, быстрым ростом населения планеты и требованиями к повышению урожайности [3].

Применение этих средств решает ряд важных задач земледелия: обеспечение воспроизводства плодородия почв, повышение высококачественной растительной продукции, сбалансированной по химическому составу и питательной ценности, а также повышение рентабельности растениеводства.

Защита растений от вредителей и болезней основывается преимущественно на применении пестицидов химического синтеза. Исследования современных ученых, подтверждают, что лишь 10% пестицидов достигают цели, остальные "летят мимо", загрязняя природу и уничтожая другие организмы, и только 1% непосредственно обеспечивает токсический эффект. Отрицательные по-

следствия, вызываемые пестицидами, обусловлены разрушением биогенезов, в которых существование и численность отдельных видов живых организмов тесно связаны между собой. Главная опасность заключается в участии их в биологическом процессе, из которого они поступают в организм человека и животных [2].

Применение пестицидов в РФ, нормирование и контроль за их безопасным применением осуществляется на основе Государственного каталога пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории нашего государства. Установленные в каталоге пестициды зарегистрированы в установленном порядке в соответствии с ФЗ от 19.07.1997г. №109-ФЗ "О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами". В соответствии с официальной информацией Минсельхоза России, по состоянию на декабрь 2020 года в России зарегистрировано более 1500 наименований пестицидных препаратов, представляющих собой как химические вещества и их смеси, так и препараты биологического действия на основе штаммов микроорганизмов, грибов и др. В современных условиях хозяйствования система учета применения пестицидов, к сожалению, не дает полной информации о фактической пестицидной нагрузке на окружающую среду [7].

Целью исследования является изучение экологической безопасности при использовании пестицидов в сельскохозяйственном производстве.

Результаты исследований: В Алтайском крае ежегодно используется 4,5 млн.га посевных площадей. Под зерновые и зернобобовые в 2021 году было отведено 3,3 млн.га, под технические культуры 1,2 млн. га. Эти объёмы производства требуют эффективных мер по борьбе с вредителями и болезнями растений [4]. Основным способом применения пестицидов является аэрозольное распыление. При этом, происходит не только прямое воздействие пестицидов на вредителя, но и косвенное - отравление всей среды их обитания. Это создаёт потенциальные риски для окружающей среды и здоровья человека.

В период с 2002 по 2018 год население мира увеличилось на 21%, а производство зерновых - приблизительно на 44%, в тоже время объёмы использова-



ния пестицидов на гектар сельхозугодий возросли на 30%, а использование неорганических удобрений увеличилось примерно на 23% для азота, 13% для фосфора, 56% для калия. Избыток этих веществ способствует эвтрофикации пресноводных водоёмов, стимулирует рост вредоносных водорослей и последующего образования мертвых зон (зон гипоксии).

Основным критерием экологического состояния почв в РФ являются предельно допустимые и ориентировочно допустимые концентрации вредных веществ. В Алтайском крае в 2020 году проводились обследования в г. Барнауле, Заринском, Зональном Поспелихинском, Змейногорском, Рубцовском, Славгородском районах под зерновыми, бобовыми, масляничными и стернёй. Обнаружено остаточное количество суммарного дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ) и гербицида 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота (2,4-Д). Среднее содержание этих пестицидов в почве было одинаково - всего 0,001 мг/кг, а максимальное значение было на уровне 0,03 и 0,02 ПДК для ДДТ и 2,4-Д, соответственно [7].

Кроме целевого назначения, пестициды оказывают также негативное влияние на биосферу, масштаб которого сравнивают с глобальными экологическими факторами. Остатки пестицидов повсеместно присутствуют в окружающей среде. Следы пестицидов и агрохимикатов были выявлены в различных экологических средах, включая поверхностные и подземные воды, почвы и воздух. Они обнаруживаются даже в таких отдалённых районах, как Арктика. К числу обнаруженных относятся пестициды, являющиеся наследием прошлых лет (т.е. хлорорганические соединения), применение которых не разрешалось во многих странах на протяжении десятилетий, а также пестициды, применяемые в настоящее время. Пестициды оказывают значительное влияние на исчезновение видов, опыляющих растения, в том числе через механизм расстройств колонии пчёл : рабочие пчелы внезапно исчезают из улья. От загрязнений водных ресурсов пестицидами также страдают рыбы и другая водная биота. Поверхностный сток пестицидов в реках и ручьях может быть смертельно опасен для водной жизни, иногда приводя к гибели всех рыб в определенном потоке [1].

В таблице 1 представлены показатели площади сельхозугодий, обработанных пестицидами за 2018-2020 гг.

Таблица 1- Площади сельскохозяйственных угодий РФ, обработанные пестицидами

Показатель	Годы		
	2018	2019	2020
Площадь сельхозугодий обработанная пестицидами (в переводе на одну обработку, тыс.га)	94731	101730	101522
Доля сельхозугодий, обработанных пестицидами в общей площади сельхозугодий, %	42,7	45,8	45,7

Из анализа данных таблицы 1 видно, что в 2020 году площадь сельхозугодий обработанных пестицидами возросла на 7,1 %, также наблюдается увеличение доли сельхозугодий в общей площади на 6,5% по сравнению с 2018 годом. Использование пестицидов и удобрений достигается за счет негативного воздействия на окружающую среду, а также на экологическую устойчивость сельского хозяйства на протяжении их жизненного цикла.

Рынок пестицидов и удобрений стремительно растет, в 2016 году в мире было использовано около 4,1 миллионов тонн активных ингредиентов, это в два раза больше чем в 1990 году. В 2018 году общая сумма пестицидов на рынке оценивалась в 65 миллиардов долларов. Согласно прогнозам, к 2025 году этот рынок достигнет 71 миллиардов долларов, а в период с 2020 года по 2025 год его среднегеометрические годовые темпы роста составят 3,7 %. Способность пестицидов сохраняться и распределяться в окружающей среде представлена в таблице 2.

Таблица 2 - Показатели поведения пестицидов в окружающей среде

Среда обитания	Способ	Индикатор
Почва	Разложение	Период полураспада ( $DT_{50}$ )
	Сорбция	Коэффициент сорбции ( $K_d$ или $K_{oc}$ )
Вода	Разложение	Период полураспада ( $DT_{50}$ )

	Сорбция донных остатков	Коэффициент сорбции (Kd или Koc)
	Растворение	Растворимость в воде S
Воздух	Разложение	Период полураспада (DT <sub>50</sub> )
	Испарение	Константа Генри (H)
Живые организмы	Биоаккумуляция	Коэффициент биоаккумуляции (BCF)

Согласно приказу Минсельхоза РФ от 10.07.2012. №357 выше перечисленные индикаторы являются показателями экологической безопасности пестицидов. Среди них индикаторы по стойкости в почве, воде, воздухе (DT<sub>50</sub>), подвижности в системе почва-раствор (Kd или Koc), данные необходимо учитывать и рекомендовать для дальнейшего использования почвы, разработке мер по ослаблению остаточного действия, чередованию посевов сельхозкультур устойчивых к действию пестицидов [7].

Загрязняющие вещества, содержащиеся в удобрениях (потенциально токсичные элементы), влияют на качество почвы и могут попадать в пищевую сеть в следствии поглощения растениями и потребления загрязненных продуктов питания или кормов. Токсические микроэлементы, присутствующие в удобрениях, включают ртуть, кадмий, мышьяк, свинец. Отравляющие вещества, содержащиеся в удобрениях, могут оказывать негативное воздействие на здоровье и попадать в пищевую цепь.

Актуальность приобретает проблема применения пестицидов и их исследование на природные экосистемы и здоровье человека. Действующие вещества могут поступать через дыхательные пути, желудочно-кишечный тракт, кожу. При изучении пестицидов установлена их потенциальная опасность на человека через продукты питания с остаточным количеством ядохимикатов. Перечислены некоторые опасные последствия при применении пестицидов в защите растений: - непосредственное и опосредованное воздействие на человека через воздух, воду, пищу; - вероятность проявления аллергенных, гонадотоксических, тератогенных, канцерогенных, кожно-резорбтивных, эмбриотропных воздействий на людей; - отравлений сильнодействующими ядовитыми веще-

ствами; - использование пестицидов сопровождается риском оказания отрицательного воздействия на биосферу. Проявление этих опасностей возможно при определённых условиях, связанных с нарушениями правил безопасности, регламентов, а также правил хранения, применения данных веществ [4]. Все работы с пестицидами и агрохимикатами первого и второго класса опасности, осуществляются лицами, имеющими специальную профессиональную подготовку, прошедшие обучение. При работе с пестицидами работникам растениеводства рекомендуется применять средства защиты органов дыхания (респираторы, противогазы), полимерные перчатки и обувь, а так же специальную одежду с защитными накладками. Обеспеченность средствами индивидуальной защиты от воздействия токсичных веществ – не более 41 %. За время эксплуатации защитные свойства СИЗ снижаются на 47% от механических воздействий; 8,5% - химических факторов; 44,5% - из комплексного воздействия [3,5].

В настоящее время назрела необходимость контроля за безопасностью поступления пестицидов в организм человека. Работники, занятые в сельском хозяйстве, давно привлекают внимание специалистов в связи с относительно высоким риском различных заболеваний и повреждений, а также возможностью отравления пестицидами. Мировая практика применения пестицидов свидетельствует о том, что они несут в себе потенциальную опасность. Отравления пестицидами у работников может иметь острый или хронический характер. Последнее связано с накоплением в организме отравляющих веществ на протяжении длительного времени. Практически у всех лиц, имеющих контакт с пестицидами, отмечаются изменения клеточного и гуморального иммунитета, обострения хронических заболеваний [6].

Обеспечение экологической безопасности при использовании пестицидов и агрохимикатов возможно только при комплексном подходе, включающим в себя экологические, технологические, экономические и правовые меры. Определение экологической опасности применения пестицидов составляет оценку экологической безопасности процесса распыления. Во время обработки растений в воздухе могут происходить испарения в виде прямых потерь. Часть пе-

стицидов могут уноситься ветром за пределы поля и не осаждаться на растениях, при этом они загрязняют окружающую среду. Применение пестицидов и агрохимикатов возможно при использовании специальной техники и оборудования. Правильная организация технологических мер и эффективное использование опрыскивательных установок позволяет обеспечить высокую эффективность процесса распыления, но наличие мелких и крупных капель, неоднородность покрытия листовой поверхности, неравномерное распределение рабочей жидкости вдоль шланга распылительной машины создают проблему экологической безопасности [4].

Для снижения экологической опасности на окружающую среду при использовании пестицидных препаратов возникает необходимость систематизации критериев экологической опасности процесса распыления с учетом технологических параметров и нормативов на основе функционально-морфологического описания системы "человек-машина-среда" [8]. Не следует забывать о расфасовки и маркировки пестицидов и агрохимикатов, она должна осуществляться в соответствии с требованиями действующего законодательства, а также нормативными и техническими документами на конкретные виды препаратов. Перевозка данных веществ осуществляется согласно требований для опасных грузов, погрузочно-разгрузочные работы должны быть механизированными.

За нарушение правил применения и иного обращения с пестицидами и агрохимикатами статьей 8.3 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях (далее КоАП РФ) предусмотрена административная ответственность в виде наложения административного штрафа на граждан в размере от одной до двух тысяч рублей; на должностных лиц – от двух до пяти тысяч рублей. За нарушение требований безопасности при проведении работ с пестицидами и агрохимикатами может повлечь применение мер уголовной ответственности [5].

Выводы: Таким образом, использование в сельском хозяйстве пестицидов представляет собой огромную проблему. При решении задач по снижению пестицидной нагрузки на сельскохозяйственные угодья необходимы экологические знания и учет факторов, влияющих на продуктивность растений. Примеры

таких теорий доказывают свою эффективность, используя комплексную борьбу с вредителями и переносчиками болезней, применение биологических методов борьбы, чередование высева культур (и пара) во времени и размещении на полях, а также не стоит забывать об использовании органических удобрений. Безопасность применения пестицидов обеспечивается соблюдением установленных регламентов и правил применения пестицидов и агрохимикатов, исключая их негативное воздействие на здоровье людей. Согласно ст. 213 ч.4 ТК РФ предусмотрено проведение предварительных и периодических медицинских осмотров для выявления заболеваний у работников, выполняющих вредные и опасные виды работ. А для решения вопросов экологической безопасности процесса распыления пестицидов и для снижения заболеваемости работников необходимо разработать методики проведения стендовых и полевых испытаний распылительных устройств опрыскивательных систем, наиболее часто используемых в сельском хозяйстве.

#### Литература

1. Андреева Д.С. Характеристика рисков при работе с пестицидами // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета: сборник научных трудов. Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2020. № 1. С. 54-58
2. Иванцова Е.А. Калуженкова Ю.В. Экологическая проблема пестицидов // Известия Нижегородского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2008. № 1 (9). С. 41-46.
3. Медведева Ж.В. Дорохова Н.Д. Безопасность при использовании пестицидов и агрохимикатов // Перспективы внедрения инновационных технологий в АПК: сб. статей II Российской (национальной) научно-практической конференции. Барнаул: РИО Алтайский ГАУ, 2019. С. 83-84
4. Медведева Ж.В. Технологическое оснащение и безопасность при использовании пестицидов в Алтайском крае // Актуальные проблемы использования почвенных ресурсов и пути оптимизации антропогенного воздействия на агроценозы: цифровизация, экологизация, основы органического земледелия» (посвященная 181-летию Донского ГАУ): материалы международной научно-практической конференции, 23 сентября 2021 г. Персиановский: Донской ГАУ, 2021. С. 324-330.
5. // Проблема экологической безопасности при использовании пестицидов и агрохимикатов / Ж.В. Медведева, С.А. Белокурченко, Н.Д. Дорохова, Л.В. Кобцева // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: материалы межвузовской научно-практической конференции, 16-17 апреля 2019 г. Брянск: Изд-во: Брянский ГАУ, 2019. № 1 (80). С. 326-334.
6. Омарова З.М. Влияние пестицидов на здоровье людей // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2010. № 1. С. 59-64.
7. Состояние загрязнения пестицидами объектов природной среды Российской Федерации в 2020 г. Обнинск: ФГБУ "НПО "Тайфун", 2021. 88 с.
8. Ударцева О.В. Исследование различных технологий внесения пестицидов, используемых на территории Алтайского края // Фундаментальные исследования. 2011. № 8. С.185-187.

**ДРАЖИРОВАНИЕ СЕМЯН РАПСА  
КАК СПОСОБ УВЕЛИЧЕНИЯ УРОЖАЯ**

*к.т.н., Михеев Д. А., Сысоев А. А.*

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Беларусь*

**PLANTING OF RAPSE SEEDS  
AS A WAY TO INCREASE YIELD**

*Can. Hab. of Engineering, Associate Prof., Mikheev D. A, graduate student,  
Sysoev A. A.*

*Belarusian State Agricultural Academy, Belarus*

**Аннотация.** В статье рассмотрены преимущества использования семян с искусственной оболочкой. Рассмотрен принцип работы дражироватора семян, разработанного в УО "Белорусская государственная сельскохозяйственная академия" (г. Горки, Республика Беларусь). Представлены результаты научных исследований по эффективности использования дражированных семян ярового рапса в климатических условиях Республики Беларусь.

**Annotation.** The article discusses the advantages of using seeds with an artificial shell. The principle of operation of the seed coater developed at the Belarusian State Agricultural Academy (Gorki, Republic of Belarus) is considered. The results of scientific research on the effectiveness of the use of pelleted seeds of spring rapeseed in the climatic conditions of the Republic of Belarus are presented.

**Ключевые слова:** дражирование, рапс, семена рапса, дражирователь семян.

**Key words:** coating, rape, rapeseed, precision seeding, seed coater.

## **Введение**

В настоящее время возделывание такой сельскохозяйственной культуры как рапс приобретает все больший интерес. Это связано с тем, что эта культура обладает высоким сельскохозяйственным потенциалом. Сырье из рапса идет на различные нужды, в том числе на пищевые цели и на производства возобновляемых источников энергии – биодизельного топлива. Стоимость семян рапса ежегодно растет и в последнее время доходит до 830 у.е. за 1 тонну [1].

При возделывании рапса очень важно, как и для любой сельскохозяйственной культуры, точно соблюдать технологию, использовать для посева качественные семена с высокими посевными свойствами.

Для повышения уже существующего потенциала семян есть современные способы предпосевной обработки к которым относятся инкрустация и дражирование семян. Инкрустация подразумевает создание тонкой оболочки на семенах (пленки) без изменения массы и размеров семени, дражирование преду-

смачивает создание значительной оболочки на семенах с изменением их формы и размеров в несколько раз.

Создание искусственной оболочки на семенах сельскохозяйственных культур, дражирование и инкрустирование, является перспективным способом предпосевной обработки. Этот способ подготовки семян к посеву позволяет получить многосторонний положительный эффект, такой как – защита растений от болезней и вредителей, получение семян правильной формы увеличенного размера, что позволяет упростить их посев с заданной нормой, в состав оболочки входят питательные микро- и макроэлементы, в которых нуждается растение на ранних этапах развития. Это в совокупности позволяет получить прибавку к урожаю до 10 % и более, без существенных капиталовложений, связанных с большим количеством доз вносимых удобрений [2, 3]. Кроме этого, наблюдается побочный положительный экологический эффект от использования дражированных семян, такой как уменьшение количества вносимых удобрений в почву, поскольку часть их наносится на сами семена, коэффициент использования растением таких удобрений намного выше, чем при внесении удобрений в почву. Это положительно отражается на экологических показателях почвы и грунтовых вод. Дражирование наиболее рентабельно для семян сельскохозяйственных культур имеющих небольшую норму высева на 1 га. К таким культурам можно отнести рапс, норма высева семян на 1 га (1 посевная единица) составляет 3...5 кг, это позволяет сделать вывод о больших перспективах создания искусственной оболочки на семенах рапса.

Стоит также отметить, что для получения высокого урожая хорошего качества производителям необходимо использовать высокопродуктивные семена и повышать их посевной потенциал за счет дражирования. Тогда можно будет получить ожидаемый результата в прибавке урожая.

### **Постановка целей и задачи**

Цель исследований – доказать эффективность способа дражирования отечественных семян рапса для увеличения урожая, при возделывании в климатических условиях Республики Беларусь.



Задачами исследования являются:

– рассмотрение возможности создания искусственной оболочки на семенах рапса;

– анализ результатов научных исследований по испытанию отечественных дражированных семян рапса в полевых условиях.

### **Результаты исследований и их обсуждение**

Для производства дражированных семян используют разные технологии и способы, однако наиболее распространенным является способ постепенного наслаивания оболочки. Именно по этому принципу работают импортные дражирователи выпускаемые фирмами "Petkus", "Cimbria" и др. [4, 5].

Учитывая мировые тенденции развития данного оборудования в УО БГСХА (г. Горки, Республика Беларусь) был разработан и запатентован экспериментальный дражирователь семян (рисунок 1), предназначенный для послойного нанесения искусственной оболочки на поверхность семян с их эквивалентным диаметром от 1 мм и более.

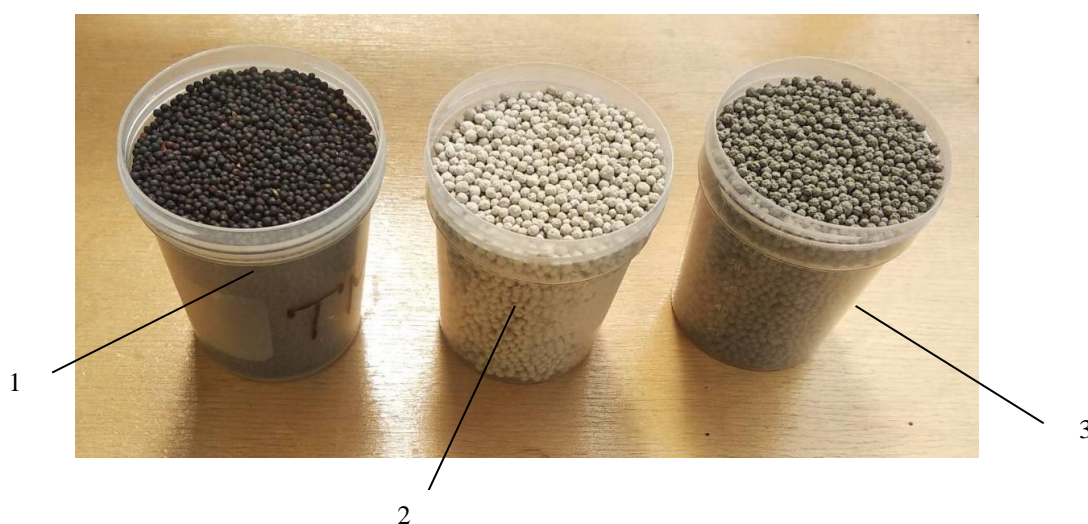


Рисунок 1 – Центробежный дражирователь семян

Процесс создания искусственной оболочки в разработанном дражирователе можно представить следующим образом, подготовленные семена (очищенные и

откалиброванные) подаются в камеру смешивания дражироватора куда поочередно подается жидкий связующий компонент и сухой наполнитель. Для семян рапса необходимо использовать липкий жидкий компонент, поскольку их поверхность гладкая и сухой наполнитель плохо прилипает к семенам. В результате движения семян внутри камеры смешивания сухой наполнитель прилипает к липкой поверхности семян и формирует один слой оболочки. Чередование подачи жидкого (липкого) и сухого компонента происходит до тех пор, пока на поверхности семени не сформируется оболочка нужного размера. После обработки семена имеют избыточную влажность 25...40 % и более. Если семена нужно хранить до посева более 1 недели необходимо их высушить до влажности 7...9 % [6].

На постсоветском пространстве применение дражирователей в хозяйствах не нашло широкого распространения, что в основном обусловлено недостатком собственных научных исследований и разработок в этой области, а также высокой стоимостью импортного оборудования, 40 евро и более за один дражирователь, что не всегда экономически целесообразно для условий отечественного сельского хозяйства, а с учетом актуальной реальности вообще мало вероятно.



1 – необработанные семена; 2 – дражированные семена;  
3 – дражированные семена с добавлением оксида торфа

Рисунок 2 – Семена ярового рапса

На разработанном дражираторе семян (рисунок 1) с 2019 года проводились экспериментальные исследования по созданию дражированных семян рапса. Толщина оболочки получаемых семян составляла 0,3...0,5 мм. При этом эквивалентный диаметр семян в среднем увеличивался в 2 раза. Получаемые дражированные семена представлены на рисунке 2.

В 2019 году проводились экспериментальные исследования по дражированию семян ярового рапса отечественного сорта "Алмаз". Основными компонентами искусственной оболочки семян выступали: сухой наполнитель на основе бентонитовой глины; раствор воды с регулятором роста на основе гуминовых кислот; протравитель. В процессе проведения экспериментальных исследований посевных качеств осуществлялась сравнительная оценка дражированных семян рапса и необработанных [2].

Семена были высеяны на опытных полях ГСХУ "Горецкая сортоиспытательная станция" (г. Горки Республика Беларусь). На протяжении всего периода вегетации проводилась активная борьба с сорняками и вредителями. Были проведены обязательные виды химической обработки: от рапсового цветоеда, рапсового семенного скрытнохоботника и капустного комарика, склеротиниоза и альтернариоза.

По результатам полевых опытов показатель урожайности растений ярового рапса, семена которого были дражированы, превысил показатель семян без обработки на 2,1...5,1 ц/га. Это было обусловлено тем, что в процессе дражирования на семена наносился регулятор роста, кроме этого в оболочке семян, наполнителем которой выступала бентонитовая глина, содержались микроэлементы которые благоприятно влияют на развитие растения [2].

В 2019-2020 году проводились экспериментальные исследования по дражированию семян отечественного ярового сорта "Топаз" минеральным составом с добавлением бора. При дражировании семян бор (борная кислота) добавлялся в жидкий (связующий) компонент в количестве 50 – 60 миллиграмм на 1 кг семян [3]. В качестве жидкого связующего компонента, обладающего высокой адгезионной (прилипающей) способностью, был использован раствор со-

стоящий из воды и натрий карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ). Также в один образец дражированных семян был добавлен оксидат торфа в объеме 20 % от всего объема жидкого раствора связующего действия. Оксидат торфа добавлялся для оценки его эффективности использования при дражировании семян.

Полученные дражированные семена ярового рапса были высеяны на опытных полях ГСХУ «Горецкая СС». Опыты проводились в трёхкратной последовательности. Полученные данные проведенных экспериментальных исследований позволяют сделать вывод, что в 2019 году средняя урожайность из дражированных семян рапса была выше контроля на 7,3...8,6 %, при абсолютных значениях 25,1 ц/га (+2,0 ц/га), в 2020 году на 8,0...8,4 % при абсолютных значениях 29,6 ц/га (+2,3 ц/га) [3]. Добавление оксидата торфа в оболочку семян в выше указанном объеме существенного влияние на урожайность рапса не оказало.

Стоит отметить, что при визуальной оценке делянок с дражированными семенами (рисунок 3.), можно заметить, что цветение рапса семян происходит более интенсивно, что приводит к завязыванию большего количества стручков, что в свою очередь ведет к повышению урожайности.



1

2

1 – необработанные семена; 2 – дражированные семена.

Рисунок 3. – Полевые опыты дражированных семян ярового рапса сорта "Топаз", 2020 год

## Вывод

Для повышения рентабельности возделывания сельскохозяйственных культур необходимо применять современные способы предпосевной обработки. К таким способам можно отнести способ создания искусственной оболочки на семенах, т.е. дражирование семян. Этот способ наиболее эффективен для семян сельскохозяйственных культур имеющих небольшую норму высева на 1 га, к таким культурам можно отнести рапс. Семена рапса в настоящее время имеют высокую стоимость на мировом рынке и соответственно это делает привлекательным для возделывания эту культуру. Дражирование семян рапса с добавлением в оболочку семян необходимых на ранних стадиях развития микроэлементов, таких как бор, и регуляторов роста позволяет при минимальных вложениях на предпосевную обработку получить значительный эффект в прибавке к урожаю до 8,5 % и более.

Стоит отметить, что все импортные семена рапса поставляются к нам только с искусственной оболочкой. Это еще раз подтверждает эффективность этого способа на семенах рапса.

На сегодняшний день в УО БГСХА ведутся научные исследования по подбору компонентов оболочек семян рапса и других культур для получения максимального эффекта от дражирования.

## Литература

1. График цен на рапс [Электронный ресурс]. 2022. – Режим доступа: [https://www.economicdata.ru/additional.php?menu=spot-price&ad\\_ticker=CanolaPrice&additional\\_show=details](https://www.economicdata.ru/additional.php?menu=spot-price&ad_ticker=CanolaPrice&additional_show=details) – Дата доступа: 11.03.2022.
2. Михеев Д.А., Исаченко В.Н. Исследование посевных качеств инкрустированных семян рапса, полученных в центробежном дражираторе с лопастным отражателем // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. 2020. № 2. С. 144–147.
3. Михеев Д.А., Исаченко В.Н. Инкрустирование семян рапса минеральным составом на основе трепла с добавлением бора // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. 2021. № 3. С. 176-180.
4. Протравливатели семян PETKUS CT 50 [Электронный ресурс]. 2022. – Режим доступа: [https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery\\_dc96071c-efc4-4bab-9fea-2be2836caffc](https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery_dc96071c-efc4-4bab-9fea-2be2836caffc) – Дата доступа: 11.04.2022.
5. Центрические напылительные машины – Cimbria [Электронный ресурс]. – 2022. – Режим доступа: <https://www.cimbria.com/products/seed-processing/centricoater> – Дата доступа: 11.04.2022.

6. Особенности хранения семян масличного рапса [Электронный ресурс]. 2022. – Режим доступа: <https://www.agronom.com.ua/osobennosty-hranenyuya-semyan-maslychnogo-rapsa/>– Дата доступа: 11.04.2022.

УДК 631.353.6

**ЭНЕРГОЕМКОСТЬ УТИЛИЗАЦИИ ОТПЛОДОНОСИВШИХ  
СТЕБЛЕЙ МАЛИНЫ**

*д. с.-х. н., профессор Ожерельев В.Н., [vicoz@bk.ru](mailto:vicoz@bk.ru)  
Брянский государственный аграрный университет, Россия*

**ENERGY INTENSITY OF UTILIZATION OF RASPBERRY STEMS**

*doctor of agricultural sciences, professor Ozherelev V.N., [vicoz@bk.ru](mailto:vicoz@bk.ru)  
Bryansk State Agrarian University, Russia*

**Аннотация.** Приведены специфические свойства отплодоносивших стеблей малины. На этой основе предложено измельчать их путем переламывания. Доказана меньшая энергоемкость указанного процесса по сравнению с резанием. Определены наиболее важные параметры измельчающего аппарата. Рассчитана мощность, потребляемая на привод измельчающих барабанов. Предложено использовать продукт измельчения в качестве наполнителя при производстве компостов.

**Annotation.** *The specific properties of fruit-bearing raspberry stems are given. On this basis, it is proposed to grind them by breaking them. The lower energy intensity of this process compared to cutting has been proven. The most important parameters of the grinding apparatus are determined. The power consumed to drive the grinding drums is calculated. It is proposed to use the grinding product as a filler in the production of composts.*

**Ключевые слова:** малина, стебель, измельчение, переламывание, энергоемкость.

**Keywords:** *raspberry, stem, grinding, breaking, energy intensity.*

**Постановка задачи.**

Для производства ягод малины характерна наибольшая трудоемкость среди других ягодных культур [1]. В частности, это связано с необходимостью ежегодной утилизации отплодоносивших стеблей. Отчасти проблема может быть решена за счет перехода на ремонтантные сорта, плодоносящие на однолетних побегах [2]. При этом период массового плодоношения приходится на август-сентябрь, а стебли удаляют путем их механизированного скашивания с измельчением.

В рыночных условиях целесообразно максимально растягивать сроки плодоношения, длительное время предлагая клиентам свежую ягоду. Этого можно добиться, в частности, выращиванием малины в укрытиях и теплицах, что уже практикуется в одном из хозяйств Калужской области, но слишком большой

становится себестоимость продукции. В связи с этим оптимизация технологии выращивания малины, плодоносящей на двухлетних стеблях, остается актуальной задачей, поскольку оно удлиняет период плодоношения на полтора месяца при сохранении приемлемой себестоимости ягод.

При этой технологии для утилизации отплодоносивших стеблей целесообразно применять специальный подборщик-измельчитель, а продукт измельчения можно использовать в качестве наполнителя компостов на базе жидкого навоза. В этом случае оптимальным образом сочетаются свойства компонентов компоста, обеспечивая высокий синергетический эффект.

### **Гипотеза исследования.**

Существуют многочисленные конструкции измельчителей древесных остатков, которых применяют в лесопарковом хозяйстве, а также в садоводстве и виноградарстве. При всем разнообразии конструктивных вариантов, принцип их действия идентичен и основан на резании древесины резцами или лезвиями различного типа.

Специфической особенностью отплодоносивших стеблей малины является их повышенная хрупкость при подсыхании, через некоторое время после вырезки. В связи с этим была синтезирована принципиально иная конструкция измельчителя, реализующего технологический процесс переламывания стеблей путем пропуска их между двумя многолопастными роторами, заостренные лопасти которых смонтированы с радиальным перекрытием [3].

Процесс измельчения проходит последовательно несколько фаз (рисунок 1). Он начинается с захвата конца 11 стебля 15 лопастями 5 и 6 нижнего ротора 2 и лопастью 7 верхнего ротора 1 (рисунок 1а). При дальнейшем протягивании стебля вправо величина прогиба его участка 17 (рисунок 1б) увеличивается до тех пор, пока лопасть одного из роторов не совпадет с межосевой линией (лопасть 9). В результате деформация заключенного между лопастями 3 и 4 нижнего ротора участка стебля достигает максимума, существенно превышающего предел упругости, вследствие чего он разламывается на отрезки 14 и 16. При дальнейшем повороте роторов (являющимися очередной фазой процесса)

надломленные во время предыдущей фазы взаимодействия с их рабочими органами отрезки стебля 13 и 14 окончательно дезинтегрируются, вследствие чего образуются обособленные куски 11 и 12, отбрасываемые лопастями 5, 7 и 8 роторов 1 и 2 на транспортер или в накопительную емкость.

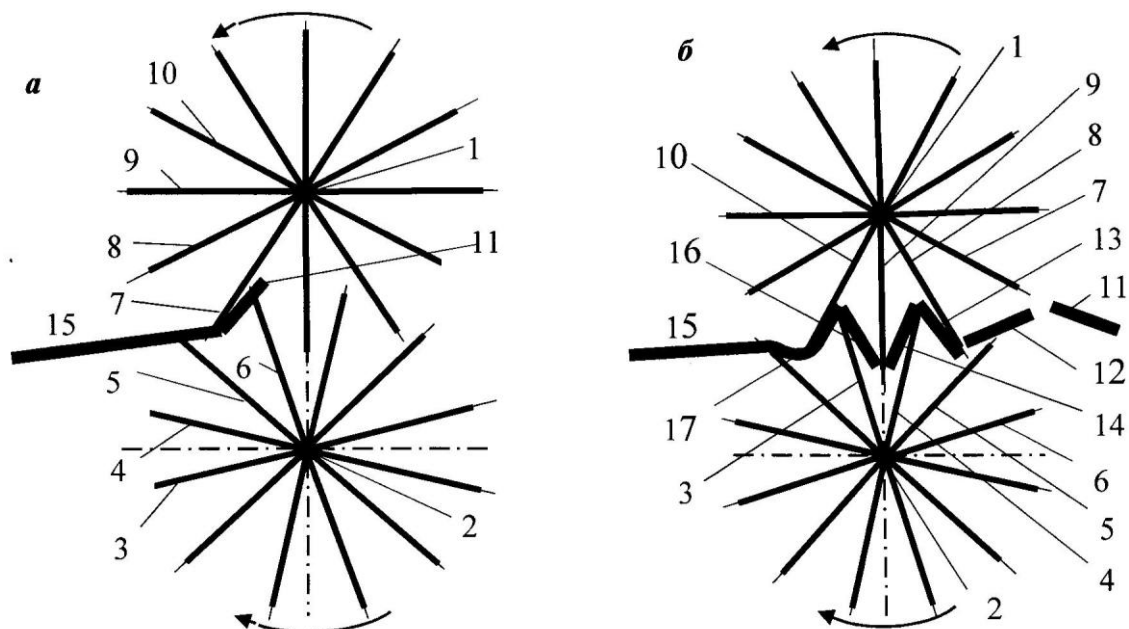


Рисунок 1 - Фазы процесса измельчения стебля малины поперечным переламыванием: а – начальная фаза; б – конечная фаза; 1, 2 – роторы; 3 – 10 – лопасти роторов; 11 – 17 – части измельчаемого стебля малины

### Материал и метод

Для подтверждения выдвинутой гипотезы была проведена серия лабораторных экспериментов. Стебли малины разного диаметра подвергали поперечному резанию или переламыванию на двух опорах. При этом усилия перерезания (переламывания) фиксировали, после чего в программе Excel была проведена обработка результатов. Влажность подсушенных стеблей находилась на уровне 8,85%.

Опыты были сгруппированы в четыре серии: резание на двух опорах, резание консольное, переламывание при расстоянии между опорами в 30 и 54 мм. Каждая серия включала по 25 опытов.

### Результаты исследования

В результате опытов установлено, что как усилие перерезания, так и переламывания линейно зависят от диаметра стеблей [4]. При этом, вне зависимости от его величины, переламывание обеспечивало существенное уменьшение уси-



лия, надежно подтвержденное результатами соответствующей статистической обработки.

При изменении диаметра стебля от 6 до 13 мм усилие на его переламывание на опорах, с расстоянием между ними 54 мм, увеличивалось с 60 до 425Н. Увеличение расстояния между опорами с 30 до 54 мм привело к уменьшению усилия переламывания в 1,5 – 1,7 раза.

### **Обсуждение результатов**

Результаты эксперимента позволяют осуществить энергетическую оценку измельчителя. Фазы силового взаимодействия между стеблем и лопастями ротора представлены на рисунке 2.

Основное усилие  $R$  возникает на наружной кромке лопасти 8 верхнего ротора (рисунок 2а), которая осуществляет давление на участок 13 стебля, опирающийся на наружные кромки лопастей 4 и 5 нижнего ротора. При этом участок 13 принимает дугообразную форму. Для того, чтобы определить направление вектора  $R$ , считаем, что изгиб происходит точно по дуге 17 окружности с центром в точке  $O_{\text{усл}}$ , радиус которой подобран так, чтобы указанная дуга в максимально возможной степени совпадала с прогибом стебля.

Максимальную величину силы деформации  $R_{\text{max}}$  примем равной 425Н [4]. Учитывая то, что измельчению подвергается не только комлевая часть стебля, но и его середина и верхняя части, примем среднее значение силы  $R_{\text{med}} = 240\text{Н}$ . По максимальной величине следует считать прочностные характеристики, а по средней – энергетические, поскольку на роторах одновременно измельчается несколько стеблей в разных фазах их продвижения через аппарат. В связи с этим представляется корректным принять, что измельчению подвергается среднестатистический стебель диаметром 9,5 мм.

Полученную таким образом силу целесообразно разложить на окружную  $P_o$  и радиальную  $P_r$  составляющие. Первый силовой компонент генерирует момент сопротивления вращению ротора, а второй осуществляет давление на вал ротора и опорные подшипники. Точнее, давление на вал ротора оказывает и окружная сила, поэтому для получения расчетных значений для прочностных расчетов силу  $R$  следует разложить на вертикальную  $R_v$  и горизонтальную  $R_r$  составляющие (рисунок 2б). Суммируя все силовые компоненты по осям коор-

динат можно получить расчетные значения, необходимые для выполнения прочностного расчета элементов конструкции по аналогии с методикой расчета зубчатой передачей.

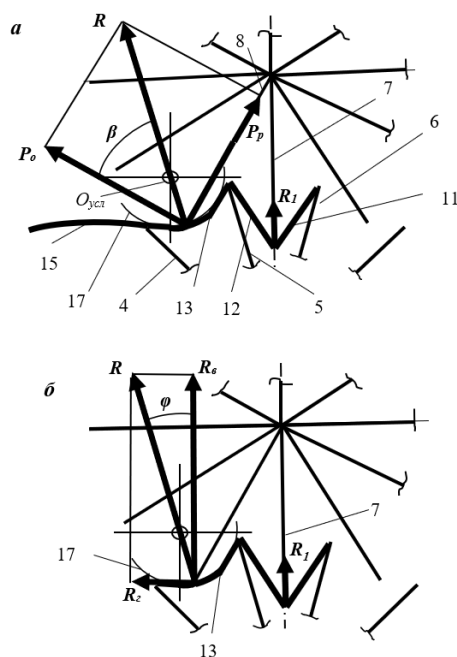


Рисунок 2 - Схема определения нагрузки на ротор измельчителя:

4 – 8 – лопасти; 11, 12, 13, 15 – участки стебля малины; 17 – условная окружность максимальной упругой деформации стебля

Реакция  $R_1$  деформации участков стебля 11 и 12, опирающихся на внешние кромки лопастей 5 и 6 нижнего ротора, направлена вертикально по радиусу к оси вращения верхнего ротора, в связи с чем она не участвует в генерировании момента сопротивления вращению рабочих органов. То есть, она оказывает только давление на вал и опорные подшипники. Поскольку стебель в этом положении уже надломлен на предыдущей фазе его взаимодействия с лопастями ротора, то примем, что  $R_1 = 0,2R$ . То есть,  $R_{1 \max} = 85\text{Н}$ , а  $R_{1 \text{ med}} = 48\text{Н}$ . Очевидно, что прочностной расчет следует выполнять по максимально возможной нагрузке, для чего целесообразно использовать только величину  $R_{1 \max}$ .

Таким образом, по вертикальной оси на вал ротора оказывают суммарное воздействие силы  $R_B$  и  $R_1$ . Поскольку  $R_B = R \cdot \cos \varphi = R \cdot \cos 15^\circ = 425 \cdot 0,966 = 410,55\text{Н}$ , то суммарная расчетная нагрузка по этой оси ( $R_{B \Sigma}$ ) будет равна

495,55Н. При этом по горизонтальной оси на вал ротора действует сила  $R_r = R \cdot \sin 15^\circ = 425 \cdot 0,259 = 110\text{Н}$ .

Указанная величина приведена к измельчению одного стебля. Для получения результата, учитывающего реальную производительность измельчителя, следует, прежде всего, принять расчетную длину его ротора. Затем, учитывая толщину стеблей, следует определить их максимально возможное количество, приходящееся либо на всю длину ротора, либо на погонный метр длины лопасти. После этого полученные результаты достаточно перемножить. Если же рассчитывать вал на совместное действие изгиба и кручения, то суммарные усилия целесообразно представить в виде нагрузки, распределенной по длине лопасти.

Рисунка 2а свидетельствует о том, что окружное усилие  $P_o$  может быть найдено по следующей формуле (1)

$$P_o = R \cdot \cos \beta = R \cdot \cos 45^\circ = 425 \cdot 0,707 = 300,5\text{Н} \quad (1).$$

Тогда крутящий момент, развиваемый ротором, может быть найден по формуле

$$M = P_o \cdot r \quad (2),$$

где  $r = 0,1043$  м – радиус ротора по наружной кромке лопасти (принят по конструктивным соображениям).

Подставив соответствующие значения параметров в формулу (2), получаем  $M_{\max} = 300,5 \cdot 0,1043 = 31,3$  Н\*м (из расчета на один стебель).

Если же производить расчет по средним значениям исходных параметров, то  $M_{\text{med}} = R_{\text{med}} \cdot \cos \beta \cdot r = 240 \cdot 0,707 \cdot 0,1043 = 17,7$  Н\*м/стебель.

Если предположить, что на одном метре длины ротора одновременно измельчается 25 стеблей, то  $M_{\max \Sigma} = 782,5$  Н\*м, а  $M_{\text{med} \Sigma} = 442,5$  Н\*м.

Для оценки мощности, потребляемой на привод ротора измельчителя, полагаем, что частота его вращения  $n = 200$  мин<sup>-1</sup>. Тогда угловая скорость ротора будет равна  $\omega = \pi \cdot n / 30 = 3,14 \cdot 200 / 30 = 20,9$  с<sup>-1</sup>. Поскольку  $N = M \cdot \omega$ , то ее максимальная и усредненная величины принимают следующие значения

$$N_{\max} = 782,5 * 20,9 = 16354 \text{ Вт}; N_{\text{med}} = 442,5 * 20,9 = 9248 \text{ Вт}.$$

## **Выводы**

1. Измельчитель отплодоносивших стеблей малины переламывающего типа является энергосберегающей машиной, в связи с чем он может агрегатироваться даже с трактором тягового класса 6 кН.
2. Испытания макетного образца машины подтвердили ее работоспособность.

## **Литература**

1. Казаков И.В. Малина. Ежевика. М.: ООО «Издательство АСТ»; Харьков: Издательство «Фолио», 2001. 256с.
2. Ягодные культуры в Центральном регионе России / И.В. Казаков и др. М.: ФГБНУ ВСТИСП, 2016. 233с.
3. Подборщик - измельчитель стеблей: пат. 2518427 Рос. Федерация МПК<sup>7</sup> А01F 29/01, 12/40 / В.Н. Ожерельев; опубл. 10.06.14; Бюл. № 16.
4. Ожерельев В.Н. Энергоемкость измельчения отплодоносивших стеблей малины // Тракторы и сельхозмашины. 2021. № 1. С. 88-95.

УДК 631.794.621:614.84

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗЕРНОСУШИЛКИ**

*к.т.н. Панова Т.В., [panovativ@yandex.ru](mailto:panovativ@yandex.ru), к.т.н., Панов М.В.,  
[pmv-1980@yandex.ru](mailto:pmv-1980@yandex.ru)*

*Брянский государственный аграрный университет, Россия*

### **FIRE SAFETY GRAIN DRYER**

*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor Panova T.V.,  
[panovativ@yandex.ru](mailto:panovativ@yandex.ru)*

*Candidate of Engineering Sciences Panova T.V., [pmv-1980@yandex.ru](mailto:pmv-1980@yandex.ru)  
Bryansk State Agrarian University, Russia*

**Аннотация.** Рассмотрен и проанализирован процесс послеуборочной обработки зерна с точки зрения пожарной безопасности, оценён риск возникновения пожара на элементах зерносушилки аэродинамического нагрева, предложена система пожаротушения и оценена её эффективность.

**Annotation.** The process of post-harvest processing of grain is considered and analyzed from the point of view of fire safety, the risk of a fire on the elements of an aerodynamic heating dryer is assessed, a fire extinguishing system is proposed and its effectiveness is evaluated.

**Ключевые слова:** зерносушилка, риск, пожар, пожарная безопасность, пожаротушение.  
**Keywords:** grain dryer, risk, fire, fire safety, fire fighting.

**Введение.** Сельхозпредприятия являются основными производителями зерна (79,0%), сахарной свеклы (79,0%) и подсолнечника (74,6%).

В Центральном федеральном округе на 1 января 2020 года насчитывалось 19239 крестьянских (фермерских) хозяйств с общим земельным наделом 2583 тыс.га. [7]

Доля крестьянских (фермерских) хозяйств в общем объеме валовой сельскохозяйственной продукции составляет 19,1%. [7] За последние годы наблюдается тенденция роста как самих крестьянских (фермерских) хозяйств, так и производства ими сельхозпродукции. Как показывают статистические данные, хозяйствами этой категории было собрано зерна 20,3% от общего сбора. [6]

Одним из немаловажных этапов послеуборочной обработки зерна, от которого зависит качество такого конечного продукта, как зерно, является сушка зерна. Так же с точки зрения обеспечения пожарной безопасности, сушилка является наиболее пожароопасным объектом в элеваторном хозяйстве. [4]

Практика изучения пожаров зерносушилок, а также исследования свойств зерна рапса показывают, что он имеет стабильные термические свойства и при температурах до 100° С его воспламенение без постороннего источника зажигания практически исключено при влажности более 6%. Однако при снижении влажности ниже 6% происходит пересушивание зерен и они начинают растрескиваться с образованием мелких горючих частиц и пыли, создавая при этом пирофорную массу, которая способна возгораться от малокалорийного источника зажигания.

Применяя современные системы автоматизации, а также специальные конструкторские решения, можно значительно снизить риски, связанные с вероятностью возникновения пожаров в зоне сушки зерна зерносушильных комплексов, а также, что немаловажно, произвести ликвидацию очага возгорания в начальной стадии, не останавливая технологического процесса.

Решение этих проблем предполагает наличие особых требований к проектированию и реализации комплексных мер противопожарной защиты. В плане конструкторских решений это могут быть специальные элементы, такие как ис-

кросасящие устройства (осадочные камеры, камеры догорания, отражательные стенки, отражательные плоскости и циклоны), пылеуловители на путях забора охладителя, устройства защиты подвижных элементов подачи сырья и т.п. [3,4]

**Постановка задачи** Необходимо разработать систему пожаротушения для локализации и тушения пожара возникающего в зерносушилке аэродинамического нагрева

### Результаты и обсуждение.

Предложенная нами система пожаротушения для локализации и тушения пожара возникающего в зерносушилке аэродинамического нагрева представлена на рисунке 1.

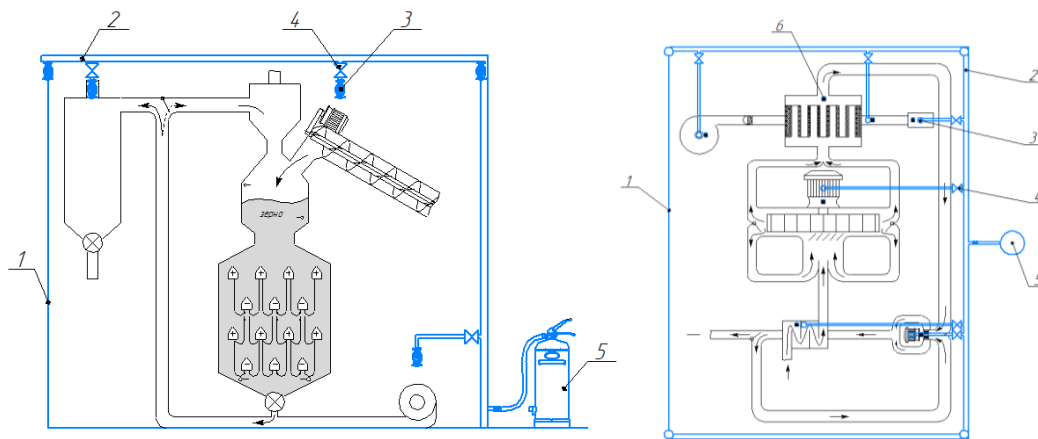


Рисунок 1 – Система пожаротушения

Система пожаротушения сушилки аэродинамического нагрева конструктивно состоящая из рамы 1, на которой установлена система трубопровода 2, снабженная спринклерными пожарными оросителями 3 и вентилями 4. Установка работает следующим образом, при повышении температуры выше установленных значений, датчики 6, установленные в местах повышенной пожароопасности сушилки аэродинамического нагрева, а именно, электродвигателях обеспечивающие работу загрузочного шнекового транспортера, пневмотранспортера, нагревательных роторах, а так же на теплообменном аппарате и самой сушильной шахте, срабатывают и углекислотный тушащий материал подаётся по трубопроводу к точке возникновения пожара, если срабатывает два датчика и более, то открываются все вентили 4 и идёт полное заполнение трубопровода

огнетушащим веществом. При максимально заполнении системы и выходе огнетушащего материала из спринклерных пожарных оросителей 3 образуется купол, который позволяет предупредить распространение огня и не перекинуться ему на рядом стоящие объекты, здания и сооружения.

Проект предусматривает автоматическое управление двумя спринклерными насосами по схеме основной-резервный, устройством компенсации утечки огнетушащего вещества (жокей-насосом), дренажным насосом и шестью дренажными клапанами защиты путей эвакуации.

Поддержание давления в системе пожаротушения производится при помощи жокей-насоса, управление жокей насосом производится по сигналам датчика давления SP5. В случае вскрытия спринклера и падения давления в системе, по сигналу любого из датчиков PS1 или PS2 производится пуск спринклерного насоса ПН1.

Выход на номинальный режим работы насоса ПН1 контролируется по показаниям манометра PS3, а насоса ПН2 по показаниям манометра PS4. В случае отказа пуска или невыхода ПН1 на режим в течение установленного времени, автоматически запускается ПН2.

В случае срабатывания сигнализатора потока жидкости (СПЖ) HF1, производится открытие дренажных электроклапанов Y1...Y6.

Управление дренажным насосом производится автоматически по сигналам сигнализатора уровня воды в дренажном приемке.

Останов насосов производится дистанционно с ПИ или ПУ при помощи команды «Сброс ПУ» (см. паспорта ПУ и ПИ).

Расчет противопожарной системы произведём следующим образом.

Согласно СП 484.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования» расчет ведут таким образом, чтобы давление у узла управления не превышало 1 МПа. [1]

Требуемое давление  $P_n$  пожарного насоса определяется по формуле:

$$P_k = P_r + P_b + P_m + P_{yy} + P_d + Z - P_{vx} = P_{tr} - P_{vx} \quad (1)$$

где  $P_r$ - потери давления на горизонтальных участках, МПа

$P_b$ - потери давления на вертикальных участках, МПа;

$P_m$ - потери давления в местных сопротивлениях, МПа;

$P_{yy}$ - местные сопротивления в узле управления (сигнальном клапане, задвижках, затворах), МПа;

$P_d$ - давление у диктующего оросителя, МПа;  $P_d=0,05$  МПа

$Z$ - пьезометрическое давление, МПа;

$P_{vx}$ - давление на входе пожарного насоса, МПа;

$P_{tr}$ - давление требуемое, МПа.

Потери давления на горизонтальных и вертикальных участках всей сети определяются по формуле:

$$P_{сети} = P_r + P_b \quad (2)$$

$$P_{сети} = 0,733 + 0,06 = 0,793 \text{ МПа.}$$

Согласно СП 485.1311500.2020 "Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования" местные сопротивления (в том числе с учетом потерь в узле управления) принимают равными 20 % сопротивления сети трубопроводов определим по формуле: [2]

$$P_m + P_{yy} = 0,002 \cdot P_{сети} \quad (3)$$

$$P_m + P_{yy} = 0,002 \cdot 0,793 = 0,00159 \text{ МПа.}$$

Пьезометрическое давление определяется по формуле:

$$Z = \frac{H}{100} \quad (4)$$

где  $H$  - геометрическая высота диктующего оросителя над осью пожарного насоса, м.  $H=3$  м.

$$Z = \frac{3}{100} = 0,03 \text{ МПа.}$$

$$P_n = 0,793 + 0,00159 + 0,05 + 0,03 = 0,875 \text{ МПа}$$

$0,875 \text{ МПа} < 1 \text{ МПа}$ , следовательно, условие выполнено.



Принимается насос GrundfosCR 104-1-1 NK 250-500/525. Противопожарный трубопровод запроектирован согласно СП 485.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования». Пожаротушение осуществляется из пожарных кранов, которые устанавливаются на всех этажах в пожарных шкафах согласно. Сеть с количеством пожарных кранов 10 шт. Клапан пожарного крана DN 50, с длиной пожарного рукава 20 м и давлением 0,096 Мпа. Отвод крана располагается на высоте 1,3 м от уровня пола.

Характеристика объекта: 1. Общий объем объекта – 50,4 м<sup>3</sup>. 2. Степень огнестойкости – II. 3. Категория по пожарной опасности- В1.

Исходя из объема огнестойкости объекта определяем число пожарных стволов и минимальный расход воды на пожаротушение 10 струй по 2,5 л/с. Время тушения пожара не более трех часов.

Расчетный секундный расход на пожаротушение определим по формуле:

$$q_{\text{пож}} = n \cdot q_{\text{о.пк}}^2 \quad (5)$$

где n- количество одновременно действующих струй, шт.;

$q_{\text{о.пк}}$  - расход пожарной струи, л/с,  $q_{\text{о.пк}} = 2,6$  л/с.

$$q_{\text{пож}} = 10 \cdot 2,6^2 = 676 \text{ л/с.}$$

Потери напора в пожарном рукаве определим по формуле:

$$h_{\text{рук}} = A \cdot l_p \cdot q_{\text{о.пк}}^2 \quad (6)$$

где A - коэффициент, зависящий от диаметра пожарного рукава,

при диаметре 50 мм,  $A=0,012$ ;

$l_p$  - длина рукава, м.

$q_{\text{о.пк}}$  - расход пожарной струи, л/с,  $q_{\text{о.пк}} = 2,6$  л/с.

$$h_{\text{рук}} = 0,012 \cdot 20 \cdot 2,6^2 = 1,62 \text{ м.}$$

Таким образом, применяя предложенную нами систему пожаротушения, мы минимизируем материальный и экологический ущерб, а так же исключаем жертвы среди персонала, обслуживающего данную зерносушилку, разумеется, если ими были соблюдены все мероприятия по охране труда и пожарной безопасности.

## Литература

1. СП 484.1311500.2020 "Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования" (утверждён приказом МЧС России от 31 июля 2020 г. N 582).
2. СП 485.1311500.2020 "Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования" (утверждён приказом МЧС России от 31 августа 2020 г. N 628).
3. Особенности противопожарной защиты объектов с технологическими процессами сушки / В.Е. Галузо, Д.Л. Есипович, В.В. Мельничук, А.И. Пинаев // // Технические средства защиты информации: тезисы докладов XIV Белорусско-российской научно-технической конференции. ( Минск 25-26 мая 2016 г.). Минск: БГУИР, 2016. С. 78-79.
4. Гелиосушилка: пат. 71744 Рос. Федерация / А.И. Купреенко, Х.М. Исаев, В.А. Тихий, Е.М. Байдаков; опубл. 20.03.2008. Бюл. № 8.
5. Панова Т.В., Панов М.В. Технологическая схема заготовки зерна с применением малогабаритной зерносушилки на примере зерна яровой пшеницы. «Вестник БГСХА» № 3 – Брянск: БГСХА, 2014, С. 16-20.
6. Панова Т.В., Панов М.В. Прогнозирование урожайности зерновых и зернобобовых культур в хозяйствах ЦФО РФ до 2020 года // Вестник Брянской ГСХА. 2014. № 2. С. 43-45.
7. <http://www.gks.ru/> - Федеральная служба государственной статистики
8. <https://www1.fips.ru/> - Федеральное государственное бюджетное учреждение Федеральный институт промышленной собственности.

УДК 633.521:631.334

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОСЕВА ЛЬНА ОТЕЧЕСТВЕННЫМИ И ЗАРУБЕЖНЫМИ СЕЯЛКАМИ И АГРЕГАТАМИ**

*д.т.н., профессор Петровец В.Р.*

*д.т.н., Астахов В.С., Амеличев В.В., victor\_amelichev@inbox.ru*

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Беларусь*

### **COMPARATIVE ANALYSIS OF FLAX SOWING BY DOMESTIC AND FOREIGN SEEDERS AND AGGREGATES**

*Doctor of Technical Sciences, Professor Petrovets V.R.*

*Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,*

*Professor of the Department Astakhov V.S.*

*graduate student Amelichev V.V., victor\_amelichev@inbox.ru*

*Belarusian State Agricultural Academy, Belarus*

**Аннотация.** Лён является стратегической культурой в мире. Кроме Беларуси и России, её еще возделывают во Франции, Бельгии, Нидерландах, Китае и др. Здесь рассмотрены и проанализированы основные способы посева льна отечественными и зарубежными машинами и агрегатами. Рассмотрены разновидности конструкций сошников льняных машин и агрегатов, отмечены их достоинства и недостатки.

**Annotation.** Flax is a strategic crop in the world. In addition to Belarus and Russia, it is also cultivated in France, Belgium, the Netherlands, China, etc. The main methods of sowing flax by domestic and foreign machines and aggregates are considered and analyzed here. The varieties of designs of coulters of linen machines and aggregates are considered, their advantages and disadvantages are noted.

**Ключевые слова:** лён, посев, сошники, сеялки, посевные агрегаты.

**Keywords:** flax, sowing, coulters, seeders, sowing units.

## **Введение, постановка целей**

Лён является одной из исторически возделываемой культуры в Республике Беларусь. Белорусский лён хорошо известен как в странах СНГ, так и в странах дальнего зарубежья. Как отметил Президент Республики Беларусь во время рабочей поездки в Оршанский льнокомбинат: «Лён – культура для Беларуси политическая». Это связано с тем, что лён имеет широкое применение для получения волокна и семян, как в нашей стране, так и за рубежом. Льноволокно идет на изготовление тканей, обтирочного и упаковочного материала. Из семян льна получают масло, которое используется как в пищевой, так и в других отраслях промышленности. Благодаря развитию этой отрасли смогли достичь улучшенных результатов многие хозяйства страны. На белорусских предприятиях по производству льна добились увеличения урожайности до 10 ц/га. Однако во Франции добились урожайности до 22 ц/га, в Китае – 15 ц/га [1].

Возделыванием льна-долгунца занимаются 14 стран. Однако общая площадь посевов льна-долгунца имеет тенденции к сокращению. На 2020-2021 гг. эта площадь в мире составляла до 300 тыс. га., из них 49,1 тыс. га – в Беларуси.

Качество посева любых сельскохозяйственных культур зависит также конструкции рабочих органов посевных машин и агрегатов. Это также касается сошников, которые предназначены для создания бороздки, укладки семян и заделки их почвой. Данные рабочие органы должны образовывать плотное дно бороздок одинаковой глубины, не вынося нижние слои почвы на поверхность.

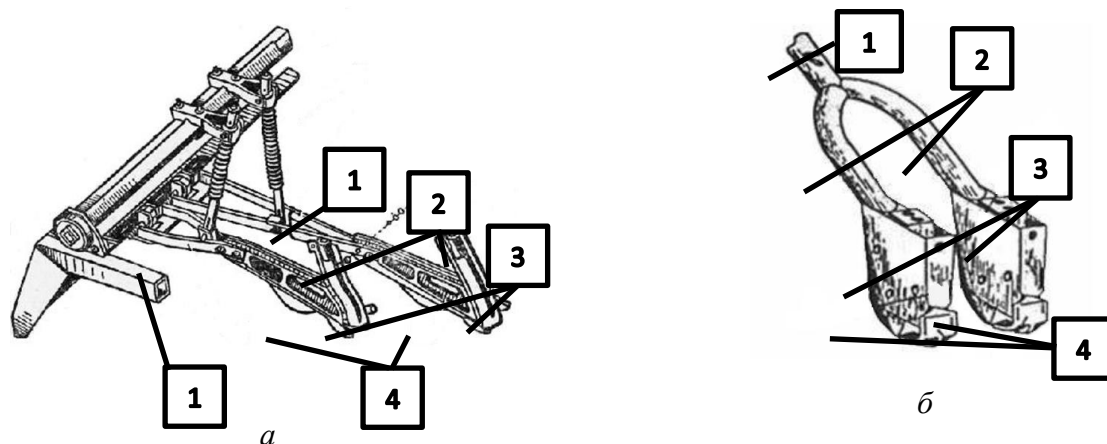
Цель исследования – провести сравнение способов посева льна-долгунца и конструкций сошников, которые применяются в отечественных и зарубежных посевных машинах и агрегатах.

## **Результаты экспериментов и их обсуждение**

В настоящее время для посева льна в Республике Беларусь используются узкорядный и ленточный способы.

Узкорядный посев имеет междурядье менее 10 см. В данном способе происходит более равномерное распределение семян по полю. Площадь питания растений имеет менее вытянутый прямоугольник, так как семена размещаются на расстоянии 3...4 см в рядке [2]. Данный посев осуществляется льняными механическими сеялками СЗ-3,6/5,4-02 с междурядьем 7,5 см., пневматическими СПУ-3Л/4Л/6Л и комбинированными почвообрабатывающе-посевными агрегатами АПП-6АБ с междурядьем 6,25 см [3]. В данных сеялках установлены сошники наральникового типа (рисунок 1). Они заглубляются под действием

собственного веса. Дно борозды получается уплотненным. К преимуществам данного типа сошников можно отнести то, что качество их работы меньше зависит от скорости движения, они не затягивают в посевную бороздку растительные остатки, просты по конструкции и в обслуживании. Однако, главными недостатками являются высокий уровень износа и нарушение мульчирующего слоя и поверхности почвы при прямом севе. Также наральниковые сошники плохо работают на засоренных и некачественно обработанных почвах [4].

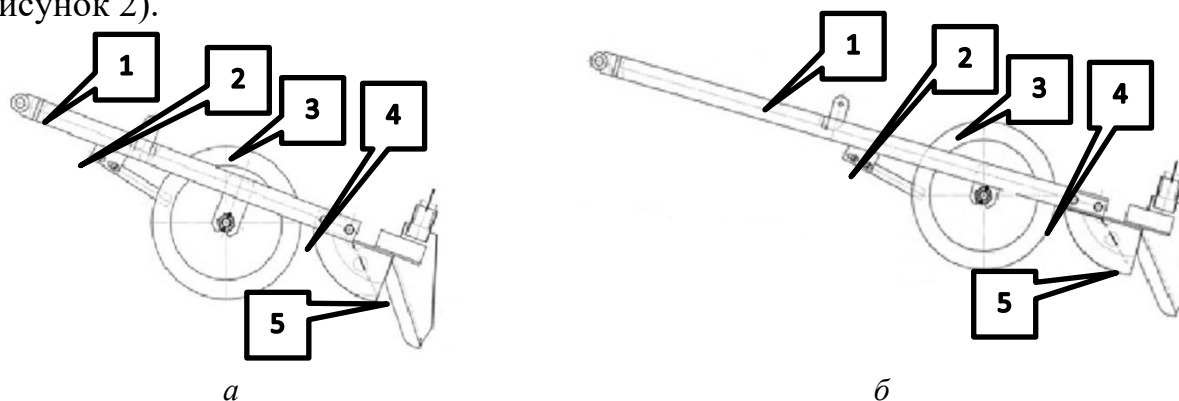


1 – поводок; 2 – семянаправитель; 3 – корпус сошника; 4 – наральник

Рисунок 1 – Наральниковые сошники льняных сеялок:

*a* – механической СЗ-3,6/5,4-02; *б* – пневматической СПУ-3Л/4Л/6Л

Узкорядный посев льна-долгунца можно проводить с помощью комбинированных сеялок СКЛ-3,6 и СК-3,6, разработанных в ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур». В отличие от сеялки СЗ-3,6-02 в сеялках СКЛ-3,6 используются комбинированные дисковые сошники (Рисунок 2).



1 – поводок; 2 – чистик; 3 – диск сошника;

4 – бороздкообразователь для укладки семян; 5 – наральник для укладки удобрений

Рисунок 2 – Комбинированные дисковые сошники льняной сеялки СКЛ-3,6:

*a* – короткие; *б* – длинные

Использование данных сошников позволит обеспечить равномерное распределение семян льна и удобрений по площади и глубине заделки, что благоприятно сказывается на росте и развитии растений. При этом удобрения заделываются глубже. Междурядье сошников составляет 7,5 см [5, 10].

Дисковые сошники хорошо работают в трудных условиях на тяжелых и влажных почвах, но при этом они должны быть оборудованы чистиками. При работе на легких почвах дисковые сошники должны иметь ограничительные реборды, так как они склонны заделывать семена слишком глубоко. При образовании бороздки они не выворачивают влажную почву на поверхность. Дисковые сошники с нулевым углом атаки способны проводить равномерный посев на повышенных скоростях. В отличие от наральниковых, данные сошники металлоемкие и сложны по конструкции. Одним из основных преимуществ дисковых сошников является то, что они могут проводить посев на некачественно обработанной почве с наличием растительных остатков. На легких почвах диски не измельчают остатки, а втискивают в грунт. Однако если влажность в почве будет недостаточна для прорастания семян через сухую растительность, то увеличивается вероятность неравномерных всходов [4]. В белорусских агрегатах АПП-3А используются дисковые сошники. По конструкции они схожи с сошниками к сеялке Lemken Solitair 9 (Рисунок 3).

Ленточный посев предусматривает расположение семян лентами в два-три ряда. Расстояние между рядками (строками) составляет 7,5...15 см, а между лентами – 25...60 см. Недостатком данного способа является то, что в начальный период развития растений необходимо проводить прополку, так как растения сильно угнетаются сорняками [2]. Для ленточного способа посева льна в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан агрегат АПЛ-4. В данном агрегате используется сошниково-загорточная группа. Она образует бороздки, уплотняя обработанный слой почвы, укладывает семена на дно сформированной бороздки, вдавливая их в семенном ложе и заделывает почвой. Как было отмечено [6], что основным недостатком данной системы рабочих органов является возможное появление поперечного перекоса клиновид-

ного катка при наезде на препятствие, находящегося в почве, и отсутствие копирования поверхности бороздкоформирующим катком. Однако результаты исследования данного агрегата с агрегатом АППМ-6А6К РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» показали, что применение данной совокупности рабочих органов сошниковой группы позволяет увеличить урожайность льнотресты на 5,7 ц/га, что обеспечивает дополнительный доход [7].

В странах Западной Европы как Франция, Бельгия и Нидерланды используют рядовой способ сева. Рядовой способ посева позволяет размещать семена в почве с междурядьем 12,5...15 см, а в рядке – 1...2 см друг от друга. Данный способ хорош для сельскохозяйственных культур, семена которых требуют небольшую площадь питания для каждого растения. Площадь питания здесь имеет вид вытянутого прямоугольника [2]. Рядовым способом в западных странах проводят посев механическими сеялками KUNH Logiseme M3000, AMAZONE D9, пневматическими сеялками LEMKEN Solitair 9, KVERNELAND Accord, посевными комплексами LEMKEN Compact–Solitair 9 [8]. Данные сеялки оборудованы как наральниковыми сошниками, так и дисковыми (рисунок 3).



Рисунок 3 – Конструкции сошников для посева льна зарубежных сеялок:  
*a* – KUNH Logiseme M3000; *б, в* – AMAZONE D9; *г* – LEMKEN Solitair 9;  
*д* – KVERNELAND Accord

Отличительной особенностью посева сельскохозяйственных культур, включая и лён, является проведение совместных операций, таких как поверх-

ностная обработка почвы или внесение удобрений с применением дополнительных машин, которые устанавливаются на переднее навесное устройство трактора (Рисунок 4). Применение этих агрегатов позволяет уменьшить также себестоимость производства льна и другой сельскохозяйственной продукции растениеводства [9].



Рисунок 4 – Комбинированные машинно-тракторные агрегаты, которые применяются для посева льна и других культур: *а* – MASSEY FERGUSON 6614 + Kverneland Accord с приспособлением для усадки почвы на передней навеске (Нидерланды); *б* – JOHN DEERE 6610 + Amazone D9-30 с катковой приставкой на передней навеске (Нидерланды); *в* – CASE PUMA 145 + KUHN Logiseme M3000 с комбинированным почвообрабатывающим агрегатом на передней навеске (Франция); *г* – FENDT 939 + Lemken Solitair 9 с переоборудованной на переднюю навеску сеялку (Франция)

## Выводы

При посеве льна в странах Западной Европы используют зерновые сеялки и посевные комплексы для рядного посева с междурядьем сошников 12,5 см. Данное междурядье неприемлемо для посева льна в нашей стране, так как в 2 раза превышает агротехнические требования. Согласно [3] с увеличением междурядья с 7,5 до 15 см происходит уменьшение число стеблей на 3...4 %, в свя-

зи с чем уменьшается урожайность семян на 4 %, урожайность волокна – на 13 %. Сокращается выход волокна до 17,7 %.

Данные конструкции сошников в целом выполняют посев в соответствии с основными требованиями, но это зависит от состояния почвы и качества ее предпосевной обработки.

### Литература

1. Мировой рынок льна в ближайшие годы будет только расти: Беларусь планирует занять на нем достойное место [электронный ресурс] // Беларусь Сегодня, 1998-2022. Режим доступа: <https://www.sb.by/articles/len-sprosom-silen.html> – Дата доступа: 04.04.2022.
2. Способы посева и посадки сельскохозяйственных культур [электронный ресурс] // АГРОИНФормация, 2020. – Режим доступа: <https://agroinf.com/zemledeliye/-sposoby-poseva-i-posadki-selskokhozyaystvennykh-kultur/sposoby-poseva-i-posadki-selskokhozyaystvennykh-kultur.html> – Дата доступа: 24.01.2020.
3. Петровец В.Р., Амеличев В.В. Способы посева льна-долгунца, применяемые в Республике Беларусь // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства: сборник научных трудов. Горки: БГСХА, 2020. С. 363-365.
4. Петровец В.Р., Амеличев В.В. Обзор сошников, применяемых в машинах для посева льна // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства: сборник научных трудов. Горки: БГСХА, 2020. С. 31-33.
5. Посевная и уборочная техника для льна [электронный ресурс] // ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», 2016. – Режим доступа: <https://fncl.ru/uslugi/mashiny-dlya-poseva-lna/> – Дата доступа: 04.10.2021
6. Ленточный посев мелкосемянных культур обоснованием параметров комбинированного сошника. Агропанорама. Технологии производства продукции растениеводства и животноводства / Д.А. Яновский, Н.П. Гурнович, Г.Н. Портянко, С.Ф. Лойко // Зоотехния. 2018. № 6. С. 13-15.
7. Агрегат для льна АПЛ-4 [электронный ресурс] // РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2018. – Режим доступа: <https://belagromech.by/articles/agregat-dlya-lna-apl-4/> – Дата доступа: 30.01.2020
8. Петровец, В.Р., Амеличев, В.В. Зарубежный опыт посева льна // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 2. С. 176-178.
9. Дополнительные орудия для повышения эффективности основной обработки почвы оборотными плугами / И.С. Крук, О.В. Гордеенко, Ф.И. Назаров, С.Н. Герук, В.В. Амеличев // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сборник научных статей. Минск, 2016. С. 17-20.
10. Petrovets V.R., Dudko N.I., Amelichev V.V. Seeding grain crops with disc cutters with trimmed-taper furrowers-compactors. Gorki: BSAA, 2021. 92 p.



**ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ АКТИВНОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ ДЛЯ  
БОРЬБЫ С САМОСОГРЕВАНИЕМ ЗЕРНА И СЕМЯН**

*к.т.н. Ченин А.Н., aleksej.chenin@mail.ru*

*Брянский государственный аграрный университет, Россия*

**THE USE OF AN ACTIVE VENTILATION SYSTEM TO COMBAT  
SELF-HEATING OF GRAIN AND SEEDS**

*docent Chenin A.N., aleksej.chenin@mail.ru*

*Bryansk State Agrarian University, Russia*

**Аннотация.** Рассмотрены варианты применения системы активного вентилирования при послеуборочной обработке и досушивании зерна и семян, в т.ч. при самосогревании зерновой и семенной массы, а также предложен вариант применения данной системы для сохранения качеств продукции и снижения пожарной опасности в зернохранилище со встроенной гелиосистемой.

**Annotation.** The variants of the application of the active ventilation system during post-harvest processing and drying of grain and seeds, including self-heating of grain and seed mass, are considered, and a variant of the application of this system is proposed to preserve the quality of products and reduce fire danger in a granary with a built-in solar system.

**Ключевые слова:** активное вентилирование, самосогревание, пожар, пожарная безопасность, температура самосогревания, хранение, зернохранилище, гелиосистема, подсолнечник, кукуруза, вентилятор.

**Keywords:** active ventilation, self-heating, fire, fire safety, self-heating temperature, storage, granary, solar system, sunflower, corn, ventilator.

Одним из важнейших вопросов техносферной безопасности являются пожары на производстве, которые всегда сопровождаются материальным ущербом, а иногда и гибелью людей.

В настоящее время, в соответствии со статьей 27 Федерального закона от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности», в Российской Федерации действует единая государственная система статистического учета пожаров и их последствий. Официальный статистический учет пожаров и государственную статистическую отчетность по пожарам и их последствиям осуществляет МЧС России (табл. 1).

Как видно из таблицы 1, прямой ущерб от пожаров только за 2020 год составил примерно 20,9 млрд. руб., что превысило показатель за все остальные периоды, и при этом погибло 8310 человек.

Таблица 1 – Сведения о пожарах и их последствиях в РФ за 2016-2020 гг.

Год	Наименование показателя	ФГИС "ФБД "Пожары" (ведомственная статистика МЧС России)	Сведения о пожарах и их последствиях на объектах федеральных органов исполнительной власти и юридических лиц, осуществляющих самостоятельный учет пожаров и их последствий *	Итого по РФ
2016	Кол-во пожаров, ед.	139475	228	139703
	Кол-во погибших людей, чел.	8749	11	8760
	Кол-во травмированных людей, чел.	9905	4	9909
	Прямой ущерб, тыс. руб.	13418423	905406	14323829
2017	Кол-во пожаров, ед.	132844	233	133077
	Кол-во погибших людей, чел.	7816	8	7824
	Кол-во травмированных людей, чел.	9355	6	9361
	Прямой ущерб, тыс. руб.	13767378	449895	14217273
2018	Кол-во пожаров, ед.	131840	234	132074
	Кол-во погибших людей, чел.	7909	4	7913
	Кол-во травмированных людей, чел.	9642	8	9650
	Прямой ущерб, тыс. руб.	15517156	396349	15913505
2019	Кол-во пожаров, ед.	471426	111	471537
	Кол-во погибших людей, чел.	8559	8	8567
	Кол-во травмированных людей, чел.	9461	16	9477
	Прямой ущерб, тыс. руб.	18170365	-	18170365
2020	Кол-во пожаров, ед.	439306	88	439394
	Кол-во погибших людей, чел.	8310	3	8313
	Кол-во травмированных людей, чел.	8419	15	8434
	Прямой ущерб, тыс. руб.	20876301	-	20876301

Причины пожаров могут быть разнообразны, одной из которых является самовозгорание вещества. Установлено, что в 2020 году было зафиксировано 2214 случаев пожара от самовозгорания веществ [7], с общим ущербом в 118,9 млн. руб., унесших 5 человеческих жизней (табл. 2). Самовозгорание может быть вызвано биологическими процессами, происходящими внутри животных кормов, семян и зерна с повышенной влажностью, в результате жизнедеятельности микроорганизмов. Такой процесс называется самосогреванием [3].

Процесс самосогревания зерна развивается в результате плохой теплопроводности зерновой массы: одновременно в различных участках зернового слоя образуются очаги теплоты, которые постепенно начинают превышать величину ее отдачи в окружающую среду. Таким образом, образовавшееся в очаге самосогревания тепло задерживается в зерновой массе, что, в свою очередь, приводит к повышению температуры, а также развитию различных вредоносных микроорганизмов, которые дополнительно выделяют теплоту в зерновую массу в процессе своей жизнедеятельности [3].

Основной параметр, характеризующий процесс самосогревания - это температура самонагревания. Такой температурой является наименее низкая температура, при которой в зерновой массе возникают различные экзотермические процессы окисления, разложения и т. д.

Температура самонагрева, в данном случае, и является источником пожарной опасности на производстве. Поэтому ее величину используют при определении условий безопасного нагревания вещества или массы на длительный или постоянный периоды. Безопасной температурой постоянного нагревания будет считаться температура, которая не превышает 90% величины температуры самонагрева, так как сам процесс самонагрева, при определенных условиях, может привести к процессу самовоспламенения вещества [3].

Таблица 2 - Распределение основных показателей обстановки с пожарами за 2016-2020 гг. по основным причинам возникновения пожаров

Причина возникновения пожара	Количество пожаров, ед. Прямой материальный ущерб, тыс. руб. Погибло, чел.				
	2016	2017	2018	2019	2020
1	2	3	4	5	6
Установленный поджог	15656	14833	13625	14688	13880
	2795008	2964863	2057425	2377299	2344942
Неисправность производственного оборудования, нарушение технологического процесса производства	273	206	177	260	227
	489	523	564	794	905
Нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования	466523	199060	275773	1492617	639284
	12	7	9	27	13
Нарушение правил устройства и эксплуатации печей	41317	40528	41763	49638	51930
	5435092	5466025	6245827	7290548	13250190
Нарушение правил устройства и эксплуатации теплогенерирующих агрегатов и установок	1908	1765	1901	2034	1942
	21972	20250	21934	27122	28108
Нарушение правил устройства и эксплуатации газового оборудования	364824	682619	825799	887695	716382
	868	720	794	789	734
Нарушение правил устройства и эксплуатации транспортных средств	724	505	446	678	664
	285804	36602	328566	37876	33206
Нарушение правил устройства и эксплуатации электрогазосварочных работ	45	23	28	25	35
	1357	1233	1260	1538	1532
Неосторожное обращение с огнем	77373	64092	60305	103717	96470
	112	118	102	167	167
в т.ч. шалость детей с огнем	41923	39971	37195	339433	308627
	1164214	1354959	1334766	3393578	1538900
Нарушение правил устройства и эксплуатации бытовых газовых, керосиновых, бензиновых и др. устройств	5106	4611	4506	4881	4837
	2107	1843	1803	3265	2327
Нарушение правил пожарной безопасности при проведении огневых работ (отогревание труб, двигателей и пр.)	53058	60201	71316	91075	50724
	68	62	94	73	67
Нарушение правил пожарной безопасности при проведении электромонтажных работ	9743	9050	9027	10436	10992
	643968	770744	844656	1118103	1012909
Нарушение правил эксплуатации бытовых газовых, керосиновых, бензиновых и др. устройств	93	54	43	50	49
	935	944	922	1328	1314
Нарушение правил пожарной безопасности при использовании пиротехнических изделий	599582	319008	101857	229403	525151
	5	8	4	7	17
Нарушение правил пожарной безопасности при использовании пиротехнических изделий	118	88	87	100	98
	1216	6364	2122	1010	2945
Нарушение правил пожарной безопасности при использовании пиротехнических изделий	7	9	4	7	6
	308	335	372	574	542
Взрывы	12630	23654	249142	53566	28481
	1	4	1	4	3
Нарушение правил пожарной безопасности при использовании пиротехнических изделий	83	63	72	71	96
	6684	1171	8493	2103	5393
Самовозгорание веществ и материалов	14	11	11	26	28
	74	64	67	91	90
Грозовые разряды	46055	3738	10890	3689	2357
	0	1	0	0	1
Неустановленные причины	515	466	513	1995	2214
	46193	151149	367340	421386	118900
Прочие причины, не относящиеся ни к одной из групп	1	2	2	2	5
	696	457	480	638	794
Прочие причины, не относящиеся ни к одной из групп	79558	45238	94869	76110	31620
	2	3	1	3	4
Прочие причины, не относящиеся ни к одной из групп	1546	1553	1555	16099	10899
	774201	779982	156851	408854	353251
Прочие причины, не относящиеся ни к одной из групп	216	196	253	209	179
	2019	1981	1958	6203	7521
Прочие причины, не относящиеся ни к одной из групп	115467	896090	2552475	272830	175920
	98	77	73	66	63

Если искусственно нагревать зерновую массу, то при температуре 100-110°C оно полностью высыхает, теряя всю свою свободную влагу, и начинает выделять летучие вещества. Если продолжить нагрев до 150-230°C, то зерно начинает разлагаться с выделением небольшого количества газообразных веществ и обугливается. При температуре же 350-400°C образовавшийся уголь воспламеняется [2].

В 1987 году произошел беспрецедентный пожар, связанный с самосогреванием семян. В Самарской области, в результате преступной халатности, в зерновой элеватор на хранение было заложено 11 тыс. тонн семян подсолнечника с большим превышением влажности. Ситуацию усугубили погодные условия – на продолжительное время установилась дождливая погода с высокой влажностью атмосферного воздуха. В итоге, в течение считанных дней в силосах начал развиваться процесс самосогревания, который уже не получилось остановить, и начался пожар (рисунок1), который никак не могли потушить. В итоге, он продлился два года и постоянно сопровождался взрывами углеводородных смесей, образующихся при гидролизе подсолнечного масла.



Рисунок 1 – Разрушенный пожаром и взрывами зерновой элеватор

Уникальность процесса самосогревания заключается в том, что он не может прекратиться самостоятельно, следовательно, при появлении первых признаков самосогревания в зерновой массе необходимо оперативно принимать

меры – понизить влажность и температуру зернового слоя с применением специальных мероприятий и технических средств. Одним из таких мероприятий является интенсивное принудительное продувание атмосферного воздуха через зерновую массу, называемое активным вентилированием. Поток атмосферного воздуха понижает температуру и влажность зерна, а также изменяет газовый состав зерновой массы. При этом зерновая масса может оставаться неподвижной, однако эффект усиливается, если слой пересыпающейся.

Активное вентилирование зерна является самым дешевым и наименее трудоемким способом снижения температуры и консервации влажного зерна, что является условием недопущения процесса самосогревания. Кроме того, отводя влагу с поверхности зерна, данный метод позволяет производить бережное досушивание, выравнивания влажности между отдельными компонентами и участками зерновой насыпи [8].

Снижение температуры зерновой массы даже в небольших значениях значительно увеличивает сроки ее безопасного хранения, т. е. такие, при которых семена не теряют своих посевных свойств, а продовольственное и фуражное зерно не плесневеет и не самосогревается (табл. 3). Кроме того, возможность консервации зерна охлаждением открыла новые перспективы в отношении хранения семян средней влажности (не превышающей 18%) без досушивания их на сушилках, а также длительного хранения фуражного зерна с влажностью до 20–22%.

В условиях Брянской области за счет суточных перепадов температур воздуха с применением активного вентилирования можно охладить семена до 10–12<sup>0</sup>С в августе и до 5–7<sup>0</sup>С в сентябре. Скорость же охлаждения будет зависеть от удельной подачи воздуха в насыпь, разности температур между семенами и воздухом, толщины зернового слоя, допустимого срока вентилирования и состояния семян.

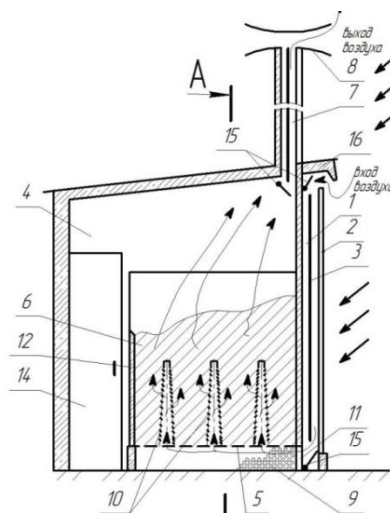
На сегодняшний день разрабатываются технологии и установки для досушивания и хранения зерна и семян с влажностью зерновой массы не более 18%. Простота эксплуатации установок активного вентилирования и высокая технологическая эффективность позволяют быстро внедрить этот метод для решения

поставленной задачи в производство. Однако неумелое применение вентилирования, неправильное установление режимов могут не только снизить его эффективность, но и ускорить порчу зерна и семян. Поэтому нужно очень тщательно подходить к расчету параметров и подбору оборудования системы.

Таблица 3 - Безопасный срок хранения семян в зависимости от их влажности и температуры

Влажность зерна, %	Температура зерна, °С	Безопасные сроки хранения		
		семян	продовольственного зерна	фуражного зерна
15 – 16,5	8 – 10	1 – 1,5 года	длительно	длительно
16,5 – 18	5 – 7	4 – 6 мес.	8 – 14 мес.	10 – 20 мес.
18 – 20	5	2 – 3 мес.	6 – 10 мес.	8 – 16 мес.
20 – 22	5	3 – 4 недели	8 – 12 недель	16 – 40 недель
22 – 25	5	1 – 2 недели	3 – 8 недель	10 – 20 недель
25 – 30	4 – 5	2 – 3 дня	5 – 10 дней	14 – 30 дней

Существует зернохранилище со встроенной гелиосистемой [4,5,6], которое хорошо себя зарекомендовало при бережном досушивании и хранении зерна. Зерновая масса располагается на перфорированном настиле, через который продувается воздух под действием собственной тяги (рисунок 2).



а



б

Рисунок 2 – Схема (а) и общий вид (б) зернохранилища со встроенной гелиосистемой

Данное хранилище можно использовать для досушивания и хранения гречи, кукурузы и подсолнечника, технологические сроки уборки которых растянуты с сентября по ноябрь – холодный период года с повышенной влажностью воздуха и зерновой массы. Однако в таком случае, как показали результаты экспериментов, вытяжную трубу хранилища необходимо дооборудовать системой активной вентиляции, т.к. из-за низкого уровня солнечной энергии в данный период года она плохо прогревается и естественная тяга невелика, что создает риск образования самосогревания.

Система активной вентиляции представляет собой вытяжной осевой вентилятор, контроллер и датчики влажности и температуры (рисунок 3), которые позволят контролировать влажность и температуру зерновой массы, а также регулировать режимы работы вентилятора [9]. Таким образом, режимы работы вентилятора будут регулироваться автоматически без участия человека, что снижает рабочую нагрузку, необходимость постоянного ручного контроля за состоянием зерновой массы [1]. Кроме того, система оборудована звуковой сигнализацией, реагирующей на рост влажности и температуры, что позволит принимать оперативные решения и снизить вероятность недосмотра и образования процесса самосогревания.

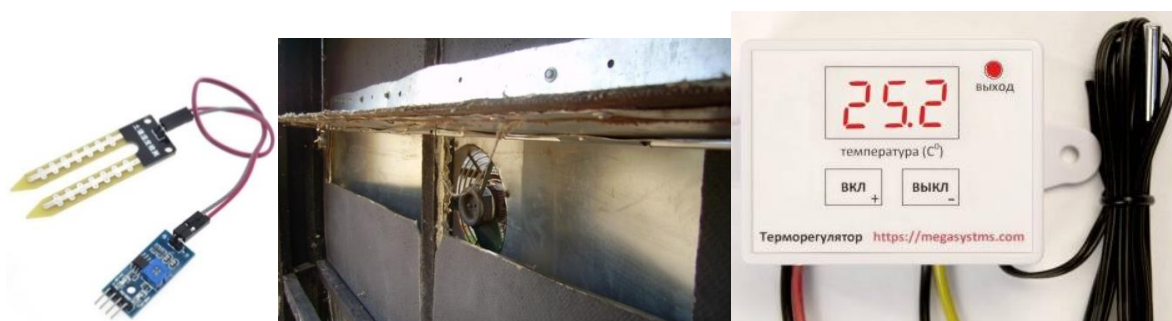


Рисунок 3 – Оборудование системы активной вентиляции

Расчет необходимой мощности вентилятора при таком применении системы необходимо вести, исходя из физических свойств зерна, таких как теплоемкость и теплопроводность. Зная удельную теплоемкость зерна и воздуха, можно подсчитать количество воздуха, необходимого для быстрого охлаждения до

температуры окружающей среды, а затем подобрать режим для поддержания данной температуры.

Потребное количество воздуха ( $V$ , м<sup>3</sup>) при заданной разнице температур ( $t_1 - t_2$ ):

$$V = \frac{c_3 \cdot m \cdot (t_1 - t_2)}{c_B \cdot (t_1 - t_2)}, \quad (1)$$

где  $c_3$  - удельная теплоемкость зерна, Дж/(кг\*°С);

$c_B$  - удельная теплоемкость воздуха, Дж/(кг\*°С);

$m$  – масса обрабатываемого зерна, кг,

$t_1, t_2$  - температура зерна до и после охлаждения, °С.

Однако при данных известных тяжело подобрать производительность вентилятора, поэтому используем данный расчет только для определения продолжительности обработки зерновой массы ( $T$ ) при уже принятой производительности вентилятора:

$$T = \frac{V}{L_{\text{вент}}}, \text{ ч} \quad (2)$$

где  $L_{\text{вент}}$  – максимальная производительность выбранного вентилятора, м<sup>3</sup>/ч.

Система активной вентиляции в данной установке позволяет ускоренно понизить температуру свежесобранной зерновой массы, а также поддерживать ее на установленном уровне и производить бережное досушивание согласно безопасным срокам хранения, что повысит качество продукции и снизит пожарную опасность производства.

### Литература

1. Адылин И.П. Пути инновационного развития сельского хозяйства РФ // Вклад науки и практики в обеспечение продовольственной безопасности страны при техногенном ее развитии: сборник научных трудов международной научно-практической конференции. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2021, С. 157-161.



2. Управление взрывобезопасными режимами сушки и хранения зерна на предприятиях элеваторной промышленности / Д.А. Бритиков, С.А., Шевцов, Д.В. Каргашилов и др // Современные проблемы гражданской защиты. 2019. № 1 (30). С. 59-67.
3. Двоенко О.В., Ченин А.Н. Повышение пожарной безопасности при сушке зерна и семян // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2020. № 3-20. С. 26-32.
4. Зерносушильный комплекс на основе альтернативного источника энергии / А.И. Купреенко, Е.М. Байдаков, Х.М. Исаев, А.Н.. Ченин. М.: Труды ГОСНИТИ, 2015. Т. 120. С. 49-53.
5. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Байдаков Е.М. Конструкция зернохранилища со встроенной гелиосушильной системой // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. Брянск: БГСХА, 2010. № 1 (9). С. 5-9.
6. Гелиосушилка: пат. 71744 Рос. Федерация / А.И. Купреенко, Х.М. Исаев, В.А. Тихий, Е.М. Байдаков; опубл. 20.03.2008. Бюл. № 8.
7. Панова Т.В., Панов М.В. Моделирование зернохранилища как пожароопасного объекта // Среда, окружающая человека: природная, техногенная, социальная: материалы X Международной научно-практической конференции. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2021. С. 269-272.
8. Цык В.В. Активное вентилирование зерна и семян: лекция. Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2006. 24 с.
9. Ченин А.Н. Подбор оборудования и режимов работы систем активной вентиляции и электроподогрева барабанной гелиосушилки // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 6 (92). С. 153-158.

УДК 631.354.025

## **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА НА ВАЛУ БАРАБАНА НОРИИ С УЧЕТОМ ИХ ЖЕСТКОСТИ**

**Безик Д.А., к.т.н., Романеев Н.А., к.т.н., Романеева В.В.  
Брянский ГАУ**

## ***THE DISTRIBUTION OF TORQUE ON THE SHAFT OF THE NORIA DRUM, TAKING INTO ACCOUNT THEIR RIGIDITY.***

***Bezik D.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Romaneev N.A.,  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Romaneeva V.V., Teacher,  
Bryansk GAU***

**Аннотация.** Уточнен расчет вала и барабана норийной башни сушилки СП-50 с учетом их жесткости при передаче крутящего момента. В результате решена задача прогнозирования параметров сечения стандартного вала для новых конструкций ленточных транспортеров. Показано, что передаваемый крутящий момент распределен неравномерно по ступицам, большая его часть передается через ступицу со стороны привода.

**Annotation.** *The calculation of the shaft and drum of the norium tower of the SP-50 dryer has been clarified, taking into account their rigidity when transmitting torque. As a result, the problem of predicting the parameters of the standard shaft section for new belt conveyor designs has been solved. It is shown that the transmitted torque is distributed unevenly across the hubs, most of it is transmitted through the hub from the drive side.*

**Ключевые слова:** Барабан, напряжение, коэффициента запаса, угол кручения, фланец, анализ, вал, параметры, оптимизация, нория, жесткость, сила, вращающий момент.

*Keywords: Drum, voltage, stock ratio, torsion angle, flange, analysis, shaft, parameters, optimization, noria, stiffness, force, torque.*

## **Введение. Постановка задачи**

Условия работы машин, в частности сельскохозяйственных, формируют определенные требования к конструкции узлов и отдельных деталей, к их компоновке, объему средств, привлекаемых на разработку и запуск в производство. Современным решением этих задач является переход на более совершенные методики расчета [1].

Для уточнения и подтверждения данных, полученных с помощью компьютерного моделирования, для определения оптимальных параметров вала, был проведён расчет вала норийной башни сушилки СП-50. Используя современное программное обеспечение для расчетов напряженного состояния деталей имеется реальная возможность быстро производить расчеты по ряду параметров оптимизации конструкции вала: расчет напряжений, определение зон концентрации напряжений, коэффициента запаса прочности базового варианта и т.д. [2, 3]. Нами проведен сравнительный анализ характеристик вала при варьировании параметров и его оптимизация. Получено распределение моментов вращения по ступицам барабана.

Традиционно подобные задачи в учебной литературе решали без учета жесткости деталей в передаче вращающего момента между деталями (кроме особых случаев). Возникла задача прогнозирования параметров сечения стандартного вала для новых конструкций башни. Рассматривая такую задачу в поисках объективной карты нагружения деталей ведущей ветви нории, мы проанализировали нагрузку вала и барабана с учетом их жесткости (рисунок 1).

В учебной литературе считается, что вращающий момент распределяется от электродвигателя на ступицы вала поровну, т.е. по  $0,5 \cdot T$  ( $T$  – вращающий момент). Без учета жесткости соединяемых деталей предполагалось, что обе ступицы в равной мере принимают вращающий момент от вала и передают его на барабан. Однако жесткость барабана норийной башни сушилки СП-50 ( $D = 500$  мм, толщина стенки 5 мм) на 3 порядка выше жесткости приводного вала. Под дей-

ствием внешней силы барабан деформируется, в нем возникают напряжения и реакции, которые отличаются значительно. При расчете вала в программе автоматизированного проектирования установлено, что напряжения на участках опор вала распределены неравномерно. Для левого конца вала напряжения составляют 32 МПа, для правого 2 МПа (рисунок 2). Таким образом, барабан забирает весь силовой поток на себя и разгружает вторую правую ступицу.

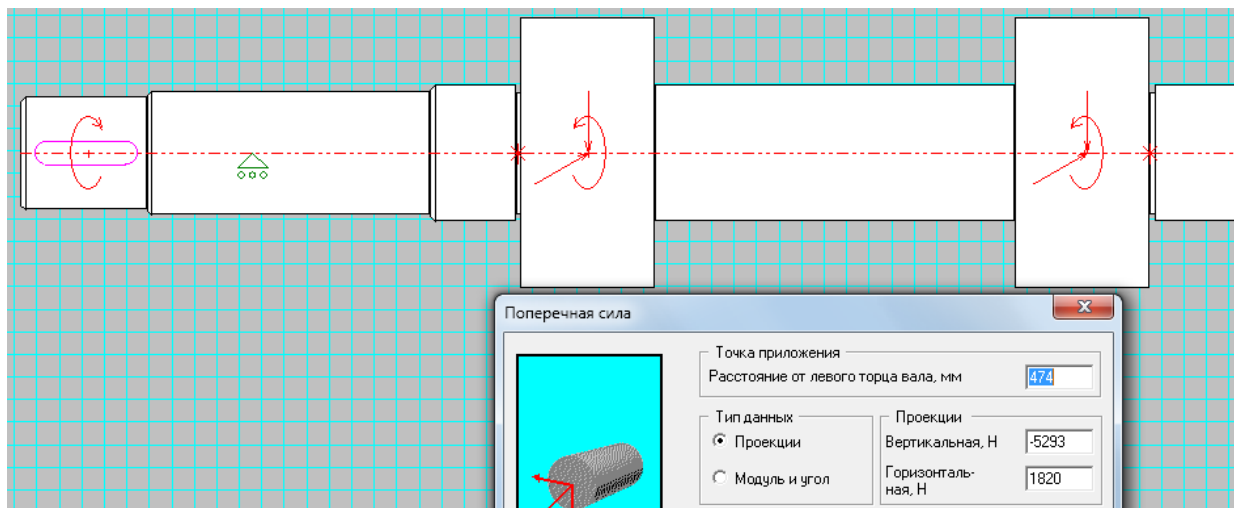


Рисунок 1 - Схема нагружения вала

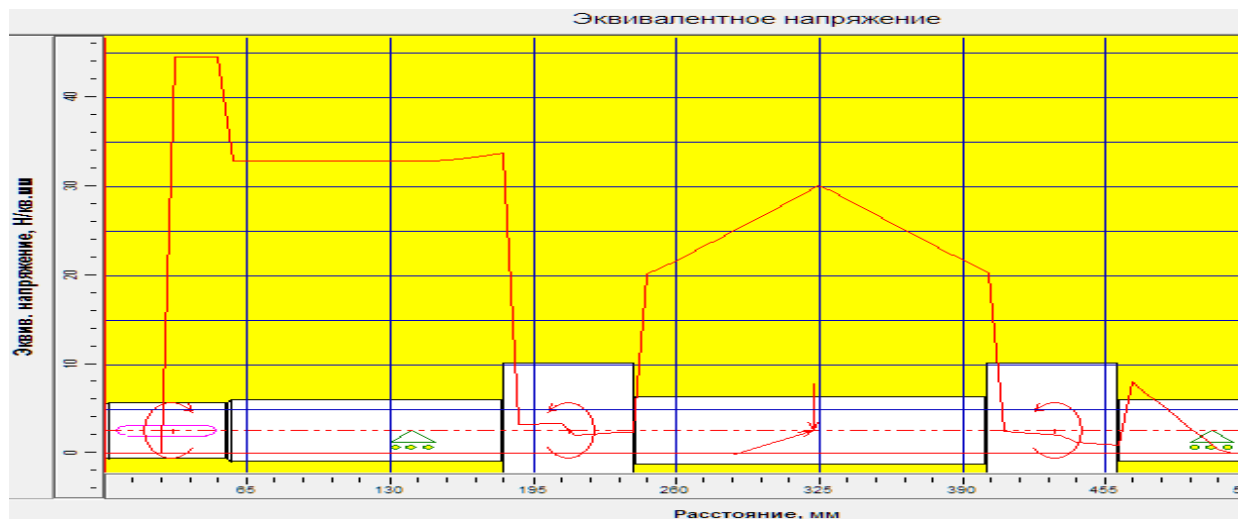


Рисунок 2- Расчётная схема вала и эквивалентные напряжения на его участках

Прочность первой левой ступицы необходимо считать на полный момент. Вторая ступица только поддерживает соосность деталей. При составлении расчетной схемы вала барабана решено было уточнить эту задачу [4].

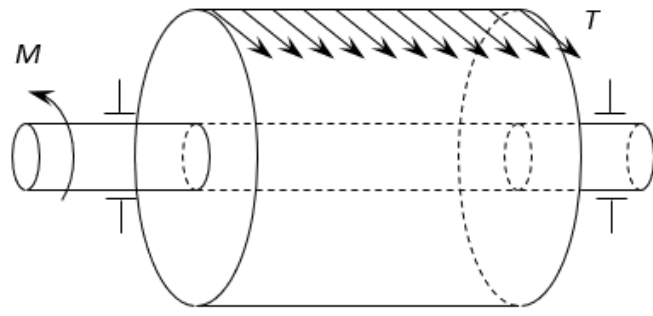


Рисунок 3 - Приводной барабан нории

Пусть дан барабан, приводящий в движение транспортерную ленту. Привод осуществляется с левого конца вала.

Приводному моменту  $M$  противодействует распределённый момент сопротивления  $T$ , осуществляемый радиальной силой натяжения ленты (рисунок 3).

Определим силовые факторы в барабане. Для решения задачи заменим реальную задачу привода барабана задачей напряжения зафиксированного вала радиальной распределённой силой (рисунок 4)

На левую часть барабана действует момент  $M_1$  момент со стороны правой части барабана и момент со стороны распределённой силы:

$$M_1 + M_x = \frac{x}{l} T .$$

при  $x=0$ :  $M_1 = -M_x$  ;

при  $x=l$ :  $M_1 + M_2 = T$  ,  $M_x = M_2$  .

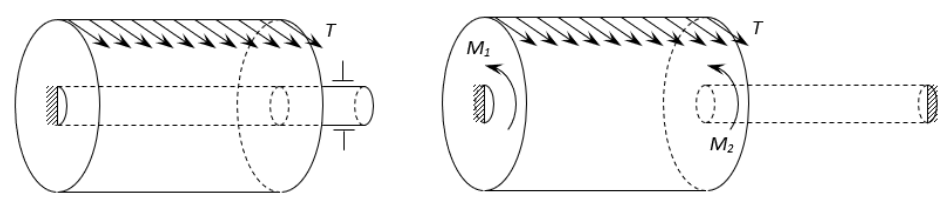


Рисунок 4 - Моменты, действующие на барабан

Обозначим  $M_1$  и  $M_2$  – момент реакции на левом и правом фланце барабана. Введём систему координат  $Ox$  и рассечём барабан плоскостью перпендикулярной оси барабана (рисунок 5).

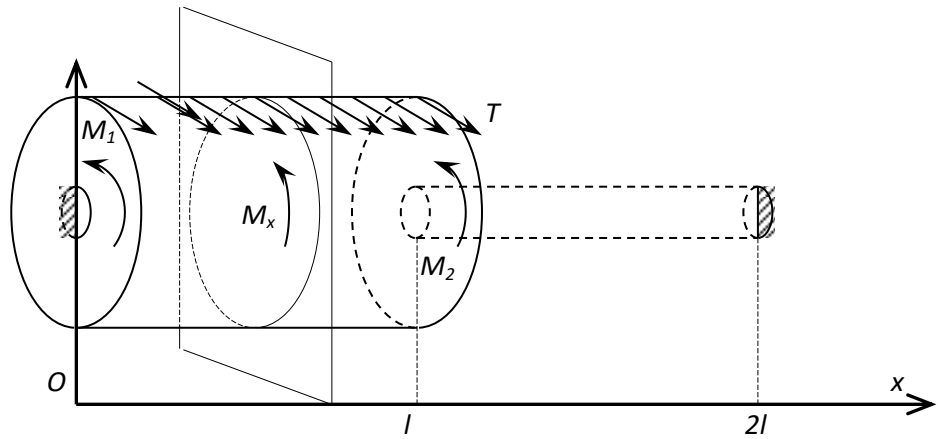


Рисунок 5 - Секующая плоскость барабана

Определим соотношение  $M_1$  и  $M_2$  (рисунокб).

Угол закручивания вала:

$$\varphi = \frac{Tl}{GJ_0},$$

где  $J_0$  – геометрический полярный момент инерции,  $\text{мм}^4$ ;

$l$  – длина стержня, мм;

$G$  – модуль сдвига, МПа.

Значит момент, действующий со стороны правой части на левую меняется по линейному закону:

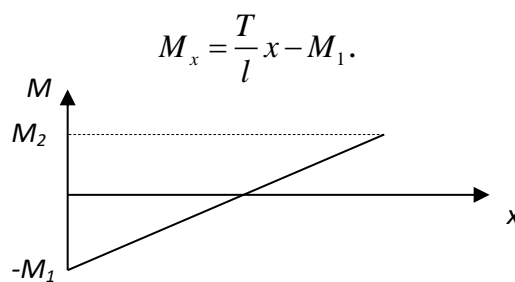


Рисунок б - График соотношения моментов

Геометрический полярный момент инерции

для круглого вала:

$$J_0 = \frac{\pi D^4}{32}$$

для полого цилиндрического вала

$$J_0 = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32}.$$

Угол кручения фланцев барабана

$$\varphi = \frac{T}{\pi h G} \left( \frac{1}{d^2} - \frac{1}{D^2} \right).$$

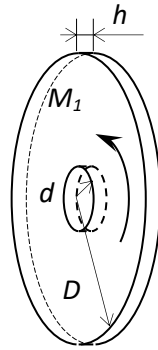


Рисунок 7 - Кручение барабана

Определим угол кручения барабана (рисунок 7).

На элемент длины барабана толщиной  $dx$  действует момент со стороны ленты  $\frac{dx}{l}T$  и со стороны правой части барабана  $M_x = \frac{T}{l}x - M_1$ . Угол кручения

этого элемента 
$$d\varphi = \frac{\left( \frac{T}{l}x - M_1 - \frac{dx}{l}T \right) dx}{GJ_{0a}} \approx \frac{\left( \frac{T}{l}x - M_1 \right) dx}{GJ_{0a}}.$$

Тогда полный угол кручения барабана

$$\varphi_a = \int_0^l \frac{\left( \frac{T}{l}x - M_1 \right)}{GJ_{0a}} dx = \frac{1}{GJ_{0a}} \int_0^l \left( \frac{T}{l}x - M_1 \right) dx = \frac{1}{GJ_{0a}} \left( \frac{Tx^2}{2l} - M_1x \right) \Big|_0^l = \frac{1}{GJ_{0a}} \left( \frac{Tl}{2} - M_1l \right)$$

Т. е. угол кручения барабана меняется по параболическому закону, имеет максимальное значение при  $x = \frac{M_1l}{T}$ , равное  $\varphi_{a,\max} = \frac{M_1^2l}{2TGJ_{0a}}$ . Полное значение угла кручения барабана равно нулю при  $M_1 = M_2$ .

Полный угол закручивания всего вала и барабана:

$$\varphi_{e,\delta} + \varphi_a + \varphi_{i,\delta} + \varphi_a = 0,$$

$$-\frac{M_1}{\pi h G} \left( \frac{1}{d^2} - \frac{1}{D^2} \right) + \frac{1}{G J_{0\dot{a}}} \left( \frac{Tl}{2} - M_1 l \right) + \frac{M_2}{\pi h G} \left( \frac{1}{d^2} - \frac{1}{D^2} \right) + \frac{M_2 l}{G J_{0\dot{a}}} = 0$$

Отсюда

$$-\frac{M_1}{\pi h G} \left( \frac{1}{d^2} - \frac{1}{D^2} \right) + \frac{1}{G J_{0\dot{a}}} \left( \frac{(M_1 + M_2)l}{2} - M_1 l \right) + \frac{M_2}{\pi h G} \left( \frac{1}{d^2} - \frac{1}{D^2} \right) + \frac{M_2 l}{G J_{0\dot{a}}} = 0$$

$$-\frac{M_1}{\pi h G} \left( \frac{1}{d^2} - \frac{1}{D^2} \right) + \frac{1}{2G J_{0\dot{a}}} (M_2 l - M_1 l) + \frac{M_2}{\pi h G} \left( \frac{1}{d^2} - \frac{1}{D^2} \right) + \frac{M_2 l}{G J_{0\dot{a}}} = 0$$

$$\frac{M_1}{\pi h G} \left( \frac{1}{d^2} - \frac{1}{D^2} \right) + \frac{M_1 l}{2G J_{0\dot{a}}} = \frac{M_2 l}{G J_{0\dot{a}}} + \frac{M_2}{\pi h G} \left( \frac{1}{d^2} - \frac{1}{D^2} \right) + \frac{M_2 l}{2G J_{0\dot{a}}}$$

$$M_1 \left( \frac{1}{\pi h G} \left( \frac{1}{d^2} - \frac{1}{D^2} \right) + \frac{l}{2G J_{0\dot{a}}} \right) = M_2 \left( \frac{l}{G J_{0\dot{a}}} + \frac{1}{\pi h G} \left( \frac{1}{d^2} - \frac{1}{D^2} \right) + \frac{l}{2G J_{0\dot{a}}} \right),$$

то есть соотношение моментов на двух фланцах вала

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{\frac{l}{G J_{0\dot{a}}} + \frac{1}{\pi h G} \left( \frac{1}{d^2} - \frac{1}{D^2} \right) + \frac{l}{2G J_{0\dot{a}}}}{\frac{1}{\pi h G} \left( \frac{1}{d^2} - \frac{1}{D^2} \right) + \frac{l}{2G J_{0\dot{a}}}}, \quad \frac{M_1}{M_2} = \frac{\frac{l}{J_{0\dot{a}}} + \frac{1}{\pi h} \left( \frac{1}{d^2} - \frac{1}{D^2} \right) + \frac{l}{2J_{0\dot{a}}}}{\frac{1}{\pi h} \left( \frac{1}{d^2} - \frac{1}{D^2} \right) + \frac{l}{2J_{0\dot{a}}}}$$

Результаты расчёта показывают, что правая ступица передает менее 7% вращающего момента по сравнению с левой, которая расположена со стороны привода. Это приводит к тому, что при расчёте ступицы барабана, расположенной со стороны привода расчет необходимо производить на весь передаваемый момент.

### Литература

- 1 Шелюфаст В.В. Основы проектирования машин. М.: Изд-во АПМ, 2005. 472 с.
- 2 Романеев Н.А., Варывдин В.В., Безик Д.А. Расчет напряженного состояния опоры нории методом автоматизированного проектирования машин // Природообустройство. 2016. № 5. С. 86-91.
- 3 Безик Д.А., Романеев Н.А. Автоматизированное проектирование машин на примере расчета редуктора: учебно-метод. пособие. Брянск: Изд-во БГАУ, 2021. 40 с.
- 4 Подъемно-транспортные машины / М.Н. Ерохин, С.П. Казанцев и др. М.: КолосС, 2010. 335 с.

**ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ  
ДЕВУШЕК-СТУДЕНТОК ПО МАТЕРИАЛАМ АНКЕТИРОВАНИЯ**

*к.с.-х.н., Гапонова В.Е., gap-walya@yandex.ru*

*к.б.н., Слезко Е.И., Гапонова А.А.*

*Брянский государственный аграрный университет, Россия*

**NUTRITION FEATURES OF MODERN GIRLS STUDENTS ACCORDING TO  
THE QUESTIONNAIRE MATERIALS**

*Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor Gaponova V.E.,*

*gap-walya@yandex.ru*

*Candidate of Biological Sciences, Associate Professor Slezko E.I.*

*Student Gaponova A.A.*

*Bryansk State Agrarian University, Russia*

**Аннотация.** По результатам анкетирования студенток младших и старших курсов аграрного вуза Брянской области получены данные об адекватности и культуре их питания. Дан анализ основных факторов (частота питания, режим питания, потребление воды, овощей, фаст-фудовской пищи), влияющих на состояние здоровья современных девушек-студенток.

**Annotation.** Based on the results of a survey of female students of junior and senior courses of an agricultural university in the Bryansk region, data were obtained on the adequacy and culture of their nutrition. An analysis of the main factors (frequency of meals, diet, consumption of water, vegetables, fast food) that affect the health status of modern female students is given.

**Ключевые слова:** девушки-студентки, режим питания, индекс массы тела.

**Keywords:** female students, diet, body mass index.

**Введение.**

Состояние здоровья современной молодежи является важнейшим показателем благополучия общества и государства, не только отражающий настоящую ситуацию, но и дающий прогноз на будущее. Понимание основ правильного питания в молодом возрасте – залог здоровья и долголетия в будущем.

По данным обследований девушек-подростков в различных регионах, удовлетворительный уровень питания имеют лишь 43,8 % обследованных [4].

У 33,5 % несовершеннолетних выявлено отставание в массе тела, по сравнению с ростом, гипотрофия и дистрофия. Несколько больше доля девушек, имеющих отклонения от среднего в сторону увеличения уровня питания, избыточную массу тела и страдающих ожирением. С увеличением возраста удельный вес девушек с избыточной массой тела и ожирением нарастает [3].



В возрасте 16-20 лет у девушек происходит социальное становление личности, завершается период биологического развития организма. В таком возрасте физическое развитие наиболее легко поддается воздействию разнообразных внешних факторов (высокий уровень психоэмоционального напряжения, связанный с обучением в вузе). Все это приводит к изменению образа жизни, влияет на здоровье, требует развития адаптивных свойств тела человека, надежности его физического и психического состояния, которые смогут обеспечить высокую сопротивляемость к агрессивным воздействиям и максимальную продолжительность жизни [1]. В этот период жизни важно прививать правильную культуру питания.

Целью проведенного исследования было выявление у девушек-студенток младших и старших курсов понятий и культурных основ правильного питания, которое имеет большое прогностическое значение для здоровья настоящей и будущей популяции.

#### **Объект и методы исследования.**

Таблица 1 - Опросный лист (матрица)

Показатели	Девушки-студентки 1-2 курс (18-20 лет)			Девушки-студентки 3-4 курс (21-24 лет)		
	1-2	3-4	5 и >	1-2	3-4	5 и >
Количество респондентов, чел.	8			27		
Вес, кг	60,7			63,3		
Рост, см	158,7			167,5		
Количество приемов пищи в день	раз/день			раз/день		
	1-2	3-4	5 и >	1-2	3-4	5 и >
Есть ли завтрак	да		нет	да		нет
Время основного приема пищи	завтрак	обед	ужин	завтрак	обед	ужин
Объем воды, потребляемой за сутки, л	до 1 л	1-2 л	более 2 л	до 1 л	1-2 л	более 2 л
Потребление фруктов	ежеднев.	3-4 р /нед.	1-2 р /нед.	ежеднев.	3-4 р /нед.	1-2 р /нед.
Потребление фаст-фуда	3-4 р /нед.	1-2 р /нед.	некогда	3-4 р /нед.	1-2 р /нед.	некогда

Настоящее исследование осуществлялось путем опроса девушек-студенток Брянского государственного аграрного университета (Брянский ГАУ). Группа

для опроса была сформирована методом случайной выборки и составляла 35 студенток 1- 4 курсов инженерно-технологического института. Девушки были разбиты на две возрастные группы: I – девушки-студентки в возрасте 18-20 лет, II – девушки-студентки 21-24 лет. Для достижения поставленной в работе цели использовалось анкетирование респондентов в соответствии с таблицей 1.

Статистическая обработка материала исследования была проведена на ПК с помощью программы Excel.

### Результаты исследования и их обсуждение

На диаграмме 1 приведено количество приемов пищи девушками в течение дня.

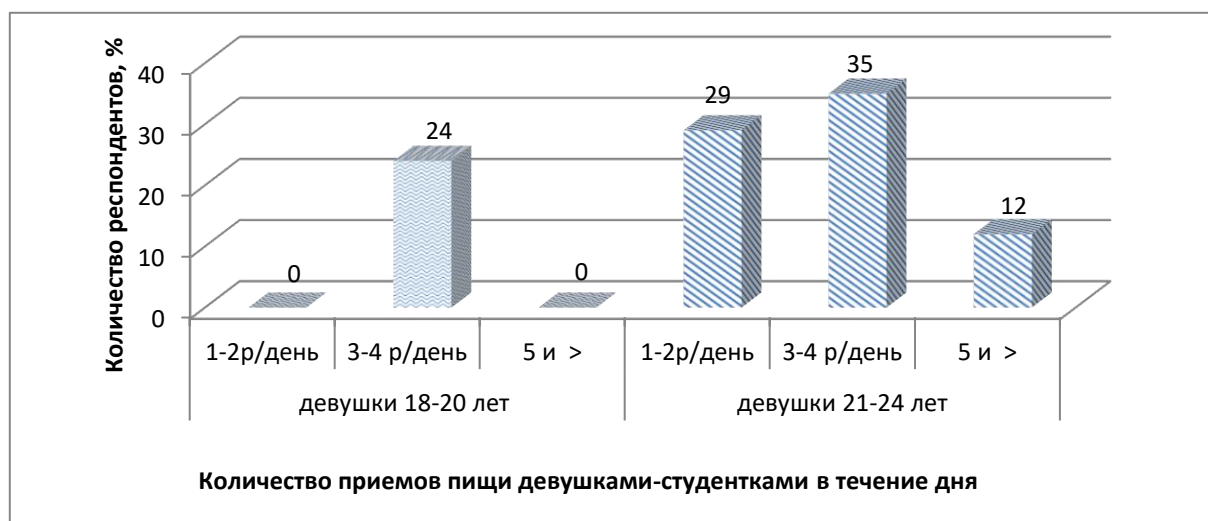


Рисунок 1 - Количество приемов пищи девушками-студентками.

Как видно из рисунка 1 24% девушек младших курсов (1,2 курс) и 35% девушек старших курсов (3,4 курс) питаются 3-4 раза в день. Почти 30% девушек старших курсов имеют 1-2 кратное питание, что негативно может сказаться на их здоровье. Зачастую это обуславливается нехваткой времени из-за одновременной учебы и работой старшекурсниц. Отсюда и частые перекусы фаст-фудовской пищей. Таким образом, большинство студенток питаются 3-4 раза в день, что является оптимальным.

На диаграмме 2 представлено наличие завтрака в рационе девушек младших и старших курсов.

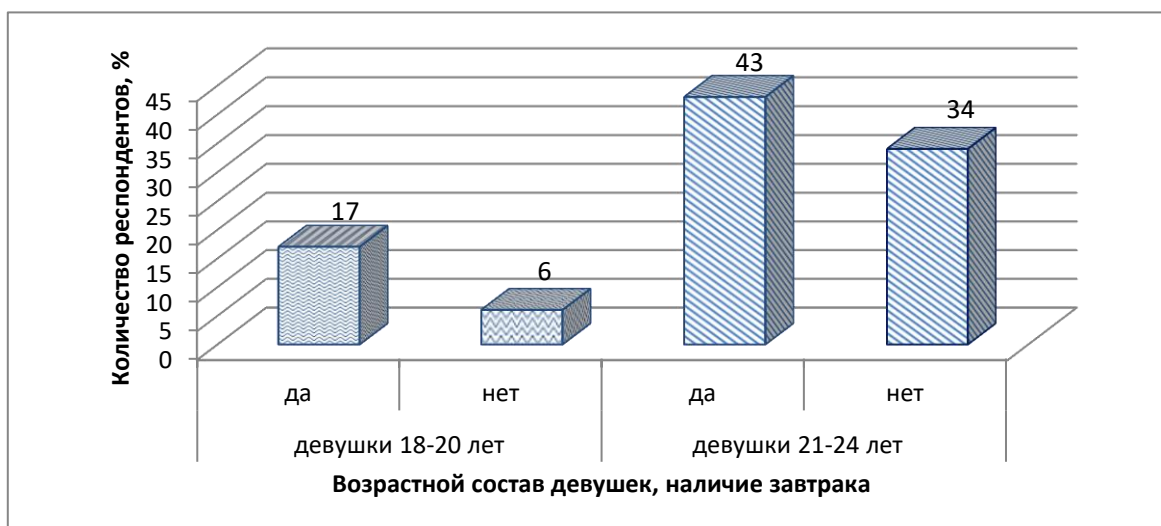


Рисунок 2 - Наличие завтрака в рационе девушек.

Из рисунок 2 видно, что в целом 40% девушек-студенток не имеют нормального завтрака: 6% - девушек младших курсов и 34% девушек старшекурсниц. Такая ситуация может негативно сказаться на состоянии желудочно-кишечного тракта, общем самочувствии и учебе студенток.

На рисунок 3 представлено время основного приема пищи девушками младших и старших курсов.

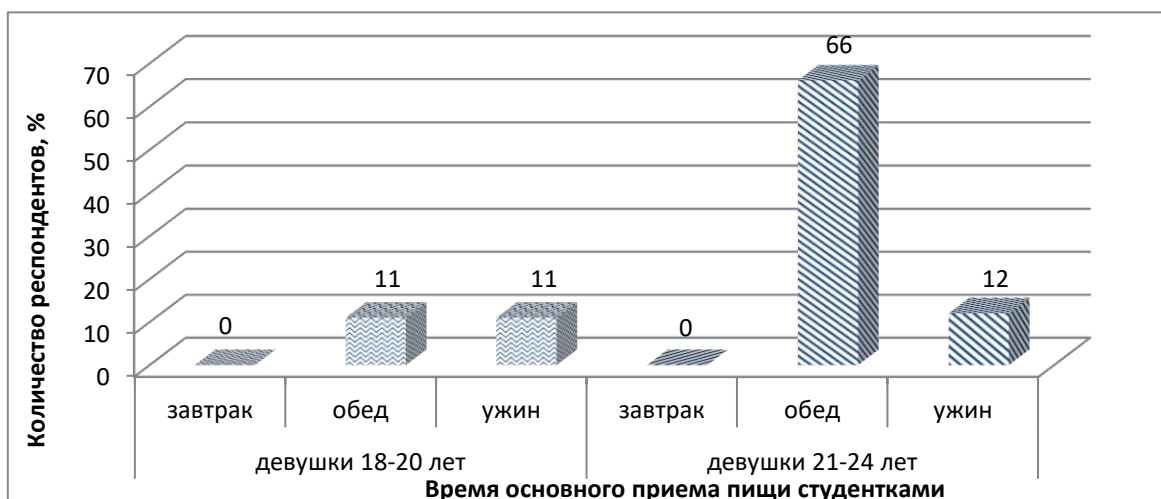


Рисунок 3 - Время основного приема пищи девушками-студентками

Как видно из диаграммы 3 основной прием пищи у 77 % студенток приходится на обед. Такое положение является нормой. Считается, что за обедом человек должен потреблять 45-55% суточной нормы пищи. Чего нельзя сказать о девушках младших курсов. Из-за неправильно распределенного времени, они пропускают время обеда, заменив его перекусом и перенося время основного приема пищи на ужин, что может привести к увеличению массы тела.

Хорошо влияет на скорость обменных процессов в организме потребление необходимого количества воды. Идеальным количеством считается 40 мл воды на каждый килограмм человека в сутки. Во время еды пить не рекомендуется, лучше за полчаса до и спустя час после нее.

На рисунке 4 представлено объем чистой воды, принимаемой девушками ежедневно.

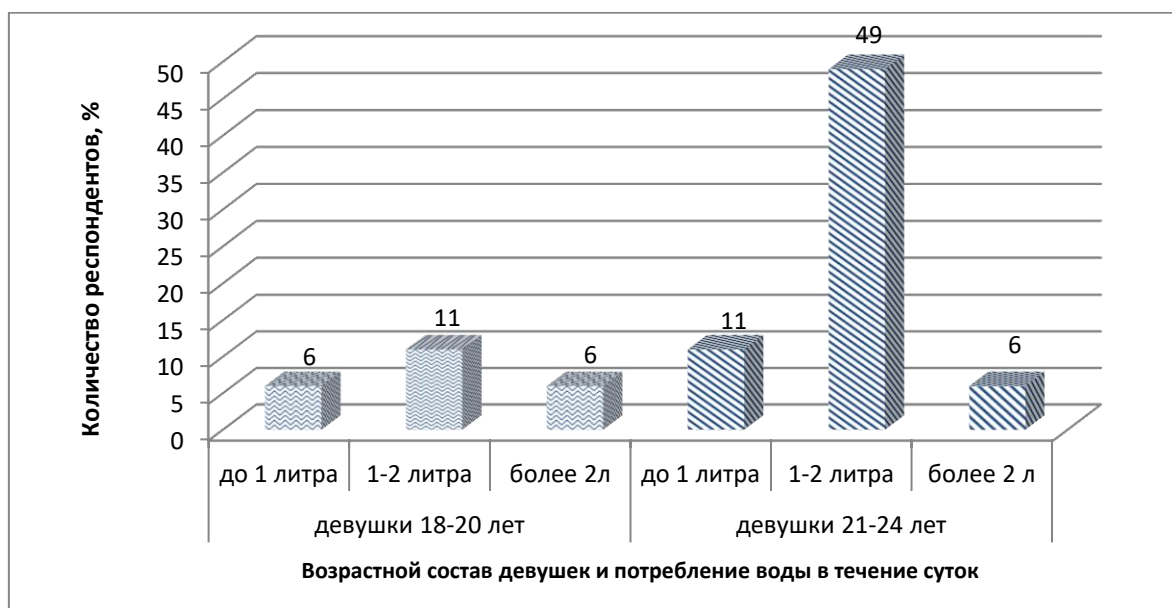


Диаграмма 4 - Количество воды, потребляемой девушками-студентками

60% всех девушек-студенток пьют воду до 2 литров в сутки, 17% пьют до 1 литра и 12% девушек пьют более 2-х литров в день. Недостаточное употребление воды является нарушением принципов здорового питания.

Достаточное потребление фруктов в молодом возрасте явилось бы профилактикой нашего здоровья в зрелом возрасте [2]. За основу взято количество в

400 грамм ежедневно. Это приблизительно 1 яблоко, 1 банан, 2 больших абрикоса, 1 апельсин, половинка грейпфрута, несколько ягод клубники. Этот объем делится на 5 приемов пищи.

Потребление девушками-студентками фруктов, представлено на диаграмме 5.

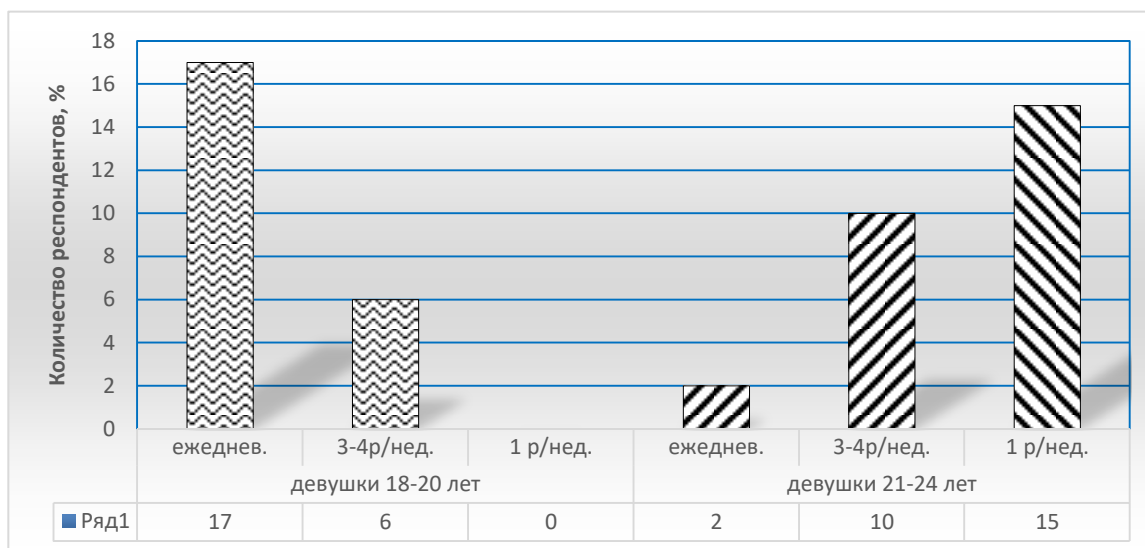


Диаграмма 5 - Частота употребления фруктов девушками-студентками

Как видно из рисунок 5 ежедневно употребляют фрукты 17% студенток младших курсов и только 2% старшекурсниц. Три-четыре раза в неделю потребляют фрукты 6% студенток 1-2 курсов и 10% студенток 3-4 курсов. Большой процент старшекурсниц – 15% употребляют фрукты один раз в неделю.

Повышенное потребление фруктов ассоциируется с более низким индексом массы тела, с меньшим риском ожирения и ряда сердечно-сосудистых и раковых заболеваний. Исследования показали, что люди, которые на протяжении лет снижали потребление овощей и фруктов, были более склонны к набору веса [5,6].

Место фаст-фуда в меню современных девушек-студенток представлено на рисунок 6.

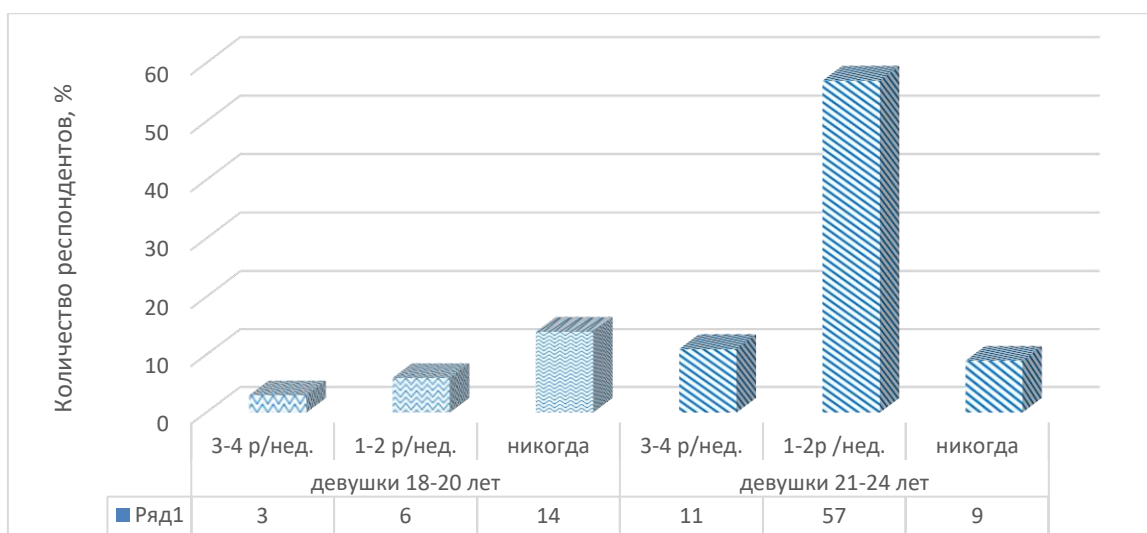


Рисунок 6 - Частота употребления студентками фаст-фуда

Перекусы, «еда на ходу» занимают определенное место в меню современных молодых людей. Очень часто (3-4 раза в неделю) употребляют фаст-фудовскую пищу 3% студенток младших курсов и 11% студенток старшекурсниц. Процент не большой. 1-2 раза в неделю потребляют фаст-фуд 57% старшекурсниц и 6% студенток младших курсов. Частое употребление фаст-фуда в условиях физических нагрузок может привести к развитию сахарного диабета 2 типа и повышению артериального давления.

По результатам анкетирования был рассчитан индекс массы тела:  $(ИМТ = \text{вес(кг)}/\text{рост(м)}^2)$ . ИМТ - величина, позволяющая оценить степень соответствия массы человека и его роста и тем самым косвенно судить о том, является ли масса недостаточной, нормальной или избыточной(индекс Кетле). Если ИМТ: менее 18,5 - у вас недостаточная масса тела; 20-25 - нормальный вес; 25-30 избыточная масса тела; 30–35 - ожирение I степени; 35 и более - ожирение III степени.

Расчет индекса массы тела опрошенных студенток показал, что 41% всех девушек имеет массу тела в пределах нормы, 18% студенток имеют недостаточную массу тела и 41% - повышенную массу тела.

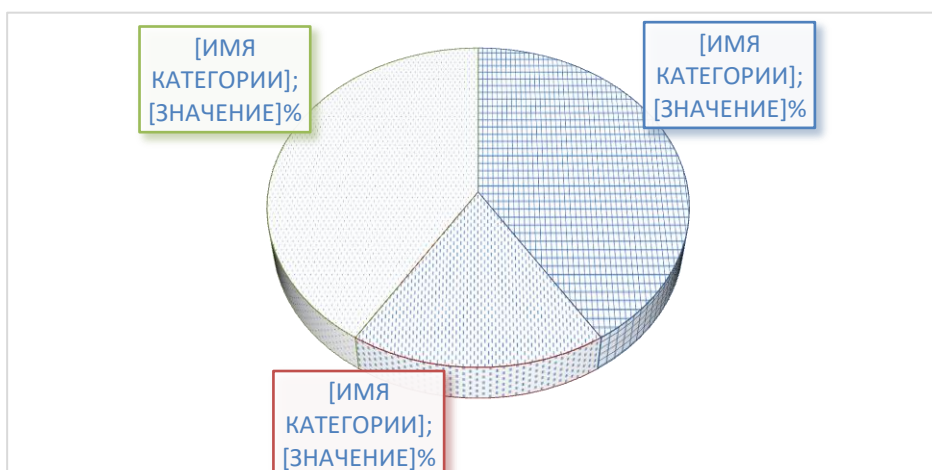


Рисунок 7 - Величина ИМТ у девушек-студенток

Таким образом, культура питания современных студенток имеет ряд недостатков: несоблюдение режима питания; отсутствие нормального завтрака; низкая частота употребления фруктов; частое употребление фаст-фудовской пищи. Это весомая часть причин, приводящая к повышению массы тела, ухудшению состояния здоровья и снижению успеваемости студенток.

### Литература

1. Лопатина Л.А., Серезенко Н.П., Анохина Ж.А. Антропометрическая характеристика девушек по классификации Дж. Таннера // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 12-3. С. 504-508; URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=33439> (Дата обращения: 25.05.2022).
2. Гапонова В.Е., Слезко Е.И. Результаты потребления фруктов студентами аграрного вуза // *Инновации и технологический прорыв в АПК: сборник научных трудов международной научно-практической конференции*. 2020. С. 314-317.
3. Проблемы подросткового возраста (избранные главы) / под ред. А.А. Баранова, Л.А. Щеплягиной. М., 2003. 480 с.
4. Юрьев В.К. Методология оценки и состояние репродуктивного потенциала девочек и девушек // *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины*. 2000. № 4. С. 3–5.
5. Weight L. A satiety index of common foods // *Eur J Clin Nutr*. 1995. Т. 49. С. 675-690.
6. Tappy L., Lê K. A. Metabolic effects of fructose and the worldwide increase in obesity // *Physiological reviews*. 2010. Т. 90. №. 1. С. 23-46.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ  
НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ СЫПУЧЕГО ГРУЗА  
НА УЧАСТКЕ СВОРАЧИВАНИЯ  
ТРУБЧАТОГО ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА**

**к.т.н. Дьяченко А.В., к.т.н. Самусенко В.И., к.с.-х.н. Орехова Г.В.  
Брянский государственный аграрный университет, Россия**

**COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFERENT MODELS OF THE STRESS  
STATE OF A BULK CARGO IN THE ROLLING AREA  
TUBE BELT CONVEYOR**

***candidate of technical Sciences Dyachenko A.V., candidate of technical Sciences  
Samusenko V.I., candidate of agricultural Sciences Orehova G.V.  
Bryansk State Agrarian University, Russia***

**Аннотация.** В статье приведен сравнительный анализ некоторых математических моделей напряженного состояния груза на ленте ленточных конвейеров. Сделано предположение, что для трубчатых конвейеров наиболее подходящей будет модель на основе теории пластического течения с учетом кинематики процесса сворачивания ленты с грузом в трубу. Показано, что при сечении ленты близком к круговому максимальное давление груза на ленту по различным моделям может различаться в 1,84 раза, в то время как при малой желобчатости ленты различные модели дают близкий результат.

**Annotation.** *The article presents a comparative analysis of some mathematical models of the stress state of a load on a belt conveyor belt. It has been suggested that for tubular conveyors the most suitable model will be based on the theory of plastic flow, taking into account the kinematics of the process of rolling a tape with a load into a pipe. It is shown that when the belt cross section is close to circular, the maximum pressure of the load on the belt according to different models can differ by 1.84 times, while with a small belt groove, different models give a close result.*

**Ключевые слова:** ленточный конвейер, трубчатый конвейер, напряженное состояние сыпучего груза.

**Keywords:** *belt conveyor, pipe conveyor, stress state of the bulk cargo.*

## **Введение**

В качестве транспортирующих средств для сыпучих и мелкокусковых грузов в агропромышленном комплексе, природообустройстве и дородном строительстве все чаще применяются ленточные конвейеры специальных конструкций [1, 2], имеющие ряд преимуществ перед традиционными (большие углы транспортирования, изгибы в вертикальной и горизонтальной плоскости, отсутствие просыпей и пылеобразования, защита груза от внешних условий). Например, трубчатые ленточные конвейеры, у которых на участке транспортирования лента с грузом представляет собой трубчатое или полутрубчатое сечение.



Широкому распространению таких конструкций препятствует сложность прикладных методик расчета [3], по сравнению с методиками для конвейеров традиционных конструкций. Наибольшую трудность для расчетов представляют криволинейные и переходные участки – участки сворачивания-разворачивания ленты с грузом в трубчатое сечение. Для определения нагрузок на поддерживающие ленту элементы от давления деформируемого груза необходимо исследовать его напряженное состояние на этих участках.

### **Сопоставление различных моделей напряженного состояния сыпучего груза на ленте ленточных конвейеров**

Существуют различные подходы к описанию напряженного состояния сыпучей среды. Обзор математических моделей напряженного состояния сыпучего груза на конвейерной ленте приведен в работе [4]. Рассмотрим и сопоставим некоторые из них.

Модель простого напряженного состояния, при которой принимается, что траектории главных напряжений являются горизонтальными и вертикальными прямыми линиями, ход которых искривляется только вблизи контакта груза с лентой, чем пренебрегается. Данная модель является наиболее упрощенной, но удовлетворительной для конвейеров традиционной конструкции с лентой в виде неглубокого желоба, сечение которого практически не меняется по всей длине конвейера (груз не претерпевает больших деформаций в процессе транспортирования).

В трубчатых, мешочных, конвейерах с подвесной лентой глубокой желобчатости поперечное сечение груза может превышать форму полукруга. Кроме того, груз подвергается большим пластическим деформациям от почти плоской ленты в месте загрузки вплоть до кругового сечения в линейной части конвейера. В таких случаях уже необходимо учитывать кинематику процесса сворачивания ленты с грузом в трубу [5]. Для переходных участков трубчатых ленточных конвейеров предпочтительней была бы модель напряженного состояния груза на основе теории пластического течения с учетом движения частиц груза вследствие сворачивания ленты в трубу.

Для модели, учитывающей кинематику пластического течения груза, кроме того, возможны два крайних случая. Наиболее вероятный случай полного сцепления груза с лентой (когда трение груза о ленту не меньше внутреннего трения в грузе).

Если принять что процесс сворачивания ленты с грузом в трубу происходит так, что поперечное сечение ленты в любой момент времени является дугой окружности, то траектории движения всех точек ее поверхности будут представлять собой спиралевидные кривые одного и того же вида – кохлеоиды [6] (рисунок 1).

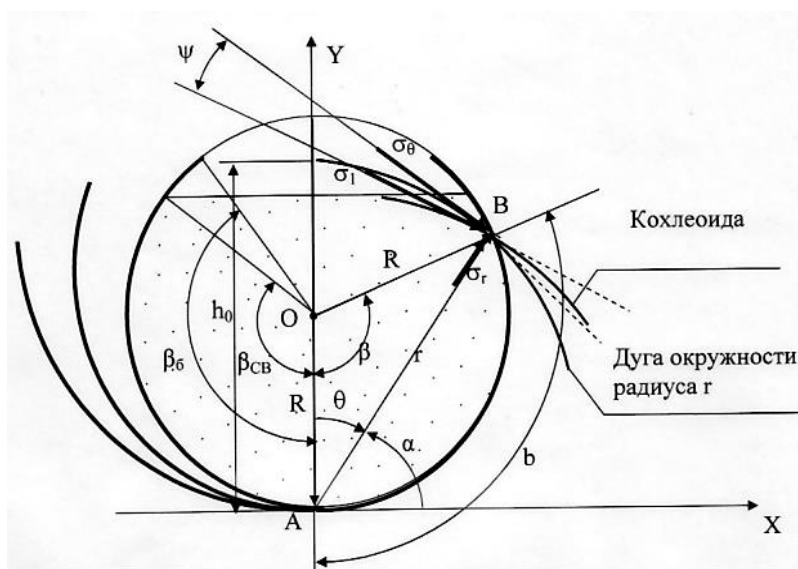


Рисунок 1 - Расчетная схема сворачивания ленты с грузом в трубу

Таким образом, для описания кинематики процесса сворачивания и напряженного состояния груза для данной конструкции удобно использовать полярную систему координат  $r, \alpha$  с полюсом в нижней точке поперечного сечения А. При полном сцеплении груза с лентой направления траекторий наибольших главных напряжений на границе груза с лентой будут направлены по кохлеоидам. Угол  $\psi$  - угол между направлением наибольшего главного напряжения и касательной к дуговой координате. При этом тангенциальное нормальное напряжение  $\sigma_\theta$  больше, чем радиальное  $\sigma_r$ , если  $\psi$  - угол между касательными к окружности радиуса  $r$  и к кохлеоиде в точке их пересечения.

Другой крайний случай для модели, учитывающей кинематику пластического течения груза - случай малого коэффициента трения груза по ленте (например, для ленты из ПВХ и груза типа сухого гравия; при этом  $\psi = \alpha$ ).

Результаты для обоих случаев сопоставлены с результатами теории простого напряженного состояния груза. На рисунке 2 приведены эпюры давления груза на ленту (1) согласно модели, учитывающей кинематику пластического течения груза в случае полного сцепления между грузом и лентой (2), при отсутствии трения груза о ленту (3), а также модели простого напряженного состояния груза (4) для случая полного сворачивания ленты в трубу и 100 %-ного заполнения ее грузом ( $\beta_{CB} = 180^0$ ).

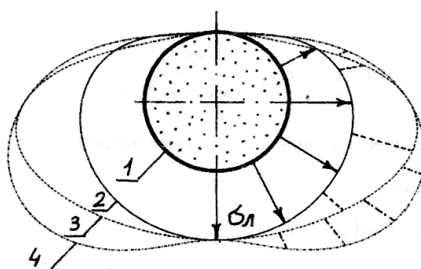


Рисунок 2 - Эпюры давления груза на ленту  $\sigma_L$

Согласно модели, учитывающей кинематику пластического течения груза, давление на ленту максимально в нижней точке желоба и равно гидростатическому давлению в этой точке. В соответствии с моделью простого напряженного состояния давление на ленту от нижней точки к кромке ленты сначала растет, а затем, после достижения максимума, падает. При коэффициенте подвижности груза  $m = 0,3$  и угле заполнения желоба ленты  $\beta_{CB} = 120^0$  модель простого напряженного состояния дает давление, большее на 84 %, при  $\beta_{CB} = 60^0$  – на 22 %, при  $\beta_{CB} \leq 30^0$  расхождение результатов двух моделей незначительно.

Не смотря на то, что различные модели напряженного состояния груза предсказывают различные по величине и распределению давления на ленту  $\sigma_L$ , вертикальная компонента напряжений  $\sigma_B$  во всех случаях остается неизменной. Поэтому наиболее наглядно различные модели напряженного состояния груза сопоставлять по разнице давлений  $\sigma_L$  и  $\sigma_B$ . Если бы в грузе отсутствовало внут-

реннее трение, его давление на ленту было бы равно гидростатическому давлению (произведению веса груза на толщину его слоя). Относительная разность давлений  $\Delta$  показывает составляющую давления груза на ленту, создаваемую внутренним трением, отнесенную к гидростатическому давлению.

$$\Delta = \frac{\sigma_L - \sigma_B}{\sigma_B} = \frac{2 \sin \varphi \sin 2\alpha \sin 2\psi}{1 + \sin \varphi \cos 2(\alpha + \psi)}, \text{ при } \alpha = \alpha_{GP}, \psi \cong \frac{\alpha_{GP}}{3}. \quad (1)$$

На рисунке 3 а и б изображены графики зависимостей относительной разности давлений  $\Delta$  от угла  $\beta$  (по шине ленты) соответственно в декартовых и полярных координатах при коэффициенте подвижности груза  $m = 0,3$  ( $\sin \varphi_{ВН} = 0,5385$ ) для случаев полного сцепления груза с лентой и отсутствия сцепления по модели с учетом кинематики пластического течения груза, а также по модели простого напряженного состояния.

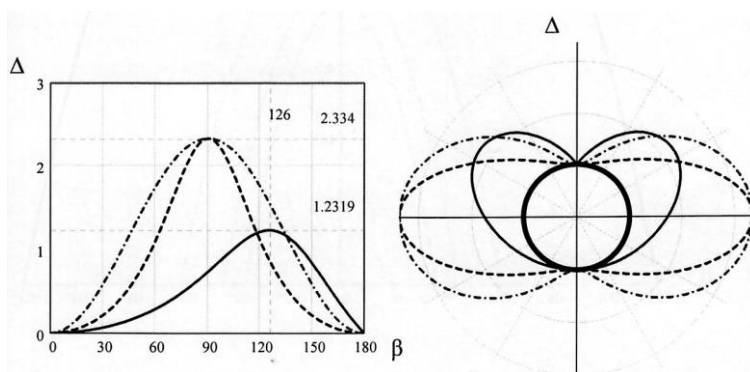


Рисунок 3 - Графики относительной разности давлений  $\sigma_L$  и  $\sigma_B - \Delta$  от угла  $\beta$ : а) – в декартовой системе координат; б) – в полярной системе координат

На рисунке 3 сплошная тонкая линия – графики величины  $\Delta$  по предлагаемой модели при полном сцеплении; пунктирная линия – то же для случая очень низкого коэффициента трения; штрих-пунктирная – для модели простого напряженного состояния; жирной линией изображено поперечное сечение ленты.

Графики построены для случая полного заполнения поперечного сечения ленты.

Анализ полученных графиков показывает, что давление на ленту везде, кроме уровней  $\beta = 0$  и  $\beta = 180^0$  превышает гидростатическое давление (рисунок 3). То же можно сказать и в случае очень малого коэффициента трения груза о

ленту (рисунок 3), а также для решения, которое дает модель простого поля напряжений. В последнем случае

$$\Delta = \frac{1-m}{m} \sin^2 \beta, \quad (2)$$

что дает несколько более высокие значения, чем случай отсутствия трения груза о ленту, при равных с ним значениях в точке максимума. Отличие в случае полного сцепления – асимметрия в распределении величины  $\Delta$  относительно значения  $\beta = 90^\circ$ . В этом заключается качественная разница в картине распределения давления на ленту.

Согласно экспериментальным данным, приведенным в работе [7], основные пластические деформации груза происходят ближе к границе контакта груза с лентой, а в центре сечения груза имеет место практически недеформируемое квазиупругое ядро. Наибольшее сдавливание лентой квазиупругого ядра в случае полного сцепления приходится на уровень  $h$ , на котором гидростатическое давление и ширина сечения груза относительно малы. Этот уровень соответствует углу  $\alpha = \alpha_{\text{кр}} \cong 67^\circ$ . Ядро «проваливается» вниз при движении кромок ленты вверх. Что соответствует экспериментальным данным. Поэтому в этом случае максимум величины  $\Delta$  почти в два раза ниже, чем при низком коэффициенте трения груза о ленту, когда ядро сдавливается на высоте  $h=R$ . Такое же решение дает и модель простого поля напряжений. В обоих последних случаях имеется максимум давления на ленту, превосходящий наибольшее гидростатическое давление (давление в точке А рисунок 1).

Поскольку полное сцепление груза с лентой и отсутствие трения между ними являются крайними случаями, эпюры давления для случаев, когда трение груза по ленте не равно нулю, но ниже внутреннего трения, будут иметь промежуточную форму. Случай отсутствия трения между грузом и лентой является самым неблагоприятным - имеют место наибольшие нагрузки на опорные элементы конвейера на участке сворачивания.

Согласно модели, учитывающей кинематику пластического течения груза среднее напряжение  $\sigma_{\text{ср}}$  в ядре груза всегда больше среднего напряжения вблизи поверхности ленты, равного

$$\sigma_{\text{ср.л}} = \frac{\sigma_B}{1 + \sin \varphi \cos \left( \frac{8}{3} \alpha \right)}. \quad (3)$$

Эти напряжения равны только при  $\alpha = \alpha_{\text{кр}}$ . Наибольшая разница между ними достигается при  $\alpha = 0$ . Поэтому в нижней точке поперечного сечения достигается наибольшее давление продольного выдавливания груза из зоны его обжатия лентой. Согласно теории простого напряженного состояния груза на желобчатой ленте, такого перепада среднего давления внутри массива груза и на поверхности ленты нет. Это также может служить критерием для сравнения различных моделей напряженного состояния груза по результатам экспериментальных исследований.

## Выводы

1. Сравнение модели напряженного состояния груза, учитывающей кинематику пластического течения для случая полного сцепления груза с лентой с моделью простого напряженного состояния, а также случаев малого коэффициента трения груза о ленту, показывает, что максимальная величина давления груза на ленту может быть ниже в 1,84 раза, чем предсказывают две последние модели.

2. Распределение давления груза на ленту по окружности ленты не имеет максимума, который предсказывает модель простого напряженного состояния. В то же время, при малой желобчатости ленты оценки давления по всем моделям весьма близки.

## Литература

1. Ивченко В.Н., Куров С.В. Беспросыпные ленточные конвейеры // Горная промышленность. 2005. № 4 (62). С. 39-42.
2. Галкин В.И. Специальные типы ленточных конвейеров для цементной промышленности // Цемент и его применение. 2019. № 4. С. 30-32.
3. Дмитриев В.Г., Сергеева Н.В. Тяговый расчет ленточных трубчатых конвейеров // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. № S16. С. 144-169.
4. Самусенко В.И., Орехова Г.В. Критический обзор работ о напряженном состоянии насыпного груза на конвейерной ленте // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 5 (63). С. 47-51.

5. Кинематика процесса сворачивания ленты трубчатого конвейера в трубу / А.В. Дьяченко, А.М. Гринь, Л.С. Киселева и др. // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2019. № 1 (18). С. 477–484.

6. Математический энциклопедический словарь / под ред. Ю.В. Прохорова. М.: «Советская энциклопедия», 1988. 846 с.

7. Дьяченко А.В. Экспериментальные исследования напряженного состояния сыпучего груза при повышенной степени обжарки конвейерной лентой // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2005. № 8. С. 274–276.

УДК 633.16

### **ПРОИЗВОДСТВО ЯЧМЕНЯ В РЕСПУБЛИКЕ ИРАК**

*д.т.н. Анашкин А.В., av-anashkin@mail.ru,*

*Альшинайиин Х.Д.Д., haiderjjsh2000@yahoo.com*

*Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве (ФГБНУ ВНИИТuН)*

### **BARLEY PRODUCTION IN THE REPUBLIC OF IRAQ**

*Doctor of Engineering Sciences, Anashkin A.V., av-anashkin@mail.ru*

*Alshinayiin H.D.D., haiderjjsh2000@yahoo.com*

*All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture (FGBNU VNIITuN)*

**Аннотация.** Рассмотрена структура производства продукции растениеводства в республике Ирак. Отмечена высокая доля в ней, приходящаяся на производство ячменя. Проанализирована динамика его производства в период 2014–2020 гг. в разрезе регионов Ирака при возделывании с применением орошения и без него. Установлены сдерживающие факторы экспорта ячменя Ираком.

**Annotation.** The structure of crop production in the Republic of Iraq is considered. A high share in it, attributable to the production of barley, was noted. The dynamics of its production in the period 2014–2020 is analyzed. in the context of the regions of Iraq when cultivating with and without irrigation. Barley export deterrents by Iraq have been established.

**Ключевые слова:** ячмень, производство, Ирак, посевная площадь, урожайность.

**Keywords:** barley, production, Iraq, sown area, yield.

**Введение.** Ячмень – одна из древнейших зерновых культур, возделываемых человеком. Он занимает четвертое место, уступая кукурузе, рису и пшенице. Пик его производства в мире пришелся на 1991 г. и составил 170 млн. т. С того времени, этот показатель снизился до 132 млн. т. Ячмень используется для продовольственных, технических и кормовых целей, в том числе в пивоваренной промышленности, при производстве перловой и ячневой круп. Однако наибольшее применение ячмень получил в сельском хозяйстве. Во всем мире 70% производства ячменя используется в качестве корма для животных и птиц.

Список крупнейших производителей ячменя продолжительное время остается неизменным [1]. Республика Ирак занимает среди них 14 место.

### Результаты и их обсуждение.

Площадь Ирака составляет 435 052 км<sup>2</sup> (43,5 млн. га). Большая часть территории страны непригодны для использования в сельском хозяйстве из-за засушливости и засоления почв. Площади сельскохозяйственного назначения составляют 9,45 млн. га, из них около 4 млн. га используются в качестве пастбищ для овец и коз [2-3]. Таким образом, для выращивания сельскохозяйственных культур используется лишь около 12,5% площади Ирака. Структура производства продукции растениеводства в Ираке представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Производство сельхозпродукции в Ираке в 2019 году

Культура	Посевная площадь, тыс. га	Валовый сбор, тыс. т	Доля в структуре площади, %	Доля производства продукции, %
Пшеница	1582,8	4343,5	57,4	46,8
Ячмень	930,3	1518,5	33,8	16,4
Рис	127,7	574,7	4,6	6,2
Кукуруза	75,0	350,0	2,7	3,8
Финики	106,5	639,3	3,9	6,9
Масличные	15,5	10,6	0,6	0,1
Овощи	107,0	1271,7	3,9	13,7
Корнеплоды	14,0	392,3	0,5	4,2
Сахарная	19,5	38,0	0,7	0,4
Цитрусовые	101,6	139,7	3,7	1,5
Сумма*	2755,2	9278,3	100	100

\*Площади под рис и масличные культуры используются в течении года дважды, совместно с пшеницей или ячменем.

Возделываемые культуры делятся на озимые, которые выращиваются в зимний сезон, включая пшеницу, ячмень, кукурузу, и летние культуры, которые выращиваются в летний сезон, такие как рисунки

Из таблицы 1 видно, что основная доля в структуре растениеводства страны приходится на производство пшеницы и ячменя. На пшеницу приходится 46,8% от общего объема выращенной продукции в 2019 году, на ячмень –



16,4%. Доля производства ячменя сопоставима с уровнем производства всех культур, за исключением пшеницы и овощей.

Таблица 2 – Производство ячменя в Ираке в 2014-2020 гг.

Наименования показателя	Единица измерения	Годы	Ячмень	Изменение, %
Общая площадь	тыс. дунам/ тыс. га	2014	4632 / 1158	37,7
		2015	*1003 / 251	-78,3
		2016	**1062 / 266	5,9
		2017	**820 / 205	-22,8
		2018	**601 / 150	-26,7
		2019	***3721 / 930	519,0
		2020	4528 / 1132	21,7
Валовый сбор	тыс. тонн	2014	1278	27,4
		2015	*330	-74,2
		2016	**499	51,2
		2017	**303	-39,3
		2018	**191	-37,1
		2019	***1518	696,5
		2020	1756	15,6
Урожайность	кг/дунам/ ц/га	2014	275,8 / 11,0	-7,5
		2015	*328,7 / 13,1	19,1
		2016	**470,2 / 18,8	43,0
		2017	**369,4 / 14,8	-21,4
		2018	**317,1 / 12,7	-14,2
		2019	***408,1 / 16,3	28,7
		2020	387,8 / 15,5	-4,9

\* За исключением Курдистана и провинций: Найнава, Салах адДин, Анбар.

\*\* За исключением Курдистана и провинций: Найнава, Салах адДин, Анбар и АльХавиджа из провинции Киркук и некоторых деревень.

\*\*\* За исключением Курдистана и некоторых деревень в провинциях: Найнава, Киркук, Дияла, Анбар и Салах адДин.

Сельхозугодья в Ираке делятся на орошаемые и неорошаемые, которые в свою очередь подразделяются на земли с гарантированными, почти гарантированными и негарантированными осадками. Площадь орошаемых посевных площадей пшеницы в 2019 г. оценивалась в 4453 тыс. дунам или 1113,2 тыс. га (1 дунам = 2500 м<sup>2</sup>, 1 га = 4 дунам), что составляет 70,3%, в то время как площадь неорошаемых земель оценивалась в 1878 тыс. дунам (469,5 тыс. га), что составляет 29,7% от общей посевной площади, таблица 2.

Производство ячменя в Ираке в настоящее время занимает второе место после пшеницы. На протяжении 2014-2018 гг. наблюдалось ежегодное снижение площади выращивания ячменя. Она уменьшилась с 1158 тыс. га до 150 тыс. га – в 7,72 раза. Валовый сбор за этот период снизили с 1278 до 191 тыс. т. – в 6,69 раза, таблица 2.

Такое снижение производства ячменя объясняется общим спадом экономики Ирака и, в частности, сельского хозяйства в этот период, связанным с геополитической обстановкой и нестабильности в Ближневосточном регионе.

В зимний период 2019 года было собрано 1518 тыс. тонн ячменя, что в 7,9 раза больше, чем в 2018 году. Основная причина этого связана с возобновлением сельхозпроизводства в провинциях Найнава, Анбар, Салах-ад-Дин и округе Хавиджа в Киркуке, которые в 2015-2018 годах были парализованы боевыми действиями. В 2020 году собрано 1756 тыс. тонн, что свидетельствует об увеличении объема производства ячменя еще на 15,6%, рисунок 1.



Рисунок 1 – Производство ячменя в Ираке в 2014-2020 годах

Лидером по объему выращивания ячменя является провинция Найнава, в которой в 2019 г. произведено 1262 тыс. тонн, что составляет 83,1% от общего объема производства. Остальные провинции в сумме произвели 16,9%, таблица 3.

На неорошаемых землях в 2019 г. получено 1273 тыс. тонн, что составило 83,8% от всего собранного ячменя. Производство ячменя на орошаемых землях составило лишь 246 тыс. тонн, или 16,2%, таблица 4.

Таблица 3 – Показатели производства ячменя по регионам Ирака в 2019

году

Провинции	Посевная площадь, тыс. га				Валовый сбор, тыс. т	Доля от общего произ- водства, %	Средняя урожайность, ц/га	
	засеяно	убрано	поврежде- но	площадь зеленых кормов			на общей площади	на убранной площади
Найнава	759,9	746,6	13,3	-	1261906	83,1	16,6	16,9
Киркук	2,0	2,0	-	-	3564	0,2	17,6	17,6
Дияла	9,6	9,6	-	-	14460	1,0	15,0	15,0
Анбар	0,8	0,6	0,1	0,1	1031	0,1	13,7	17,3
Багдад	2,1	2,0	0,0	0,1	4772	0,3	22,5	24,2
Вавилон	5,9	4,8	-	1,2	9657	0,6	16,3	20,3
Карбела	2,0	1,6	0,0	0,4	2579	0,2	12,8	16,3
Васит	23,3	23,3	-	0,0	36244	2,4	15,6	15,6
Салах адДин	2,4	1,9	0,1	0,3	4332	0,3	18,4	22,6
Наджаф	0,8	0,8	-	0,0	1629	0,1	19,5	19,7
АльКадисия	41,7	41,75	-	-	78787	5,2	18,9	18,9
АльМутина	30,1	30,0	0,1	-	52450	3,5	17,4	17,5
ДхиКар	21,4	21,3	0,0	0,1	29485	1,9	13,8	13,8
Миссан	28,2	11,1	16,4	0,7	17575	1,2	6,2	15,8
АльБасра	0,1	-	-	0,1	-	-	-	-
Сумма	930,3	897,2	30,2	2,9	1518471	100	16,3	16,9

Символ (-) означает ноль или почти ноль

Средняя урожайность по общей засеянной площади при орошаемом способе возделывания оказалась даже ниже, чем при возделывании в естественных условиях и составила 15,1 ц/га. Некоторая часть посевов ячменя используется для выпаса скота и заготовки зеленого корма.

Таблица 4 – Посевная площадь, средняя урожайность и валовый сбор ячменя в 2019 году

Способ возделывания	Посевная площадь, тыс. га				Валовый сбор, тыс. тонн	Средняя урожайность, ц/га	
	засеяно	убрано	поврежде- но	площадь зеленых кормов		на общей площади	на убранной площади
Орошаемый	162,7	143,8	16,0	2,9	245,7	15,1	17,1
Неорошаемый	767,6	753,4	141,7	-	1272,8	16,6	16,9
Сумма	930,3	897,2	30,1	2,9	1518,5	16,3	16,9

Символ (-) означает ноль или почти ноль

Всего посевные площади ячменя в 2019 году составили 3721 тыс. дунамов (930,3 тыс. га.), что в 6,19 раза больше, чем было в предшествующем периоде (601 тыс. дунам или 150,3 тыс. га). Распределение площадей возделывания ячменя по регионам Ирака представлено на рисунке 2.



Рисунок 2– Распределение посевов ячменя по территории Ирака в 2019 году

В 2019 году урожай ячменя собрали с 3589 тыс. дунам (897,2 тыс. га), что составляет 96,4% от общей площади, засеянной ячменем. Доля площади неорошаемых земель, возделываемых под ячменем составляет 82,5% (3070 тыс. дунам или 767,5 тыс. га), в то время как площадь орошаемых земель составила 651 тыс. дунам (162,8 тыс. га) или 17,5% от общей посевной площади ячменя.

Средняя урожайность ячменя для зимнего периода 2019 года, рассчитанная на общую засеянную площадь, составила 408,1 кг/дунам (16,3 ц/га), что на 28,7% превышает показатель в 2018 году, когда она составляла 317,1 кг/дунам (12,7 ц/га), рисунок 3.

В 2019 году было получено 3489 тыс. тонн ячменной соломы с площади 897,2 тыс. га при ее урожайности 38,9 ц/га.

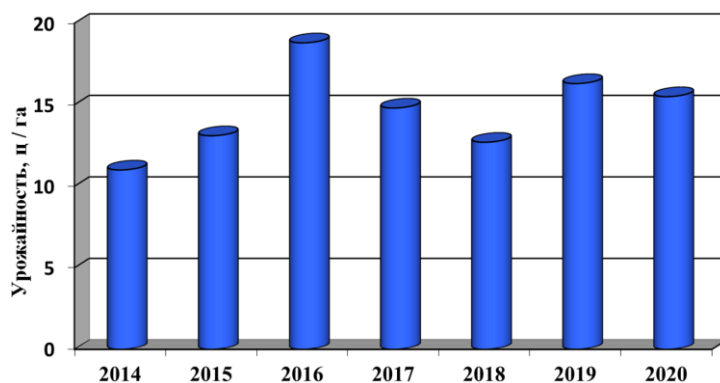


Рисунок 3 – Урожайность ячменя в 2014-2020 годах

Структура производства ячменя с учетом орошения по регионам Ирака в 2019 г. представлена в таблицах 5 и 6.

Таблица 5 – Показатели производства ячменя на неорошаемых землях по регионам в 2019 году

Провинции	Посевная площадь, тыс. га				Валовый сбор, тыс. тонн	Средняя урожайность, ц/га	
	засеяно	убрано	повреждено	площадь зеленых кормов		на общей площади	на убранной площади
Найнава	759,8	746,6	13,2	-	1261,8	16,6	16,9
Киркук	1,4	1351,75	-	-	2,0	14,9	14,9
Дияла	0,5	0,5	-	-	0,6	10,6	10,6
Васит	0,1	0,1	-	-	0,2	14,9	14,9
Салах адДин	0,4	0,4	0,0	-	0,7	16,4	17,3
АльКадисия	3583	3,5	-	-	6,1	17,5	17,5
АльМутина	0,3	0,3	-	-	0,4	11,1	11,1
Мисан	1,4	0,6	0,8	-	0,9	6,2	16,0
Сумма	767,6	753,4	14,2	-	1272,8	16,6	16,9

Символ (-) означает ноль или почти ноль

Из таблиц 5 и 6 видно, что в одних и тех же районах практикуют выращивание ячменя, как с использованием искусственного орошения, так и в условиях естественных осадков. Неорошаемых земель значительно больше, однако, в большинстве регионов средняя урожайность ячменя значительно выше при возделывании культуры с искусственным поливом.

Таблица 6 – Показатели производства ячменя на орошаемых землях по регионам в 2019 году

Провинции	Посевная площадь, тыс. га				Валовый сбор, тыс. тонн	Средняя урожайность, ц/га	
	засеяно	убрано	повреждено	площадь зеленых кормов		на общей площади	на убранной площади
Найнава	0,04	0,04	-	-	0,1	15,5	15,5
Киркук	0,7	0,7	-	-	1,6	23,1	23,1
Дияла	9,1	9,1	-	-	13,9	15,3	15,3
Анбар	0,8	0,6	0,1	0,1	1,0	13,7	17,3
Багдад	2,1	2,0	0,0	0,1	4,8	22,5	24,2
Вавилон	5,9	4,8	-	1,1	9,7	16,3	20,3
Карбела	2,0	1,6	0,0	0,4	2,6	12,8	16,3
Васит	23,1	23,1	-	0,0	36,0	15,6	15,6
Салах адДин	1,9	1,5	0,1	0,3	3,6	18,8	24,1
Наджаф	0,8	0,8	-	0,0	1,6	19,5	19,7
АльКадисия	38,2	38,2	-	-	72,7	19,0	19,0
АльМутина	29,8	29,6	0,2	-	52,1	17,5	17,6
ДхиКар	21,4	21,3	0,0	0,1	29,5	13,8	13,8
Миссан	26,7	10,5	15,5	0,7	16,7	6,2	15,8
АльБасра	0,1	-	-	0,1	-	-	-
Сумма	162,7	143,8	16,0	2,9	245,7	15,1	17,1

Символ (-) означает ноль или почти ноль

**Выводы.** Ячмень в Ираке в основном используется для переработки в крупу и в качестве корма для животных. Превышение потребности Ирака в ячмене в 2019 году составило 900 тыс. тонн. Однако его экспорт существенно ограничен из-за низкого качества зерна. Остается высоким показатель содержания сорных примесей, что связано с высокой засоренностью полей, низким качеством используемого посевного материала и несовершенством средств подработки свежубранного зерна, применяемых в сельхозпредприятиях Ирака. В связи с этим возникает необходимость модернизации применяемых зерноочистительных технологий [4-7], в частности триерной очистки зерна и семян ячменя.

#### Литература

1. ТОП-15 стран-производителей ячменя [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://eldala.kz/rating/354-top-15-stran-proizvoditelej-yachmenya?>

2. Производство продукции растениеводства в Ираке [Электронный ресурс] - <https://knoema.ru/atlas/Ирак/topics/Сельское-хозяйство/Производство-растениеводства>
3. Экономика Ирака. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org>
4. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. Модернизация импортных зерноочистительных технологий // Наука в центральной России. 2019. № 4 (40). С. 12-18.
5. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. Новые резервы управления качеством очистки зерна // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Международной научно-технической конференции: в 3-х т. 2014. С. 266-272.
6. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. Модернизация технологий подработки зерна на базе средств управления массовыми потоками // Наука в центральной России. 2014. № 2 (8). С. 35-41.
7. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В., Емельянович С.В. Обеспечение качества триерной очистки зерна за счёт авторегулирования режимов работы // Вестник АПК Верхневолжья. 2021. № 4 (56). С. 67-75.

УДК 631.354.2

***РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ МОЛОТИЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ  
ОБМОЛОТА ВОРОХА***

*Козлов С.И.*

*УО «БГСХА», Республика Беларусь, г. Горки*

*Будко С.И.*

*ФГБОУ ВО «БГАУ», Россия, г. Брянск*

***DEVELOPMENT OF THE DESIGN OF A  
THRESHING DEVICE FOR THRESHING A HEAP***

*Kozlov S.I.*

*BGSHA, Republic of Belarus, Gorki*

*Grin A.M., Budko S.I.*

*BGAU, Russia, Bryansk*

**Аннотация.** Для предотвращения забивания барабана молотильного устройства растительной массой, увеличения производительности молотильного устройства, снижения травмирования семян было разработано молотильное устройство вальцового типа с эластичной рабочей поверхностью.

**Annotation.** In order to prevent the drum of the threshing device from clogging with plant mass, increase the productivity of the threshing device, and reduce injury to seeds, a roller-type threshing device with an elastic working surface was developed.

**Ключевые слова:** зерноуборочный комбайн, молотильное устройство, барабан, обмолот вороха.

**Keywords:** combine harvester, threshing device, drum, threshing heap.

Ворох в процессе движения комбайна по полю захватываются граблинами мотовила, срезаются режущим аппаратом и затем поступают к шнеку жатки.

Шнек спиральями правого и левого направления подает ворох к центру жатки. Пальчиковый механизм шнека захватывает подобранную массу и

направляет её в окно жатки, из которого масса отбирается битером и подаётся в наклонную камеру.

Далее цепочно-планчатым транспортёром масса подаётся непосредственно в молотильный аппарат. Здесь она обмолачивается с выделением большей части семян. Соломистая фракция, содержащая, после обмолота часть семян, на выходе из молотильного аппарата под острым углом отражается отбойным битером на сепаратор вороха соломотряса [1, 2]. Здесь она разделяется на две фракции: соломы и семенного вороха. Вторая фракция подаётся на транспортную доску и вместе с семенным ворохом, выделенным в молотильном аппарате, поступает в сепаратор зернового вороха – очистку [3].

В процессе движения вороха по решёткам очистки, обдуваемым вентилятором, семена отделяются от соломистых примесей. Далее поступают по скатной доске нижнего решётного стана в зерновой шнек и транспортируется элеватором в автомобили или прицепы поворотным выгрузным шнеком.

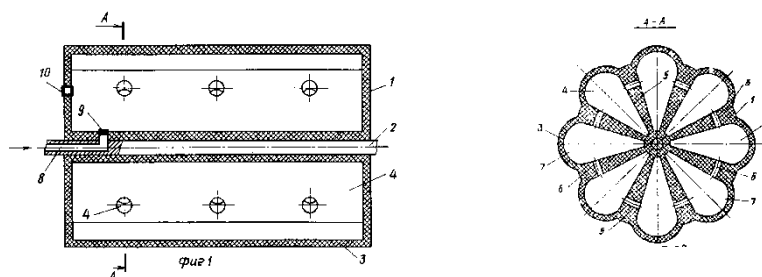
Необмолоченные соцветия с примесью свободных семян и половы, сходящие в колосовой шнек с нижнего решета и удлинителя верхнего решета, перемещаются шнеком и элеватором в домолачивающее устройство.

Соломистые сходы очистки воздушным потоком и возвратно-поступательным движением жалюзийных решёт выводятся на лоток полово-набивателя, который подаёт их в камеру копнителя или в шнек половоотборщика-измельчителя [4].

Предлагаемый барабан молотильного устройства (рисунок 1) состоит из корпуса 1 и рабочих органов 3. Корпус 1 и рабочие органы 3 выполнены в виде единого замкнутого блока из упругого материала, в котором выполнены полости 4 в виде секций, образующих с боковыми стенками 5 единую сообщающуюся систему посредством сквозных воздухопроводящих каналов 6. Воздух в полости 4 нагнетается компрессором через канал, выполненный в теле вала барабана, и впускной клапан. Для частичного выпуска воздуха из полостей 4 на торцевой стороне корпуса 1 предусмотрен предохранительный клапан. Компрессор, канал в теле вала, впускной клапан и предохранительный



клапан в совокупности с полостями 4 образуют воздушную систему, обеспечивающую изменение давления воздуха в полостях 4 для лучшего преодоления перегрузок при неравномерном поступлении растительной массы в молотильное устройство.



1 – корпус; 2 – вал; 3 – рабочий орган; 4 – полости в виде секций; 5 – боковая стенка; 6 – сквозной воздухопроводящий канал; 7 – стенка; 8 – центральный подводящий воздушный канал; 9 – впускной клапан; 10 – клапан.

Рисунок 1 - Схема барабана молотильного устройства с эластичной рабочей поверхностью

Принцип действия молотильного устройства. В начале разгона барабана воздух от компрессора по каналу 8 через впускной клапан 9 нагнетается в полости 4, проходит по каналам 6, создавая в системе рабочее давление. Внутренние силы равномерно действуют по всей плоскости стенок 7, что делает упругим рабочие органы. Впускной клапан 9 закрывается. При этом барабан вращается в заданном режиме с постоянной угловой скоростью [5].

При поступлении слоя массы рабочие органы 3 воздействуют на нее. В случае неравномерного по толщине слоя рабочие органы 3 копируют его при необходимости, во избежание заклинивания. Часть воздуха при этом выходит через клапан 10. В случае кратковременных перегрузок движение барабана замедляется и рабочие органы 3 копируют сгруженный участок. Объем полостей 4 изменяется. Избыточный воздух выходит через клапан 10. Давление падает, уменьшается инерция барабана. Это дает возможность преодолеть перегрузку. Затем клапан 10 закрывается. Открывается впускной клапан 9 и вос-

становливается рабочее давление. Аналогично преодолевается перегрузка, вызванная попаданием инородного тела.

Методика расчета рабочих органов молотильного устройства вальцового типа с эластичной рифленой рабочей поверхностью предусматривает определение значений следующих параметров:

- а) пропускной способности молотильного аппарата;
- б) частоты вращения вальца;
- в) показателя кинематического режима вальца.

При определении вышеуказанных параметров рабочего органа вальцового типа в качестве исходных данных использовались агробиологические особенности семенного вороха трав, а также результаты исследований его физико-механических свойств [6].

Величину молотильного зазора между вальцом и декой определяли исходя из условия обеспечения максимальной степени выделения семян и минимального их травмирования, по зависимости:

$$\delta = R(\cos\theta - 1) + r_k \cos\varphi \quad (1)$$

где  $R$  – средний радиус вальцов, м;

$\theta$  – угол захвата вальцом частицы материала, град;

$r_k$  – средний радиус коробочки льна, м;

$\varphi$  – угол трения обрабатываемого материала о рабочую поверхность вальцов, град.

Величину пропускной способности молотильного аппарата определим исходя из средней скорости вращения первых вальцов:

$$q_B \leq q_M \quad (2)$$

где  $q_B$  – подача семенного вороха льна в молотильный аппарат в

единицу времени на единицу длины поверхности вальцов, кг/с·м;

$q_M$  – пропускная способность молотильного аппарата вальцового типа, кг/с·м.

С некоторым допущением, принимаем:

$$V_{cp} = \frac{1}{2} \left[ \omega'_1 \left( R_1 + \frac{h}{2} \right) + \dots + \omega'_n \left( R_n + \frac{h}{2} \right) \right] \quad (3)$$

$$V_{cp} = \frac{1}{2} \left[ 52,3 \left( 568 + \frac{4}{2} \right) + 136 \left( 749 + \frac{4}{2} \right) \right] = 30$$

где  $V_{cp}$  – средняя скорость движения вороха в зоне обмолота, м/с

Частоту вращения вальца определяли из условия отсутствия сгуживания вороха в зоне обмолота и устойчивого протекания процесса обмолота

$$\omega = \frac{30 \cdot q_M}{\pi \cdot R \cdot \delta \cdot \gamma \cdot l \cdot \varepsilon \cdot \mu} \quad (4)$$

где  $q_M$  – пропускная способность молотильного устройства, кг/с;

$l$  – длина образующей рабочей поверхности вальца, м;

$\varepsilon$  – коэффициент, учитывающий использование ширины молотильного зазора вальцов;

$\eta$  – коэффициент, учитывающий буксование вальцов по массе

В нашем случае длина образующей поверхности вальца  $l$  равна:

$$l = L \cdot r \cdot \frac{\pi}{2} \quad (5)$$

где  $n_p$  – число выступов и впадин на рабочей поверхности вальцов, шт.;

$r$  – радиус закругления выступов и впадин, м.

Тогда:

$$\omega = \frac{30 \cdot q_M}{\pi^2 \cdot R \cdot \delta \cdot \gamma \cdot n_p \cdot r \cdot \varepsilon \cdot \mu} \quad (6)$$

Определим производительность молотильного аппарата.

Обмолот производится молотильным аппаратом, состоящим из двух вальцов, имеющих криволинейную рабочую поверхность

Тогда их производительность, в общем случае, определится по формуле:

$$q = V_{\text{cp}} \cdot S \cdot \rho = V_{\text{cp}} \cdot a \cdot l \cdot \rho, \quad (7)$$

где  $V_{\text{cp}}$  – средняя скорость вращения валцов принимающих материал

$$V_{\text{cp}} = \frac{V_1 + V_2}{2} = \frac{28,26 + 30,1}{2} = 29,2 \quad (8)$$

$\rho = 0,69 \text{ кг/м}^3$  – плотность материала

$$l = L \cdot r \cdot \frac{\pi}{2} = 1200 \cdot \frac{3,14}{2} = 1884 \text{ мм} - \text{длина линии контакта}$$

валцов с обрабатываемым материалом

$a = 150 \dots 160 \text{ мм}$  – толщина подаваемого на обмолот слоя

соломистой массы

Пропускная способность молотильного аппарата:

$$q = \frac{29,2 \cdot 160 \cdot 1884 \cdot 0,69}{10^6} = 8,59 \text{ кг/с}$$

Одним из важнейших показателей технологического процесса обмолота семенного вороха является его энергоемкость. Определение величины мощности, необходимой для обмолота семенного вороха трав молотильным устройством валцового типа с эластичной рабочей поверхностью.

$$P_i = \omega_i \cdot T_i \quad (9)$$

где  $T_i$  – крутящий момент валца, Нм

$$T_i = T_{\text{пс}} - T_{\text{ui}} \quad (10)$$

где  $T_{\text{пс}}$  – момент сил на валу, возникающий от сил полезного сопротивления.

$$T_{\text{пс}} = F_i \cdot \omega_i \quad (11)$$

где  $F_i$  – касательная сила на валу, от трения валца по стеблям, Н;

$$F_i = N_i \cdot \text{tg} \varphi \quad (12)$$

где  $N_i$  – сила реакции действующая на материал со стороны валца

$$N_i = q \cdot S = q \cdot 4 \cdot l \cdot a \quad (13)$$

где  $q = 0,3 \text{ Н/мм}^2$  – распределенная нагрузка

$S$  - площадь контакта вальца с обмолачиваемым материалом, мм.

$l = 1800$  мм - длина линии контакта рабочей поверхности вальца с обмолачиваемым материалом;

$a = 1,87$  мм - ширина контакта рабочей поверхности вальца с обмолачиваемым материалом (зона эффективного обмолота);

$\text{tg}\varphi = 0,85$ ,  $\varphi = 40,36^\circ$  - угол трения резины по соломе;

$R=0,27$  - радиус вальца

Кроме сил полезного сопротивления, на вал действуют силы инерции маховых масс. При допущении, что валец представлен в виде однородного цилиндра, силы инерции  $T_{ui}$  определим по формуле:

$$T_u = \frac{I_z \cdot \omega^2}{2} = \frac{m \cdot R^2 \cdot \omega^2}{2} \quad (14)$$

где  $m = 20$  кг - масса вальца;

$R=0,27$  - радиус инерции вальца (принимая валец как однородный цилиндр);

$\omega=15,22$  с<sup>-1</sup> угловая скорость вращения вальца

В общем виде сопротивление на валу можно записать как:

$$T = q \cdot l \cdot a \cdot \text{tg}\varphi \cdot r - \frac{m \cdot R^2 \cdot \omega^2}{2} \quad (15)$$

Тогда уравнение:

$$P = \omega \cdot N \cdot \text{tg}\varphi \cdot r \quad (16)$$

Мощность необходимая для обмолота семенного вороха трав составит 2,0 кВт.

Предлагаемые рекомендации по совершенствованию конструкции молотильного устройства зерноуборочного комбайна позволяют оптимизировать его конструктивно-режимные параметры, как на стадии проектирования, так и при

доработке имеющихся в хозяйствах устройств, что позволит снизить затрат его энергии, улучшить качество обмолота вороха.

### Литература

1. Козлов С.И., Кузюр В.М. Результаты отсеивающих экспериментов по изучению процесса экспандирования // Конструирование, использование и надежность сельскохозяйственных машин: материалы научно-практ. конференции. Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2018. № 1(17). С. 38-44.
2. Козлов С.И., Кузюр В.М. Результаты однофакторных поисковых экспериментов по изучению процесса экспандирования // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сборник научных работ. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2017. С. 211-219.
3. Козлов С.И., Кузюр В.М. Использование экспандера для переработки зерна ржи с целью повышения качества производства комбикормов // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сборник научных работ. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2019. № 1 (18). С. 281-287.
4. Анализ машин для посева пропашных культур под мульчирующую пленку / В.И. Коцуба, К.Л. Пузевич, В.В. Пузевич, В.М. Кузюр // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сборник научных работ. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2020. № 1 (19). С. 107–113.
5. Влияние скорости сетчатого транспортера на его сепарирующую способность / В.Н. Ожерельев, В.В. Никитин, Н.В. Синяя, В.М. Кузюр, А.Е. Кузнецов // Тракторы и сельхозмашины. 2019. № 5. С. 67-73.
6. Исследование процесса сепарации очесывания зернового вороха на сетчатой ячеистой поверхности / В.Н. Ожерельев, В.В. Никитин, Кузюр В.М., А.Е. Кузнецов // Вестник НГИЭИ. 2019. № 3 (94). С. 18-28.

УДК 631.354.2

## ***ОСОБЕННОСТЬ НАСТРОЙКИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА ДЛЯ УБОРКИ МЕЛКОСЕМЕННЫХ КУЛЬТУР***

*Козлов С.И.*

*УО «БГСХА», Республика Беларусь, г. Горки*

*Кузюр В.М.*

*ФГБОУ ВО «БГАУ», Россия, г. Брянск*

***FEATURE OF SETTING UP A GRAIN  
HARVESTER COMBINE HARVESTER FOR  
HARVESTING SMALL-SEEDED CROPS***

*Kozlov S.I.*

*BGSHA, Republic of Belarus, Gorki*

*Kuzyur V.M., Kiseleva L.S.*

*BGAU, Russia, Bryansk*

**Аннотация.** При уборке семенников бобовых и злаковых трав переоборудованным комбайном, снижаются потери семян и повышается их чистота. Это достигается интенсифи-

кацией вытирающего действия молотильного аппарата и домолачивающего устройства комбайна, улучшением работы очистки и сепарации семян мелкозерновых культур, уменьшением воздушного потока вентилятора. Составные части приспособления монтируются на комбайн непосредственно в хозяйствах.

*Annotation.* When harvesting the testes of legumes and cereals with a converted combine harvester, seed losses are reduced and their purity increases. This is achieved by intensifying the wiping action of the threshing machine and the threshing device of the combine, improving the cleaning and separation of seeds of small-seed crops, reducing the airflow of the fan. The components of the device are mounted on the combine directly in the farms.

**Ключевые слова:** зерноуборочный комбайн, уборка, переоборудование, травмирование семян, потери.

**Keywords:** combine harvester, harvesting, re-equipment, injury of seeds, losses.

Длительное время основу комбайнового парка республики составляли зерноуборочные комбайны ПО «Ростсельмаш» СК-5М «Нива» и Дон-1500, которые до сих пор используются в хозяйствах. Вместе с тем более широкое применение получают новые зерноуборочные комбайны различных типов [1, 2, 3].

Таблица 1 – Характеристика зерноуборочных комбайнов производства Республики Беларусь

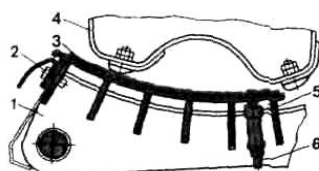
Марка комбайна	Пропускная способность по хлебной массе, кг/с	Ширина жатки, м	Мощность двигателя, л.с.	Объем бункера, не менее м <sup>3</sup>	Ширина молотильного барабана, мм
КЗС-5 «ПАЛЕССЕ GS05»	5,0	4; 5	180	4,5	1200
КЗС-7 «ПАЛЕССЕ GS07»	7,0	5; 6	210	5	1200
КЗС-812 «ПАЛЕССЕ GS812»	8,0	5; 6; 7	230	6	1200
КЗС-10К «ПАЛЕССЕ GS10»	10,0	6; 7	230	7	1500
КЗС-1218 «ПАЛЕССЕ GS12»	12,0	6; 7	330	8	1500
КЗС-1420 «ПАЛЕССЕ GS14»	14,0	9,2	400	9	1700
«Лида-1300»	8-9	5; 6; 7	260	6,3	1300

На предприятиях Республики Беларусь успешно реализуются планы производства новых зерноуборочных комбайнов высокого технического уровня. Так, завод «Лидагропромаш» совместно с фирмой CASE IH наладил производство комбайна Лида-1300, Лида-1600 [1]. Производственное объединение «Гомсель-

маш» выпускает многоцелевой зерноуборочный комплекс КЗР-10 и КЗР-12 «ПАЛЕССЕ GS12R» на базе универсального энергетического средства, а также линейку самоходных зерноуборочные комбайны КЗС-7 «ПАЛЕССЕ GS07», КЗС-812 «ПАЛЕССЕ GS812», КЗС-10К «ПАЛЕССЕ GS10» и КЗС-1218 «ПАЛЕССЕ GS12», выполненный по классической схеме (таблица 1) [4].

Приспособление для уборки семенников трав состоит из: терочной наклад-ки в подбарабанье молотильного аппарата, терочной колодки, сменных пробивных решет с отверстиями диаметром 2,5 мм и 3,5 мм и комплекта заслонок для уменьшения скорости воздушного потока вентилятора очистки.

**Терочная накладка в подбарабанье** (рисунок 1) служит для лучшего вытирания семян в молотильном аппарате при уборке семенников бобовых трав и уменьшения выделения пыжины через решетку деки.



1 – подбарабанье; 2 и 6 – болты; 3 – терочная накладка; 4 – барабан; 5 – упор

Рисунок 1 – Переоборудование подбарабанья для уборки семенников трав

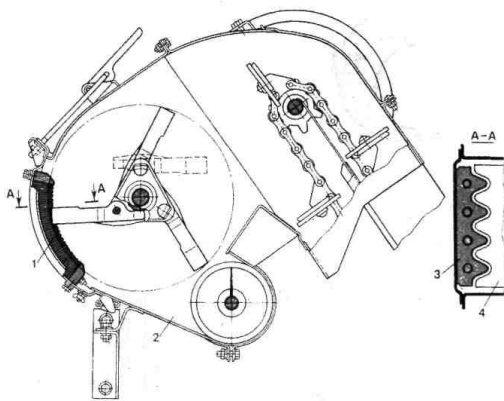
Терочную накладку крепят в начале подбарабанья 1 с помощью болтов 2 и монтируют дополнительно к решетке деки болтами 6 через упоры 5. Рабочая поверхность накладки образована большим числом прямоугольных полос сечением 4×25 мм, приваренных с шагом 24 мм к основанию [5, 6]. Зазор между бичами барабана и планками переоборудованного подбарабанья должен быть на входе 12...14 мм, а на выходе – 2...4 мм.

Во избежание поломок накладки деки вследствие возможного касания молотильным барабаном терочной поверхности и срывания планок при монтаже и эксплуатации необходимо после монтажа накладки деки установите зазоры: а) на выходе деки – 2...3 мм; б) на выходе терки – 2...4 мм; в) на входе терки – 10 мм. После этого проверяется отсутствие касания барабаном терочной поверх-



ности накладки и самой деки, проворачивая барабан вручную и на холостом ходу на максимальной частоте вращения [7].

**Терочная колодка** (рисунок 2) выполнена в виде набора металлических и эластичных планок из прорезиненного ремня. В процессе работы лопасти 4 домолачивающего устройства своими выступами взаимодействуют с фигурными кромками планок 3 и вытирают семена из пыжины, содержащейся в колосовом ворохе.



1 – терочная колодка; 2 – домолачивающее устройство; 3 – планка; 4 – лопасть

Рисунок 2 – Переоборудование домолачивающего устройства для уборки семенников трав

**Сменные решета 2** (рисунок 3) сварные, подлежат установке вместо нижнего жалюзийного решета комбайна и предназначены для улучшения сепарирования семян, а также схода невытертой пыжины в колосовой шнек.

1 – нижний решетный стая; 2 – сменное решето

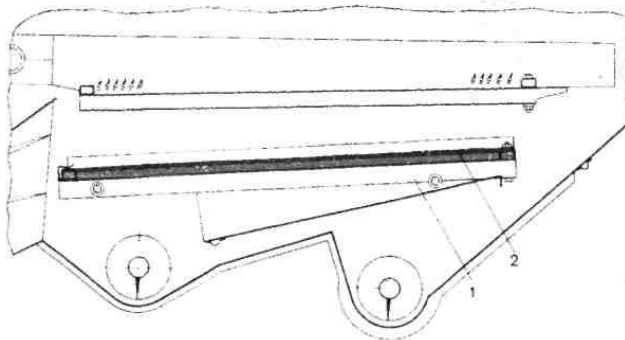
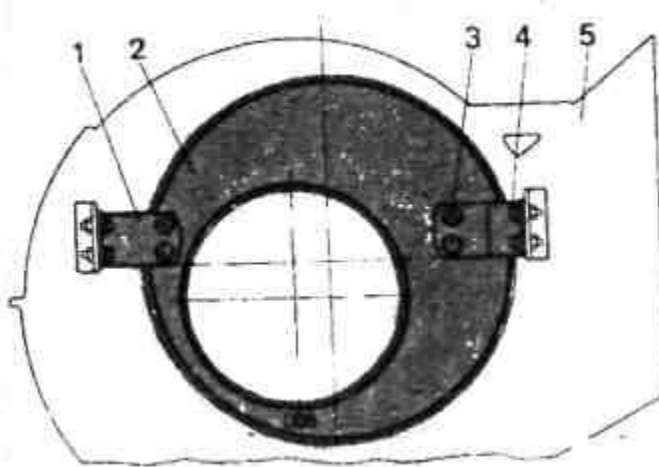


Рисунок 3 – Переоборудование нижнего решетного стана для уборки семенников трав

Нижний решетный стан переоборудуют в такой последовательности. Снимают лоток половонабивателя, демонтируют жалюзийное решето и на его место устанавливают необходимые сменные решета. Если убирают высокоурожайные участки с крупными семенами, то крепят решето с диаметром отверстий 3,5 мм, а в остальных случаях – 2,5 мм.

**Заслонки 2** (рисунок 4), дросселирующие входные окна вентилятора 5, монтируют на боковины вентилятора с помощью болтов 3 и 4 и переходных кронштейнов 1.



1 – кронштейн; 2 – заслонка; 3 и 4 – болты; 5 – вентилятор

Рисунок 4 – Заслонки вентилятора для уборки семенников трав

После установки приспособления регулировкой агрегата сводят к минимальному уровню потери семян из-за осыпания их на корню и вымолота мотилом при уборке перестоявшихся семенников, неполного вымолачивания, недостаточно полной сепарации семян.

Степень травмирования семян в процессе обмолота зависит от частоты вращения молотильного барабана (чем она больше, тем выше травмирование семян), от влажности стеблестоя (чем выше влажность), тем больше они травмируются, хотя дробление при этом уменьшается, от видовых и сортовых особенностей семенников (наиболее легко обрушиваются семена тимopheевки и овсяницы), от скорости подачи скошенной массы в молотильный аппарат (с увеличением подачи массы степень травмирования семян снижается), от величины

зазоров между барабаном и подбарабаньем (при увеличении зазоров травмирование уменьшается).

При настройке сепарирующих органов комбайна и приспособления следует тщательно регулировать воздушный поток вентилятора. Наклон корпуса удлинителя грохота устанавливаются в среднем положении, иначе масса может им задерживаться.

Во время работы следить за нормальными условиями эксплуатации комбайна и приспособления, а также своевременно проводить техническое обслуживание и необходимые регулировки (таблица 2).

При выборе метода уборки следует учитывать состояние и полеглость стеблестоя, степень созревания семян и их влажность.

Семенники бобовых трав можно убирать прямым или отдельным комбайнированием. В обоих случаях необходимо работать в сухую солнечную погоду и дневные часы, что обеспечивает хороший вымолот семян и позволяет сократить их потери [8].

При уборке в неблагоприятных погодных условиях или при запаздывании со скашиванием убираемых культур рекомендуется применять двукратное комбайнирование: в первый проход комбайна с пониженной частотой вращения молотильного барабана, а также увеличенными зазорами между бичами барабана и планками подбарабанья вымолачиваются зрелые семена, а обмолоченный ворох направляется в валки для подсушки и дозревания невымолоченных семян, после чего производится повторный обмолот этой массы комбайном, оборудованным подборщиком при обычных технологических зазорах и частоте вращения молотильного барабана.

Таблица 2 – Настройки зерноуборочного комбайна КЗС-10К для уборки семенников трав

Культура	Частота вращения молотильного барабана, мин <sup>-1</sup>	Зазоры между декой и молотильным барабаном, мм		Частота вращения вентилятора, мин <sup>-1</sup>	Открытие жалюзи верхнего решета, мм	Тип нижнего решета, размер отверстий, мм
		на входе	на выходе			
Клевер	850...950	7...18	2...4	275...600	6...8	пробивное, Ø2,5; Ø4

Продолжение таблицы 2

Тимофеевка луговая	700...850	7...18	6...8	275...400	5...6	пробивное, Ø2,5; Ø4
Ежа сборная	700...800	7...18	5	275...400	10...11	жалюзийное, 5...6
Овсяница луговая	680...780	12...18	3	275...400	10...11	жалюзийное, 5...6
Райграс пастбищный	700...800	12...18	3	275...400	10...11	жалюзийное, 5...6
Кострец безостый	650...800	14...20	8...9	275...400	10...11	жалюзийное, 5...6
Зазоры между декой и барабаном на входе барабана ускорителя, мм						22...24
Зазоры между терочной колодкой и лопастью домолачивающего барабана, мм						2...3

Семенники злаковых трав можно убирать теми же методами, что и семенники бобовых, но при этом следует помнить, что семена злаковых трав легко осыпаются, и отдельную уборку следует проводить очень осторожно.

При уборке тимopheевки луговой необходимо применить двойной обмолот, в результате второго обмолота можно получить еще почти 30 % семян.

Успешное и эффективное использование сложных и дорогостоящих комбайнов возможно только при условии высокого уровня подготовки комбайнеров и соблюдения всех правил эксплуатации и технического обслуживания.

### Литература

1. Клочков А.В., Попов В.А., Адашь А.В. Комбайны зерноуборочные зарубежные. Минск, 2000. 192 с.
2. Эффективность использования МТА на посевах зерновых культур / А.Е. Улахович, Н.В. Улахович, В.М. Кузюр, С.И. Будко, В.И. Самусенко // Состояние, проблемы и перспективы развития современной науки: сборник научных трудов национальной научно-практической конференции. 2021. С. 133-138.
3. Обзор и сравнительная оценка конструкций почвообрабатывающих агрегатов / С.И. Будко, В.М. Кузюр, Л.С. Киселева, В.Г. Ковалев, С.И. Козлов // Инновации и технологический прорыв в АПК: сборник научных трудов международной научно-практической конференции. 2020. С. 223-229.
4. Клочков А.В., Попов В.А., Адашь А.В. Зерноуборочные комбайны: учеб. пособие для учащихся проф.-техн. учеб. заведений. Минск: Дизайн ПРО, 2004. 240 с.
5. Повышение ресурса деталей из средне- и высокоуглеродистых сталей упрочнением их сварочным армированием / А.М. Михальченко, Д.А. Капошко, С.И. Будко, М.М. Пехтерев // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2005. № 1 (4). С. 151-155.
6. Структура и свойства одно- и двухслойной износостойкой наплавки при восстановлении деталей / А.М. Михальченко, И.В. Козарез, С.И. Будко, А.П. Ковалев // Упрочняющие технологии и покрытия. 2012. № 1 (85). С. 30-32.
7. Совершенствование конструкции приспособления для проведения ускоренных испытаний материалов на стойкость к абразивному изнашиванию / А.М. Михальченко, В.А. Денисов, С.И. Будко, М.А. Михальченкова // Технология металлов. 2015. № 12. С. 31-34.
8. Повышение эффективности работы соломоизмельчителя комбайна / С.И. Будко, В.М. Кузюр, А.Е. Кузнецов, А.Н. Чайчиц // Сельский механизатор. 2020. № 7. С. 7-9.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Петровец В.Р., Гайдуков В.А.</b> <i>ВЛИЯНИЕ ПРИКАТЫВАЮЩИХ КАТКОВ СОШНИКОВ НА ПЛОТНОСТЬ ПОЧВЫ СЕМЕННОГО ЛОЖА</i>	5
<b>Козлов С.И., Бортник С. А., Кузюр В.М.</b> <i>ЭКСПЛУАТАЦИОННОЕ СОДЕРЖАНИЕ И СУЩНОСТЬ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ СОВРЕМЕННОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ</i>	10
<b>Петровец В.Р., Амеличев В.В., Кузюр В.М.</b> <i>ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ПОСЕВА ЛЬНА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СЕЯЛКИ С ДВУХДИСКОВЫМИ СОШНИКАМИ</i>	19
<b>Петровец В.Р., Курзенков С.В., Греков Д.В.</b> <i>ОБЗОР И АНАЛИЗ ОДНОДИСКОВЫХ СОШНИКОВ С НУЛЕВЫМ УГЛОМ АТАКИ ДИСКА С СИММЕТРИЧНЫМИ РЕБОРДАМИ-БОРОЗДКООБРАЗОВАТЕЛЯМИ ДЛЯ УЗКОРЯДНОГО ПОСЕВА</i>	27
<b>Петровец В.Р., Греков Д.В.</b> <i>ВАРИАНТЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР СЕЯЛКАМИ С ДИСКОВЫМИ СОШНИКАМИ</i>	37
<b>Петровец В.Р., Греков Д.В., Кузюр В.М.</b> <i>ДИСКОВЫЕ СОШНИКИ ДЛЯ РАБОТЫ НА ПОВЫШЕННЫХ СКОРОСТЯХ С РАВНОМЕРНОЙ ЗАДЕЛКОЙ СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР»</i>	44
<b>Астахов В.С., Иванчиков Г.О.</b> <i>К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ КАТУШЕЧНО-ЖЕЛОБЧАТОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА ДЛЯ ВЫСЕВА ГРАНУЛИРОВАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ГРУППОВОГО ДОЗИРОВАНИЯ</i>	48
<b>Астахов В.С., Валюженич Г.А., Иванчиков Г.О</b> <i>К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ПОСЕВА КУКУРУЗЫ РЯДОВЫМ ДВУХСТРОЧНЫМ СПОСОБОМ</i>	54
<b>Валюженич Г. А., Козека Р.Н.</b> <i>СНИЖЕНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ И ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ВНЕСЕНИЯ ТВЕРДЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ЦЕНТРОБЕЖНЫМИ ДИСКОВЫМИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯМИ</i>	59
<b>Валюженич Г. А., Сахонько Д.Н</b> <i>КОНСТРУКЦИЯ ГЛУБОКОРЫХЛИТЕЛЯ НА БАЗЕ ПРАВООБОРОТНОГО ПЛУГ</i>	62
<b>Сидоров С.А.</b> <i>АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЕ КАРТОФЕЛЯ В КИТАЙСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКЕ ПОД МУЛЬЧИРУЮЩЕЙ БИОРАЗЛАГАЕМОЙ ПЛЕНКОЙ</i>	66

<b>Сидоров С.А.</b> <i>ИССЛЕДОВАНИЕ МАШИН ДЛЯ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ ЖИДКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ</i>	70
<b>Улахович А.Е.</b> <i>СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ УБОРКИ СЕМЕННЫХ ПОСЕВОВ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО</i>	74
<b>Степук Л.Я., Бегун П.П., Петровец В.Р.</b> <i>О ТЕХНИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ СФЕРЫ МЕХАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ХИМИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ БЕЛАРУСИ И РОССИИ</i>	82
<b>Лабурдов О.П., Сысоев А.А.</b> <i>АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ХОДА НА ЗАДАННОЙ ГЛУБИНЕ И ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО СОШНИКА</i>	92
<b>Козлов С.И., Бортник С. А., Кузьменко И.В.</b> <i>ПОНЯТИЕ КОНТУРА АВТОМАТИЗАЦИИ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ</i>	99
<b>Крупенин Ю. А., Крупенин П. Ю.</b> <i>ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВОДОКОЛЬЦЕВОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА ДОИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ</i>	109
<b>Кулик А.М., Крупенин П.Ю.</b> <i>БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ</i>	117
<b>Мачёхин К.А.</b> <i>СКАРИФИКАЦИИ СЕМЯН ГАЛЕГИ, КАК ПУТЬ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВ</i>	123
<b>Симченков А.С.</b> <i>ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА ПРИ ЕГО СТИМУЛИРОВАНИИ СВЧ ПОЛЕМ</i>	126
<b>Нащинцев А.И. Мачёхин К.А.</b> <i>МОДЕРНИЗАЦИЯ ВАКУУМНЫХ ВОДОКОЛЬЦЕВЫХ НАСОСОВ</i>	130
<b>Емельянов А. М., Овчинников Д. Д</b> <i>ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСТИТЕЛЬНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЗРАЗ</i>	135
<b>Емельянов А. М., Овчинников Д.Д.,</b> <i>ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МЯСНОЕ ИЗДЕЛИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВТОРИЧНОГО ЯГОДНОГО СЫРЬЯ</i>	139
<b>Емельянов А. М., Овчинников Д.Д.</b> <i>ОБОГАЩЕНИЕ МЯСОПРОДУКТОВ ПИЩЕВЫМИ ВОЛОКНАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВТОРИЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ</i>	142
<b>Косенко В.В.</b> <i>РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ ВРЕДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА НА ПОЧВУ</i>	148

<b>Милюткин В.А.</b> <i>ОТ ОДНООПЕРАЦИОННЫХ СЕЛЬХОЗМАШИН - ДО МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ С ОБРАБОТКОЙ ПОЧВЫ, ПОСЕВОМ И ВНЕСЕНИЕМ УДОБРЕНИЙ</i>	156
<b>Милюткин В.А.</b> <i>СИСТЕМА ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ «ТУМАН» ООО «ПЕГАС-АГРО» (САМАРА, РФ) ДЛЯ АГРОТЕХНОЛОГИЙ В АПК</i>	164
<b>Гордеенко О.В., Груша Г.А., Крук И.С.</b> <i>ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ СНОСА ПЕСТИЦИДОВ ПРИ ОПРЫСКИВАНИИ</i>	172
<b>Астахов В.С., Гордеенко О.В., Курзенков С.В.</b> <i>ОЦЕНКА РАСТЯНУТОСТИ ЛЕНТЫ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА ФОРМИРУЕМОЙ ТЕРЕБИЛЬНЫМ АППАРАТОМ ЛЬНОУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ</i>	179
<b>Коцуба В.И., Кругленя В.Е., Кузюр В.М.</b> <i>АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ВЫБОРУ ПАРАМЕТРОВ БАРАБАННО-ЗУБЧАТОГО СЕПАРАТОРА ЛЬНОВОРОХА</i>	187
<b>Коцуба В.И., Пузевич К.Л., Пузевич В.В.</b> <i>ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА ДЛЯ ПОСЕВА ПОД МУЛЬЧИРУЮЩУЮ ПЛЕНКУ</i>	193
<b>Курзенков С. В., Левчук В. А., Цайц М. В.,</b> <i>ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛАСТИЧНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ОБМОЛАЧИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА</i>	199
<b>Левчук В. А., Курзенков С. В., Цайц М. В.</b> <i>ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГИХ СВОЙСТВ СТЕБЛЕЙ ЛЬНОТРЕСТЫ</i>	208
<b>Цайц М. В., к.т.н., Курзенков С. В.</b> <i>ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МОЛОТИЛЬНОГО ЗАЗОРА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБМОЛОТА ЛЬНА</i>	213
<b>Купреенко А.И., Исаев Х.М., Михайличенко С.М., Купреенко О.А., Ялза А.Г.</b> <i>СУШИЛКА АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО НАГРЕВА МОДУЛЬНОГО ТИПА</i>	218
<b>Медведева Ж.В.</b> <i>ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПЕСТИЦИДОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ</i>	223
<b>Михеев Д. А., Сысоев А. А.</b> <i>ДРАЖИРОВАНИЕ СЕМЯН РАПСА КАК СПОСОБ УВЕЛИЧЕНИЯ УРОЖАЯ</i>	231
<b>Ожерельев В.Н.</b> <i>ЭНЕРГОЕМКОСТЬ УТИЛИЗАЦИИ ОТПЛОДОНОСИВШИХ СТЕБЛЕЙ МАЛИНЫ</i>	238
<b>Панова Т.В., Панов М.В.</b> <i>ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗЕРНОСУШИЛКИ</i>	244
<b>Петровец В.Р., Астахов В.С., Амеличев В.В.</b> <i>СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОСЕВА ЛЬНА ОТЕЧЕСТВЕННЫМИ И ЗАРУБЕЖНЫМИ СЕЯЛКАМИ И АГРЕГАТАМИ</i>	250

<b>Ченин А.Н.</b> <i>ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ АКТИВНОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ ДЛЯ БОРЬБЫ С САМОСОГРЕВАНИЕМ ЗЕРНА И СЕМЯН</i>	257
<b>Безик Д.А., Романеев Н.А., Романеева В.В.</b> <i>РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА НА ВАЛУ БАРАБАНА НОРИИ С УЧЕТОМ ИХ ЖЕСТКОСТИ</i>	265
<b>Гапонова В.Е., к.б.н., Слезко Е.И., Гапонова А.А.</b> <i>ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ДЕВУШЕК-СТУДЕНТОК ПО МАТЕРИАЛАМ АНКЕТИРОВАНИЯ</i>	272
<b>Дьяченко А.В., Самусенко В.И., Орехова Г.В.</b> <i>СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ СЫПУЧЕГО ГРУЗА НА УЧАСТКЕ СВОРАЧИВАНИЯ ТРУБЧАТОГО ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА</i>	280
<b>Анашкин А.В., Альшинайин Х.Д.Д.</b> <i>ПРОИЗВОДСТВО ЯЧМЕНЯ В РЕСПУБЛИКЕ ИРАК</i>	287
<b>Козлов С.И., Будко С.И.</b> <i>РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ МОЛОТИЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБМОЛОТА ВОРОХА</i>	295
<b>Козлов С.И., Кузюр В.М.</b> <i>ОСОБЕННОСТЬ НАСТРОЙКИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА ДЛЯ УБОРКИ МЕЛКОСЕМЕННЫХ КУЛЬТУР</i>	302



## CONTENT

<i>Petrovets V.R., Gaidukov V.A.</i> <i>INFLUENCE OF THE PACKER ROLLERS OF THE SHEETS ON THE DENSITY OF THE SOIL OF THE SEED BED</i>	5
<i>Kozlov S.I., Bortnik S.A., Kuzyur V.M.</i> <i>OPERATIONAL MAINTENANCE AND ESSENCE OF THE SYSTEMS AUTOMATION OF MODERN AGRICULTURAL TECHNIQUES</i>	10
<i>Petrovets V.R., Amelichev V.V., Kuzyur V.M.</i> <i>EVALUATION OF ENERGY EFFICIENCY FOR FLAX SOWING USING A PNEUMATIC SEEDER WITH DOUBLE DISC COULTERS</i>	19
<i>Petrovets V.R., Kurzenkov S.V., Grekov D.V.</i> <i>REVIEW AND ANALYSIS OF SINGLE DISC SHEETS WITH ZERO THE ANGLE OF ATTACK OF THE DISC WITH SYMMETRIC FLUGS FOR NARROW ROW SEEDING</i>	27
<i>Astakhov V.S., Ivanchikov G.O.</i> <i>TO THE QUESTION OF SUBSTANTIATION OF THE PARAMETERS OF A ROLL-GROOVED SEEDING MACHINE FOR SOWING GRANULATED MINERAL FERTILIZERS IN A PNEUMATIC GROUP DOSING SYSTEM</i>	37
<i>Petrovets V.R., Grekov D.V., Kuzyur V.M.</i> <i>DISC SHEETS FOR HIGH GROUND SPEEDS WITH UNIFORM SEEDING OF GRAIN CROPS»</i>	44
<i>Astakhov V.S., Ivanchikov G.O.</i> <i>TO THE QUESTION OF SUBSTANTIATION OF THE PARAMETERS OF A ROLL-GROOVED SEEDING MACHINE FOR SOWING GRANULATED MINERAL FERTILIZERS IN A PNEUMATIC GROUP DOSING SYSTEM</i>	48
<i>Astakhov V.S., Valyuzhenich G.A., Ivanchikov G.O.</i> <i>TO THE QUESTION OF JUSTIFICATION OF SOWING CORN IN THE ORIGINAL TWO-LINE METHOD</i>	54
<i>Valyuzhenich G. A., Kozeka R. N.</i> <i>REDUCING IRREGULARITY AND IMPROVING THE QUALITY OF APPLICATION OF SOLID MINERAL FERTILIZERS BY CENTRIFUGAL DISC SPREADERS</i>	59
<i>Valyuzhenich G. A., Sakhonko D. N.</i> <i>STRUCTURE OF THE GRINDER ON THE BASIS OF A RIGHT-TURN PLOW</i>	62
<i>Sidorov S.A.</i> <i>TECHNOLOGY ANALYSIS</i>	66
<i>Sidorov S.A.</i> <i>INVESTIGATION OF MACHINES FOR INTRASOIL APPLICATION OF LIQUID ORGANIC FERTILIZERS</i>	70
<i>Ulakhovich A.E.</i> <i>COMPARATIVE ANALYSIS OF HARVESTING TECHNOLOGIES FOR SEED CLOVER CLOVER</i>	74

<i>Stepuk L.Ya., Begun P.P., Petrovets V.R.</i> <i>ABOUT TECHNICAL SUPPORT OF THE SPHERE OF MECHANIZATION OF PROCESSES OF CHEMICALIZATION OF AGRICULTURE IN BELARUS AND RUSSIA</i>	82
<i>Laburdov O.P., Sysoev A.A.</i> <i>ANALYSIS OF THE STABILITY OF THE TRAVEL AT A GIVEN DEPTH AND TRACTION RESISTANCE OF THE COMBINED COVER</i>	92
<i>Kozlov S.I., Bortnik S.A., Kuzmenko I.V.</i> <i>THE CONCEPT OF AUTOMATION LOOP IN AUTOMATION SYSTEMS</i>	99
<i>Krupenin Yu. A., Krupenin P. Yu.</i> <i>DIAGNOSING THE PARAMETERS OF THE WATER-RING VA-CUUM PUMP OF THE MILKING INSTALLATION</i>	109
<i>Kulik A.M., Krupenin P.Yu.</i> <i>BIOCHEMICAL PREREQUISITES FOR IMPROVING TECHNOLOGIES FOR OBTAINING HUMIC ACIDS</i>	117
<i>K.A. Machekhin</i> <i>SCARIFICATION OF GALEGA SEEDS AS A WAY TO INCREASE FOR-AGE PRODUCTIVITY AND PRODUCTION</i>	123
<i>Simchenkov A.S.</i> <i>INFLUENCE OF TEMPERATURE REGIMES ON THE QUALITATIVE INDICATORS OF SEED MATERIAL WHEN ITS STIMULATION BY A MW FIELD</i>	126
<i>Nashchintsev A.I. Machekhin K.A.</i> <i>MODERNIZATION OF VACUUM WATER RING PUMPS</i>	130
<i>Emelyanov A. M., Ovchinnikov D. D.</i> <i>The use of herbal ingredients in the technology of production of zraz</i>	135
<i>Emelyanov A. M., Ovchinnikov D. D.,</i> <i>FUNCTIONAL MEAT PRODUCT USING SECONDARY BERRY RAW</i>	139
<i>Emelyanov A. M., Ovchinnikov D. D.</i> <i>ENRICHMENT OF MEAT PRODUCTS WITH DIETARY FIBER WITH THE USE OF SECONDARY PRODUCTS OF PROCESSING OF PLANTS RAW MATERIALS</i>	142
<i>Kosenko V.V.</i> <i>CALCULATION EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF SOME WAYS TO REDUCE THE HARMFUL IMPACT OF THE WHEELED TRACTOR ON THE SOIL</i>	148
<i>Milyutkin V.A.</i> <i>FROM SINGLE-OPERATION AGRICULTURAL MACHINES - TO MULTI-PURPOSE TECHNOLOGICAL COMPLEXES WITH SOIL TREATMENT, SOWING AND FERTILIZATION</i>	156
<i>Milyutkin V.A.</i> <i>SYSTEM OF INNOVATIVE EQUIPMENT "TUMAN" LLC "PE-GAS-AGRO" (SAMARA, RF) FOR AGRICULTURAL TECHNOLOGIES IN AIC</i>	164

<i>Gordeenko O.V., Grusha G.A., Kruk I.S.</i> <i>POSSIBILITY TO USE AIRFLOWS TO REDUCE PESTICIDE DRIFT WHEN SPRAYING</i>	172
<i>Astakhov V.S., Gordeenko O.V., Kurzenkov S.V.</i> <i>EVALUATION OF THE EXTENSION OF THE LINEN STRIP FORMED BY THE PICKERING DEVICE OF THE FLAX HARVESTING MACHINE</i>	179
<i>Kotsuba V.I., Kruglenya V.E., Kuzyur V.M.</i> <i>ANALYSIS OF THE RESULTS OF LABORATORY INVESTIGATIONS ON THE CHOICE OF PARAMETERS OF THE DRUM-GEAR SEPARATOR LNOVOROKHA</i>	187
<i>Kotsuba V.I., Puzevich K.L., Puzevich V.V.</i> <i>JUSTIFICATION OF THE DESIGN OF THE SEEDING MACHINE FOR SOWING UNDER MULCH FILM</i>	193
<i>Kurzenkov S. V., Levchuk V. A., Tsaits M. V.,</i> <i>THEORETICAL SUBSTANTIATION OF THE PARAMETERS OF THE ELASTIC WORKING BODY OF THE THRESHING DEVICE</i>	199
<i>Levchuk V. A., Kurzenkov S. V., Tsayts M. V.</i> <i>RESEARCH OF ELASTIC PROPERTIES OF FLAX-TRESTA STEMS</i>	208
<i>Tsayts M. V., Ph.D., Kurzenkov S. V.</i> <i>THEORETICAL SUBSTANTIATION OF THE THRESHING GAP OF THE DEVICE FOR THRESHING LINEN</i>	213
<i>Kupreenko A.I., Isaev Kh.M., Mikhailichenko S.M., Kupreenko O.A., Yaloza A.G.</i> <i>MODULAR AERODYNAMIC HEATING DRYER</i>	218
<i>Medvedeva Zh.V.</i> <i>ENVIRONMENTAL SAFETY IN THE USE OF PESTICIDES IN AGRICULTURAL PRODUCTION</i>	223
<i>Mikheev D. A., Sysoev A. A.</i> <i>PLANTING OF RAPSE SEEDS AS A WAY TO INCREASE YIELD</i>	231
<i>Ozherelyev V.N.</i> <i>ENERGY INTENSITY OF UTILIZATION OF RASPBERRY STEMS</i>	238
<i>Panova T.V., Panov M.V.</i> <i>FIRE SAFETY GRAIN DRYER</i>	244
<i>Petrovets V.R., Astakhov V.S., Amelichev V.V.</i> <i>COMPARATIVE ANALYSIS OF FLAX SOWING BY DOMESTIC AND FOREIGN SEEDERS AND UNITS</i>	250
<i>Chenin A.N.</i> <i>APPLICATION OF ACTIVE VENTILATION SYSTEM TO COMBAT SELF-WARMING OF GRAIN AND SEEDS</i>	257
<i>Bezık D.A., Romaneev N.A., Romaneeva V.V.</i> <i>DISTRIBUTION OF TORQUE ON THE SHAFT OF ELECTRIC DRUM WITH CONSIDERING THEIR RIGIDITY</i>	265

<i>Gaponova V.E., Slezko E.I., Gaponova A.A.</i> <i>NUTRITIONAL FEATURES OF MODERN GIRLS-STUDENTS ACCORDING TO THE MATERIALS OF THE QUESTIONNAIRE</i>	272
<i>Dyachenko A.V., Samusenko V.I., Orekhova G.V.</i> <i>COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFERENT MODELS OF THE STRESS STATE OF A LOOSE CARGO AT THE SECTION OF ROLLING A TUBULAR BELT CONVEYOR</i>	280
<i>Anashkin A.V., Alshinayain H.D.D.</i> <i>BARLEY PRODUCTION IN THE REPUBLIC OF IRAQ</i>	287
<i>Kozlov S.I., Budko S.I.</i> <i>DEVELOPMENT OF THE DESIGN OF A THRESHING DEVICE FOR THRESHING A HEAP</i>	295
<i>Kozlov S.I., Kuzyur V.M.</i> <i>FEATURE OF SETTING THE GRAIN HARVESTER FOR HARVESTING SMALL-SEED CROPS</i>	302

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**КОНСТРУИРОВАНИЕ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И НАДЕЖНОСТЬ  
МАШИН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

СБОРНИК НАУЧНЫХ РАБОТ

Редактор Осипова Е.Н.  
Компьютерная верстка Феськов С.А.

---

Подписано к печати 02.08.2022 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Усл. п. л. 18,42. Тираж 100 экз. Изд. № 7340.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ